



Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives
Direction de la Recherche Fondamentale

Institut de Recherche sur la Fusion par confinement Magnétique
<http://irfm.cea.fr>



Centre de Cadarache, 13108 Saint-Paul-Lez-Durance, France

SUJET DE THÈSE 2017

Modélisation et mesures de l'émission secondaire de diélectriques et des phénomènes multipactor en présence de champ magnétique pour la fusion nucléaire contrôlée et le spatial.

Nom du responsable (ou codirecteur) de thèse : Julien Hillairet (CEA) Jérôme Puech (CNES)	e-mail :	julien.hillairet@cea.fr jerome.puech@cnes.fr
	page web :	http://irfm.cea.fr/ https://cnes.fr/
	téléphone :	04 42 25 39 81 (CEA) 05 61 27 35 10 (CNES)
	secrétariat :	04 42 25 65 44 (CEA)
Équipe de Recherche : CEA Cadarache (DSM/IRFM/SI2P/GSCP), CNES Toulouse (DCT/RF/HT)		

Nom du Directeur de thèse : Mohamed Belhaj (ONERA)	e-mail :	mohamed.belhaj@onera.fr
	page web :	http://onera.fr
	téléphone :	05 62 25 29 37 (ONERA)
	secrétariat :	
Équipe de Recherche : ONERA Toulouse (DESP)		

Résumé du sujet :

La fusion nucléaire contrôlée par confinement magnétique dans les réacteurs de type Tokamaks et le spatial avec les charges utiles des satellites ont en commun d'utiliser des systèmes haute-fréquence (HF) de forte puissance (du kilowatt au mégawatt) et fonctionnant sous vide.

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 peut générer un claquage (arc) dans le gaz résiduel à faible pression, qui peut endommager les structures. Les mécanismes physiques conduisant aux claquages par avalanche électronique des matériaux isolants (comme les céramiques et les ferrites) sont complexes : émission secondaire ainsi que diffusion élastique/inélastique des électrons. Or, ces phénomènes sont modifiés en présence d'un champ magnétique.

L'objectif de cette thèse est de modéliser et de mesurer les phénomènes d'émission secondaires, qui sont à l'origine des phénomènes multipactor, pour des céramiques et des ferrites, en présence de champs magnétiques continus. L'étudiant pourra mesurer en laboratoire les grandeurs se rattachant à ces mécanismes, en corrélation avec la caractérisation fine des surfaces. Ce travail sera mené de façon concertée avec les partenaires industriels pour intégrer les contraintes de fabrication.

Formation recherchée / recommandée : ingénieur généraliste, master 2 physique ou sciences des matériaux

Description détaillée du sujet :

La fusion nucléaire contrôlée par confinement magnétique dans les réacteurs de type Tokamaks et le spatial avec les charges utiles des satellites ont en commun d'utiliser des systèmes haute-fréquence (HF) de forte puissance (du kilowatt au mégawatt) et fonctionnant sous vide.

Les ondes HF sont transportées des générateurs par des guides d'ondes vers des antennes rayonnant la puissance, soit dans un plasma chaud pour les tokamaks, soit vers la terre pour le spatial. Dans un tokamak, ces guides sont d'abord sous pression de gaz puis dans le vide qui règne dans l'antenne. La transition d'un domaine à l'autre est réalisée à l'aide de céramiques qui sont étanches vis-à-vis du gaz mais transparentes pour les ondes. Dans les satellites de télécommunication, des dispositifs à base de ferrites permettent de protéger les charges utiles embarquées. En effet, les équipements RF de type isolateurs protègent notamment les amplificateurs micro-ondes de forte puissance. Tous ces éléments sont soumis à des champs magnétiques continus, ceux permettant de confiner le plasma (de plusieurs Tesla) dans les tokamaks, et celui appliqué sur les ferrites dans le cadre du spatial.

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 peut générer un claquage (arc) dans le gaz résiduel à faible pression, qui peut endommager les structures. Les mécanismes physiques conduisant aux claquages par avalanche électronique des matériaux isolants (comme les céramiques et les ferrites) sont complexes : émission secondaire ainsi que diffusion élastique/inélastique des électrons. Or, ces phénomènes sont modifiés en présence d'un champ magnétique.

L'objectif de cette thèse est de modéliser et de mesurer les phénomènes d'émission secondaires, qui sont à l'origine des phénomènes multipactor, pour des céramiques et des ferrites, en présence de champs magnétiques continus. L'étudiant pourra mesurer en laboratoire les grandeurs se rattachant à ces mécanismes, en corrélation avec la caractérisation fine des surfaces. Ce travail expérimental sera mené en contrôlant des paramètres physiques pertinents (traitement thermique, couche « anti-multipactor »).

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. 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 continu et des propriétés en termes de conductivités des matériaux de type ferrite.

Pour les applications liées au spatial, le doctorant donnera des recommandations quant aux intervalles de dimensions à respecter dans les composants hyperfréquences étudiés. Ce travail sera mené de façon concerté avec les partenaires industriels pour intégrer les contraintes de fabrication.

Collaborations scientifiques et/ou partenariats industriels envisagés :

- Nom des organismes collaborateurs : CNES et ONERA Toulouse.