

Invitation à la soutenance de thèse

DETERMINATION DES MARGES OPERATIONNELLES RELATIVES AU
PHENOMENE MULTIPACTOR DES COMPOSANTS RADIOFREQUENCES
POUR LA FUSION NUCLEAIRE CONTROLEE PAR CONFINEMENT
MAGNETIQUE

Determination of operating margins related to multipactor phenomena for radio-frequency components of magnetically confined controlled nuclear fusion applications

Eva AL HAJJ SLEIMAN

Jeudi 19 octobre 2023 à 10h00
CEA Cadarache, IRFM, salle René Gravier (bât. 506)
13108 SAINT PAUL LES DURANCE

Lien visioconférence Skype : <https://webconf.cea.fr/laurence.azcona/5FZR7P61>

Devant le jury composé de :

Benito Gimeno-Martínez	Université de Valencia, Espagne	Rapporteur
Éric Rius	Université de Bretagne, Brest	Rapporteur
Yves Elskens	Université Aix-Marseille, Marseille	Examineur
Yolanda Gómez Martínez	LPSC/IN2P3, Grenoble	Examinatrice
Thibault Hamelin	CEA/IRFU, Saclay	Examineur
Walid Helou	ITER, Cadarache	Examineur
Nicolas Fil	CNES, Toulouse	Membre invité
Julien Hillairet	CEA/IRFM, Cadarache	Directeur de thèse
Mohamed Belhaj	ONERA/DPHY, Toulouse	Encadrant

Résumé

Les ondes radiofréquences (RF) de haute puissance sont couramment utilisées dans des environnements sous vide pour la recherche sur la fusion nucléaire par confinement magnétique, notamment dans des dispositifs expérimentaux tels que les tokamaks. La capacité de transmission de puissance des antennes peut être limitée par le phénomène de multipactor, qui correspond à une augmentation exponentielle du nombre d'électrons. Ce phénomène survient, généralement, lorsque l'énergie des électrons entrant en collision avec les surfaces des composants est suffisamment élevée pour libérer des électrons supplémentaires et lorsque le mouvement des électrons est synchronisé avec

le changement de phase du signal RF. Dans de telles conditions, un phénomène d'avalanche électronique se produit, pouvant générer des perturbations RF, une augmentation de la température locale des composants, entraînant une augmentation subséquente de la pression due à la désorption de particules de surface. Si ce phénomène n'est pas arrêté, il peut éventuellement déclencher une décharge corona ou un arc électrique dans le gaz résiduel à basse pression, ce qui peut entraîner la destruction partielle voire totale du composant.

L'initiation du multipactor dépend de l'amplitude et de la fréquence du champ électrique RF au sein du dispositif RF, ainsi que des propriétés d'émission d'électrons secondaires des matériaux utilisés, telles que leur composition de surface, leur morphologie, leur historique et de la présence d'un champ magnétique. La prédiction du multipactor est relativement bien comprise pour les géométries métalliques simples, mais reste incertaine pour les structures complexes avec des champs électriques multi-matériaux, telles que les fenêtres d'étanchéité RF composées de matériaux diélectriques et de conducteurs.

Sur le tokamak WEST situé au CEA-Cadarache en France, des systèmes RF sont utilisés pour le chauffage du plasma. En particulier, le phénomène suivant a été observé lors des campagnes expérimentales sur les trois antennes de chauffage par résonance cyclotronique ionique (ICRH) : lorsque seule une antenne est alimentée, la pression augmente dans les antennes qui ne le sont pas. Le problème est que dès que la pression dans l'une des antennes dépasse un seuil prédéfini, le système de sécurité interdit l'application de la puissance RF afin d'éviter la génération d'un plasma induit à l'intérieur de l'antenne, ce qui affecte l'opération du système ICRH. Le phénomène de multipactor est une possible explication de cette augmentation de pression et cette hypothèse est étudiée dans ce travail.

L'objectif de ces travaux est de modéliser le phénomène de multipactor pour des composants RF réalistes soumis à des ondes stationnaires, tels que les antennes ICRH de WEST. L'étude des mécanismes physiques à l'origine de ces augmentations de pression dans les antennes vise à déterminer si le multipactor est responsable de ces niveaux de pression mesurés et s'il permet d'en donner une explication.