

## Soutenance de thèse

**Adrien PLAÇAIS** soutiendra sa thèse de doctorat préparée au sein de l'ISAE-ONERA OLIMPES et intitulée  
« *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* »

**Le 19 novembre 2020 à 10h00, Auditorium ONERA Toulouse**

devant le jury composé de

M. Mohamed BELHAJ	Ingénieur de Recherche ONERA	Directeur de thèse
Mme Isabel MONTERO	Professeure Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid - Espagne	Rapporteur
M. Marin CHABOT	Directeur de Recherche CNRS - IN2P3	Rapporteur
M. Yves ELSKENS	Professeur Aix-Marseille Université	
M. Mauro TABORELLI	Chercheur CERN	
M. Nicolas FAURE	Responsables des Produits RF & LINAC P.M.B Peynier	

**Résumé :** La fusion nucléaire contrôlée par confinement magnétique dans les réacteurs de type Tokamak 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. La puissance transmissible par de tels systèmes  $P_{max}$  est limitée par l'effet multipactor, qui apparaît quand les électrons présents dans le système entrent en résonance avec le signal HF. Si leur énergie est suffisante, d'autres électrons peuvent être extraits des parois et la population électronique peut croître de manière exponentielle. Ce nuage électronique peut perturber le signal transmis, dégrader des surfaces voire provoquer un arc électrique. Bien maîtrisée dans les configurations les plus simples (e.g. : guide d'onde rectangulaire métallique), la prévision du phénomène multipactor est plus difficile dans les scénarios complexes, notamment en présence de champs magnétiques et/ou de matériaux de type diélectriques. Ces deux paramètres influencent aussi bien les trajectoires des électrons que les phénomènes d'émission secondaire à l'origine de l'augmentation de la population électronique. L'objectif de la thèse est de modéliser et comprendre l'apparition du multipactor dans ces configurations complexes. Dans ce cadre, j'ai développé le modèle POTOMAC (Physical simulatiOn TOol for Multipactor in Advanced Configurations). Grâce à POTOMAC, j'ai tout d'abord pu montrer que la précision du modèle d'émission électronique utilisé avait une importance capitale, et ce d'autant plus que la configuration étudiée utilise des matériaux diélectriques. Pour modéliser des géométries réalistes, j'ai proposé une extension en trois dimensions du modèle de Dionne, qui est le seul modèle d'émission électronique capable de prendre en compte la charge déposée dans les diélectriques. Enfin, j'ai montré que l'accumulation de charges électriques à la surface des diélectriques avait un impact considérable sur l'apparition du multipactor, en favorisant ou défavorisant certains modes multipactor. Cette influence a été partiellement vérifiée de manière expérimentale, en collaboration avec un partenaire industriel.

**Mots-clés :** multipactor, émission électronique, diélectriques, champ magnétique

**Summary:** The magnetic confinement fusion in Tokamak-like reactors and the spatial field with satellites payloads share the use of High-Frequency (HF) and high power (kilowatt to megawatt) vacuum systems. The transmissible power of such systems is limited by the multipactor effect, which appears when the electrons in the system enter in resonance with the HF signal. If their energy is high enough, other electrons can be extracted from the walls and the electrons population can grow exponentially. The created electron cloud can disturb the transmitted signal, outgas the surfaces or provoke an electric arc. Even if the multipactor is well understood in the simplest configurations (e.g.: metallic rectangular waveguides), its prediction is more complex in advanced scenarios, in particular when dielectrics and/or magnetic fields are present. These two parameters influence the electrons trajectories as well as the electron emission phenomenon at the origin of the electron population augmentation. In this framework, I developed the model POTOMAC (Physical simulatiOn TOol for Multipactor in Advanced Configurations). Thanks to POTOMAC, I observed the tremendous effect of the electron emission model on the multipactor apparition, especially when dielectrics are present. In order to model realistic geometries, I proposed an extension of Dionne model to three dimensions, which is the only electron emission model that can take into account the influence of the charge deposited on the surface of dielectrics. Finally, I showed that the accumulation of charges on the surface of such materials had a tremendous effect on the multipactor apparition, by advantaging or disadvantaging some multipactor modes. This influence was partially checked experimentally, in collaboration with an industrial partner.

**Keywords:** multipactor, electron emission, dielectrics, magnetic field