

Soutenance de thèse

Juliette PIERRON soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA OLIMPES et intitulée « *Modèle de transport d'électrons basse énergie (~10 eV-2000 eV) pour applications spatiales (OSMOSEE, GEANT4)* »

Le 09 novembre 2017 à 10h30, auditorium ONERA

devant le jury composé de

M. Jean-Pierre DAVID	Ingénieur de recherche ONERA	Directeur de thèse
M. Sébastien INCERTI	Directeur de Recherche CENBG	
M. Christophe INGUIMBERT	Ingénieur de recherche ONERA	Codirecteur de thèse
M. Omar JBARA	Professeur Université de Reims Champagne-Ardenne	Rapporteur
Mme Mélanie RAINE	Ingénieur-chercheur CEA DAM	
M. Mauro TABORELLI	Directeur de recherche CERN	Rapporteur

Résumé

L'espace est un milieu hostile pour les équipements embarqués à bord des satellites. Les importants flux d'électrons qui les bombardent continuellement peuvent pénétrer à l'intérieur de leurs composants électroniques et engendrer des dysfonctionnements. C'est le cas, par exemple, de l'effet multipactor, qui correspond à l'apparition d'une avalanche d'électrons dans les composants radiofréquences, et des effets de dose qui se produisent dans les composants microélectroniques. La prise en compte de ces effets nécessite des outils numériques 3D très performants, tels que des codes de transport d'électrons utilisant la méthode statistique de Monte-Carlo, valides jusqu'à quelques eV. Dans ce contexte, l'ONERA a développé, en partenariat avec le CNES, le code OSMOSEE, dédié au transport des électrons de basse énergie (10 eV – 2 keV) dans l'aluminium. De son côté, le CEA a développé, pour le silicium, le module basse énergie MicroElec dans le code Geant4. Afin d'obtenir une meilleure compréhension du transport des électrons à basse énergie, l'objectif de cette thèse, dans un effort commun entre l'ONERA, le CNES et le CEA, est d'étendre ces codes à différents matériaux. Pour décrire les interactions entre les électrons, nous avons choisi d'utiliser le modèle des fonctions diélectriques. Ces fonctions, en étant déterminées à partir de la mesure des indices optiques, permettent de s'affranchir de la disparité de structure des bandes électroniques des matériaux, qui jouent un rôle prépondérant à basse énergie. La validation des codes, pour l'aluminium, l'argent et le silicium, par comparaison avec des mesures issues du dispositif DEESSE de l'ONERA a montré qu'il existe deux régimes de transport dans le domaine d'énergie étudié. A très basse énergie, les électrons sont principalement déviés par les noyaux et, en conséquence, restent dans les premiers nanomètres du matériau. A plus haute énergie, les électrons pénètrent en profondeur dans le matériau et parviennent plus difficilement à s'en échapper. Ce résultat permet de mieux comprendre comment l'état de la surface des matériaux, tel que l'oxydation, la contamination ou la rugosité, modifie fortement ses propriétés d'émission électronique. Ces paramètres, qui peuvent avoir un impact important sur le niveau de rendement d'émission secondaire, ne sont

habituellement pas pris en compte dans les codes de transport de Monte-Carlo, qui ne simulent que des matériaux idéalement plats. La modélisation de la rugosité de la surface, via la version du code MicroElec développée au cours de cette thèse, a montré qu'il est possible de réduire le nombre d'électrons émis par un matériau d'environ 80 % en ajoutant à sa surface des structures rugueuses, en forme de damiers ou de rainures, de grande hauteur et de faible largeur. Ce résultat offre des perspectives intéressantes pour limiter l'effet multipactor dans les composants radiofréquences.