

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Etude et modélisation numérique de l'effet des radiations spatiales sur l'évolution des propriétés physiques et électriques de matériaux en configuration représentative

Référence : **PHY-DPHY-2024-02**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2024

Date limite de candidature : 31/03/2024

Mots clés

Interaction électron-matière, Décharge électrostatique, Matériaux spatiaux, Système complexe, Transport de charge,

Profil et compétences recherchées

Physicien ayant un goût pour la physique numérique et la modélisation

Ecole d'ingénieur ou Master 2 Physique des Matériaux

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

En environnement spatial, les satellites font face à une irradiation de particules énergétiques (électrons, ions) de forte intensité pouvant conduire à une accumulation de charges électriques sur les dispositifs et isolants constituant ce satellite et à l'amorçage de décharges électrostatiques pouvant endommager le satellite. Afin de prévenir les risques, les effets de charge liés à ces radiations sont modélisés expérimentalement et numériquement mais de nombreux mécanismes physiques et leurs effets demeurent encore peu étudiés. Une des particularités des systèmes spatiaux est la disposition de différents isolants en multicouches (MLI, circuits imprimés, cellules solaires, câbles électriques, connecteurs) ou l'agencement géométrique de différents systèmes (lentilles d'optique, circuits électroniques) qui complexifient l'analyse des cinétiques de charge et des risques de décharge. Les risques de claquage, par les systèmes décrits plus haut, peuvent être accrus comme nous avons pu l'observer dans le cas de certaines configurations de connecteurs à usage spatial ou de verres d'optique. La conséquence est le risque de rupture diélectrique sur certains matériaux qui peut engendrer la dégradation notable de certaines fonctionnalités des équipements embarqués, comme nous avons pu le suspecter pour différentes missions spatiales comme ANIK 1 et 2 et cela a été démontré par la mission scientifique CRRES.

Des modèles physiques pour la simulation du transport de charge dans les matériaux sous irradiation électronique représentative de l'environnement spatial, en particulier en orbite géostationnaire (GEO), ont déjà été développés à l'ONERA. Il s'agit de modèles à une dimension qui prennent en compte de nombreux processus physiques, comme l'ionisation du matériau irradié à haute énergie ou les effets de champ électrique et de température. Ces modèles numériques ont en particulier été implémentés dans le code THEMIS. Cependant, pour le moment, THEMIS n'est valide que sur des milieux constitués d'un seul matériau isolant et les effets d'interface ne sont pas pris en compte. Dans la réalité, cette configuration existe très rarement, car les matériaux sont soit entourés ou posés sur une masse métallique, soit joints à d'autres matériaux isolants (cas des vernis sur circuits imprimés par exemple).

L'objectif de cette thèse sera d'optimiser les modèles physiques décrivant le transport de charges dans des systèmes complexes multicouches. Ce travail sera essentiellement basé sur une étude numérique grâce au code THEMIS. Il s'agira dans un premier temps de prendre en compte des processus physiques de l'interaction électron/matière négligés jusqu'à présent pour améliorer la modélisation des interfaces vide/diélectrique, en particulier l'émission secondaire électronique. Dans un deuxième temps, la modélisation du transport de charges au travers des interfaces entre les diélectriques et d'autres matériaux (diélectriques et métaux en particulier) sera réalisée. Enfin, pour valider les résultats des simulations numériques, une étude expérimentale sera menée grâce à différents moyens d'irradiation haute énergie du CNES installés à l'ONERA. Cette thèse sera réalisée à l'ONERA (Toulouse).

Collaborations envisagées

Financement CNES / ONERA ou ONERA / Région

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département :

Physique, instrumentation, environnement, espace

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contact : Ludivine Leclercq - Thierry Paulmier

Tél. : 05.62.25.27.16 - 05.62.25.29.47

Email : ludivine.leclercq@onera.fr - thierry.paulmier@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Thierry Paulmier

Laboratoire : ONERA

Tél. : 0562252947

Email : thierry.paulmier@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>