

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Développement instrumental pour la caractérisation des décharges internes sur les matériaux, composants et systèmes embarqués spatiaux

Référence : **PHY-DPHY-2025-12**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2025

Date limite de candidature : 31/03/2025

Mots clés

Instrumentation Physique, Electrostatique, Electronique, Interaction Rayonnement / Matière

Profil et compétences recherchées

Master 2 ou Ecole d'Ingénieur en Physique appliquée, avec une expérience en instrumentation physique / électrique / électronique

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

En environnement spatial, les satellites doivent faire face à une irradiation de particules énergétiques (électrons, protons) de forte intensité pouvant conduire à une accumulation de charges électriques sur les dispositifs et isolants et à l'amorçage de décharges et d'arcs électriques. Depuis plusieurs années, on soupçonne la « charge interne » (charge à l'intérieur du satellite) et les claquages d'isolants associés, d'être responsables d'un certain nombre d'anomalies observées en vol. Les arcs électriques produisent des perturbations électromagnétiques qui peuvent interférer avec l'électronique, y générer des erreurs (Upsets) et endommager gravement les composants électroniques les plus sensibles. Ces arcs électriques peuvent par ailleurs dégrader de manière significative les propriétés électriques des isolants internes et conduire à une augmentation progressive du risque de claquage.

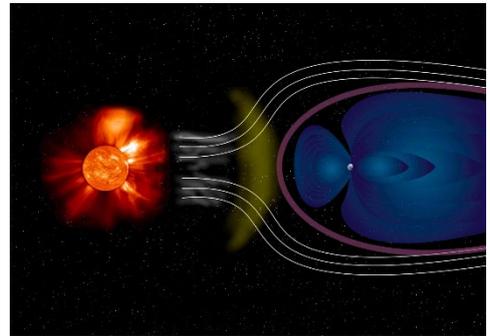
La thèse proposée ici a pour objectif d'étudier la dynamique de la charge interne et de caractériser les décharges électrostatiques sur différents éléments considérés "à risque" vis-à-vis de cette problématique (circuits imprimés, connecteurs, câbles). Cette étude nécessite principalement un travail expérimental et instrumental éclairé par une activité d'analyse physique et de simulation numérique. Après une première phase qui consistera à identifier, par analyse et/ou simulation numérique, les profils de mission spatiale à risque et à en déduire les niveaux de charge susceptibles d'être atteints en orbite, il s'agira de définir les méthodes expérimentales permettant d'un côté de mettre en évidence les cinétiques de charge des matériaux irradiés et, d'un autre côté, de caractériser les décharges électriques (durée, amplitude, forme d'onde). Une attention toute particulière sera portée au développement d'instruments permettant des mesures les moins intrusives possibles. On propose d'adapter en particulier une technique de mesure flottante mise à l'œuvre dans le cadre d'une thèse en cours et qui permet de caractériser les décharges électrostatiques de « surface » (se produisant sur la peau externe du satellite) avec une perturbation minimale. L'étape suivante consistera à réaliser et intégrer l'instrumentation sur un banc de test sur table, puis sous vide, et enfin sous faisceau de moyen et/ou haute énergie, ce qui permettra tour à tour de vérifier les performances de l'instrumentation puis de les valider dans des conditions représentatives de l'environnement spatial. Cette phase expérimentale a ainsi pour objectif de caractériser les niveaux de charge, et de localiser et identifier les décharges produites sous irradiation sur des systèmes critiques réalistes.



Vue de l'enceinte d'irradiation GEODUR de l'ONERA Toulouse

En fonction de la complexité du dispositif expérimental et des conditions d'irradiation finalement retenues pour simuler le risque, on envisagera de créer un modèle numérique de l'expérimentation pour obtenir les paramètres physiques manquants (répartition des charges, lignes de champ, etc.). On s'intéressera finalement, de manière plus prospective, au couplage de ces décharges électrostatiques internes sur l'électronique embarquée sur satellite en instrumentant des maquettes connectées à l'objet source de la décharge. Des mesures simples de rigidité diélectriques permettront également de constater la dégradation éventuelle induite par l'accumulation des décharges.

Cette thèse nous permettra ainsi d'apporter des solutions techniques et instrumentales pour évaluer les niveaux de charge interne et les caractéristiques des décharges qui en découlent dans une série de situations à risque. A l'issue de la thèse, on évaluera le travail à effectuer pour spatialiser une instrumentation de ce type.



Interaction du vent solaire avec la magnétosphère, responsable des processus de décharges électrostatiques sur satellite

Collaborations envisagées

DEMR (Département ElectroMagnétisme et Radar)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Physique, instrumentation, environnement, espace

Lieu (centre ONERA) : TOULOUSE

Contact : Thierry PAULMIER

Tél. : 05 62 25 29 47

Email : thierry.paulmier@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Thierry PAULMIER

Laboratoire : ONERA / DPHY

Tél. : 05 62 25 29 47

Email : thierry.paulmier@onera.fr

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