

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé : Etude des effets de synergie température / irradiation électrons et protons sur le vieillissement électrique des polymères à usage spatial**

Référence : **PHY-DPHY-2023-11**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse** : 01 Octobre 2023

**Date limite de candidature** : 31 mars 2023

### Mots clés

Environnement Spatial, Polymères thermoplastiques hautes performances, Radiations Ionisantes, Températures, Vieillessement

### Profil et compétences recherchées

Etudiant(e) en Master 2 ou en école d'ingénieur spécialisé en science des matériaux avec des connaissances en physique des polymères.

### 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 composants isolants. Cela se traduit alors par l'amorçage de décharges et d'arcs électriques sur le satellite. L'irradiation des matériaux par des particules de forte énergie conduit également à une forte et rapide évolution de leurs propriétés physiques et électriques, ce qui peut réduire de manière notable la durée de vie du satellite. Nous parlons de vieillissement électrique et chimique du matériau. Les polymères de type PAEK (poly(aryl ether ketone)) comme le PEEK sont des matériaux thermoplastiques de haute performance utilisés de manière croissante dans l'industrie spatiale. L'utilisation de ces matériaux sur différentes applications nécessite donc de connaître leur comportement sous irradiation par les particules (électrons, protons) de haute énergie. Les travaux précédents réalisés sur le PEEK ont également permis de mettre en avant l'importance de la prise en compte du facteur température dans les études de vieillissement par irradiation. Les satellites subissant constamment un cyclage thermique, il est donc essentiel d'étudier les effets de synergie température-irradiation. Par ailleurs, l'effet de l'irradiation protons sur l'évolution des propriétés électriques du matériau sont rarement pris en compte dans les études de vieillissement électrique, alors qu'il a été démontré que ce type d'irradiation peut modifier les effets de charge en environnement spatial.

Ce travail de thèse s'attachera donc à étudier de manière approfondie les processus de vieillissement physique et chimique des PAEK (PEEK, PEKK, PEK) sous irradiation combinée protons / électrons en prenant en compte l'influence de la température rencontrée en phase d'irradiation. On s'intéressera en particulier à corréliser les évolutions de structure physico-chimique avec l'altération des propriétés électriques (conduction naturelle et induite sous irradiation du matériau). Une activité importante sera également le développement d'une nouvelle technique d'analyse in-situ dans les enceintes d'irradiation de l'ONERA afin de s'affranchir des effets de guérison induits par la remise sous air lors de mesures ex-situ. La technique envisagée est basée sur l'utilisation d'un microcalorimètre in situ qui permettra de réaliser des analyses physiques de l'échantillon irradié (structure physique, taux de cristallinité, etc.) et d'étudier les évolutions de structure du matériau en fonction de la dose radiative reçue. On pourra alors corréliser directement les évolutions de structure aux modifications de conductivité observées sous irradiation.

La première étape de cette thèse vise donc à élaborer les échantillons de polymère aux dimensions et épaisseurs souhaitées, et à développer et mettre en place ce système d'analyse calorimétrique in situ dans l'enceinte d'irradiation SIRENE installée à l'ONERA. Dans une seconde étape, il s'agira de soumettre les échantillons aux contraintes radiatives et thermiques en utilisant ce nouveau moyen d'analyse et en couplant avec des analyses électriques in-situ et ex-situ (spectroscopie diélectrique dynamique).

**Collaborations envisagées**

Equipe Physique des Polymères (PhyPol) - CIRIMAT

**Laboratoire d'accueil à l'ONERA**

Département : Physique, instrumentation, environnement, espace

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

**Contact** : T. Paulmier

Tél. : 05 62 25 29 47

Email : [thierry.paulmier@onera.fr](mailto:thierry.paulmier@onera.fr)

**Directeur de thèse**

Nom : Eric Dantras

Laboratoire : PhyPol - CIRIMAT

Tél. : 05 61 55 64 56

Email : [eric.dantras@univ-tlse3.fr](mailto:eric.dantras@univ-tlse3.fr)

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