

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Caractérisation de la dégradation des matériaux sous irradiation plasma - application propulseur

Référence : **PHY-DPHY-2025-08**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2025

Date limite de candidature : 31/03/2025

Mots clés

Interaction plasma / matériau, propulsion plasma, Iode

Profil et compétences recherchées

Master 2 ou Diplôme d'ingénieur en physique des matériaux et mesures physiques

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Dans le contexte spatial, l'érosion ionique se produit à plusieurs endroits sur un satellite standard. L'utilisation de la propulsion plasma sur les satellites, remplaçant la propulsion chimique, réduit considérablement la quantité de carburant nécessaire pour maintenir la position du satellite et le contrôle de son altitude. Cette technologie se développe alors que la propulsion électrique est de plus en plus utilisée pour le positionnement de satellites en orbite géostationnaire. Cependant, les ions composant le plasma peuvent interagir avec les matériaux présents sur les propulseurs et sur l'ensemble du satellite. Ce processus peut alors réduire considérablement la durée de vie du vaisseau spatial. Un problème supplémentaire réside dans le fait que l'industrie spatiale a du mal à trouver un substitut au Xénon pour les propulseurs plasma, car la production mondiale de Xe est en chute libre et les coûts associés augmentent. L'iode semble être l'un des propulseurs les plus prometteurs pour remplacer le Xénon grâce à sa haute disponibilité et son faible prix, sa grande compacité et sa facilité d'utilisation à l'état solide, sa faible énergie d'ionisation et ses propriétés physiques proches du Xénon. La préoccupation majeure de cette nouvelle solution est liée à la forte réactivité chimique et corrosivité de ce composant qui peut alors fortement interagir et dégrader les différentes surfaces des engins spatiaux et altérer le fonctionnement des différents systèmes (optiques, générateurs solaires, antennes, etc.).

L'objectif de la thèse actuelle est de mieux comprendre l'interaction physico-chimique entre le plasma d'iode et les surfaces des matériaux (métaux, céramiques, polymères ou verres) et d'évaluer les taux d'érosion, la nature des espèces émises induites par l'irradiation et l'effet de ce plasma sur la composition et l'état de surface des matériaux. Cette étude nécessite ensuite un travail expérimental complet afin de concevoir dans un premier temps les instruments et outils de mesure appropriés pour caractériser à la fois les surfaces des matériaux et la phase vapeur. Le doctorant aura pour mission d'optimiser les moyens expérimentaux actuels et de développer des méthodes de diagnostic dynamiques in situ (spectrométrie de masse, micro-balance, protocoles thermiques) afin de caractériser au mieux ces processus d'érosion. La deuxième étape de ce travail de thèse consiste à réaliser les tests expérimentaux de manière à observer et caractériser les différents processus d'interaction, déterminer et extraire les valeurs physiques pertinentes de ces interactions et les analyser. Dans un troisième temps, l'objectif est de développer les modèles physico-chimiques décrivant les interactions mises en jeu.

Le doctorant aura l'opportunité d'opérer sur un nouveau dispositif expérimental appelé PICOMAX-Erosion, installé à l'ONERA Toulouse, dédié à l'étude de l'interaction d'un plasma chimiquement réactif avec un échantillon de matériau. Ce dispositif expérimental permet de caractériser l'impact du plasma réactif (parmi lequel l'iode devrait être étudié en profondeur) sur la surface des matériaux. La thèse de doctorat s'appuiera sur la disponibilité des différents outils de caractérisation de surfaces et de gaz disponibles à l'ONERA : spectrométrie de masse, XPS, spectroscopie Raman, mesure QCM, spectroscopie FT-IR, etc.



Figure 1 Schéma externe du PICOMAX-E avec équipements

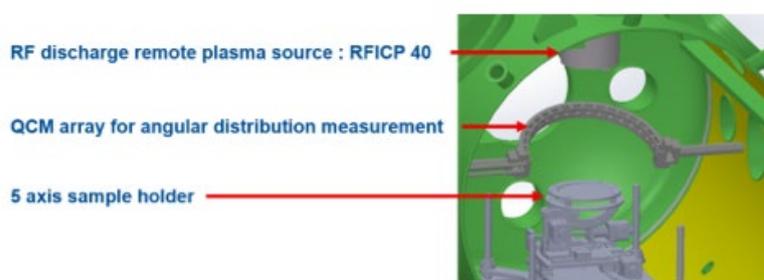


Figure 2 Schéma interne du PICOMAX-E avec source plasma et outils de mesure.

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Physique, instrumentation, environnement, espace

Lieu (centre ONERA) : TOULOUSE

Contact : Marc VILLEMANT

Tél. : +33 5 62 25 27 44, Email : marc.villemant@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Thierry PAULMIER

Laboratoire : DPHY, ONERA

Tél. : +33 5 62 25 29 47

Email : thierry.paulmier@onera.fr

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