ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

www.onera.fr

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Analyse et modélisation physico-chimique de l'interaction entre l'oxygène atomique et les matériaux spatiaux

Référence : **PHY-DPHY-2024-30**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 2024	**Date limite de candidature :**

Mots clés

Oxygène atomique, matériaux spatiaux, érosion, réaction, diffusion

Profil et compétences recherchées

Master matériaux, physique-chimie, technologies spatiales

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

L'oxygène atomique (ou ATOX) est l'espèce chimique prépondérante présente sur des orbites basses du type ISS (International Space Station). L'ATOX est considéré comme l'un des principaux facteurs affectant l'intégrité et la durabilité des matériaux dans l'espace. L'effet principal est l'oxydation et l'érosion des matériaux en surface pouvant ainsi affecter leurs propriétés thermo-optiques ou mécaniques. Si certaines classes de matériaux sont stables à l'attaque de l'ATOX (les oxydes par exemple), les polymères y sont beaucoup plus sensibles. La réponse des matériaux spatiaux à l'attaque ATOX est décrite par la mesure de leur taux d'érosion. Si la question de l'érosion des matériaux est le plus souvent traitée en incidence normale du flux d'ATOX, la géométrie locale d'un sous-système peut être plus complexe (optique avec baffles, surfaces en vis-à-vis de panneaux solaires, etc.) où des phénomènes de réflexion, adsorption, réaction ou diffusion peuvent rentrer en jeu et conduire à l'érosion de surfaces sans vue directe de l'environnement spatial. Dans le cadre d'un programme de recherche avec le CNES et les industriels du secteur, un dispositif original a été conçu afin d'analyser les effets indirects de l'ATOX après réflexion sur des surfaces de matériaux de nature différente. Certains des matériaux ont été sélectionnés pour faire partie de l'expérience embarquée SESAME (Euro Material Ageing Experiment) qui devrait être prochainement envoyée sur le module européen Bartolomeo de l'ISS. A ce titre, les deux modules proposés par l'ONERA embarqueront des capteurs actifs de l'ATOX mesurant la fluence en vue directe ou après rebond sur les matériaux candidats.

Dans ce contexte, le(la) doctorant(e) sera chargé(e) d'analyser et modéliser les différents mécanismes d'interaction entre l'ATOX et les matériaux d'un point de vue physico-chimique. L'idée est de décrire et modéliser les réactions physico-chimiques à l'échelle moléculaire puis de les relier au taux d'érosion macroscopique. Un autre objectif est de donner un sens physique aux paramètres de calcul usuels pour simuler l'érosion à l'ATOX des matériaux à l'échelle macroscopique (outils de calcul industriels, modèles d'ingénierie simplifiés).

Le premier travail consistera à établir une revue bibliographique sur les différents modèles décrivant les interactions physiques et/ou chimiques entre l'ATOX et les surfaces des matériaux dans l'espace (effet de synergie éventuel avec la température, les UV, etc.) mais aussi dans les expérimentations sur Terre (effet d'espèces polluantes).

En termes de modélisation, le(la) candidat(e) devra décrire les mécanismes d'oxydation et identifier les principaux paramètres de la cinétique chimique en s'appuyant sur l'expérience du laboratoire PIMM de l'ENSAM Paris. Un premier matériau « modèle » tel que le Kapton sera étudié car très largement répandu dans les applications spatiales avec de nombreuses données d'érosion disponibles. Plusieurs questions seront à traiter, dont par exemple : quelle relation entre le taux d'érosion et la structure du polymère ? Existe-t-il un profil de dégradation (modification chimique) à travers l'épaisseur du matériau et jusqu'à quelle étendue ? Est-ce que cela influence l'interaction entre l'ATOX et la structure polymérique ? Un polymère siliconé pourra aussi être étudié en vue d'une comparaison avec une structure et des liaisons chimiques différentes.

Pour répondre à ces questions, plusieurs caractérisations seront conduites, notamment sur le Kapton, en complétant la base d'essais déjà existante. Ces expérimentations seront conduites sur des installations du département ainsi que sur d'autres, complémentaires, présentes au PIMM. En plus des moyens classiques (MEB, profilomètre optique, propriétés thermo-optiques), des moyens plus pointus seront utilisés pour analyser la nature et les propriétés de la couche oxydée en surface.

Collaborations envisagées	
Laboratoire PIMM (ENSAM Paris), CNES, industriels du domaine (Airbus Defence and Space, Thalès Alenia Space)	
Laboratoire d'accueil à l'ONERA Département : Physique, instrumentation, environnement, espace Lieu (centre ONERA) : Toulouse **Contact** : David LEVEQUE Tél. : +33 5 62 25 27 21 Email : david.leveque@onera.fr	**Directeur de thèse** Nom : Xavier COLIN Laboratoire : PIMM / ENSAM Paris Tél. : +33 1 44 24 61 47 Email : xavier.colin@ensam.eu

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