

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Compréhension de l'interaction des CMAS sur les EBC en conditions thermiques représentatives : étude des conséquences chimique et thermomécanique

Référence : **MAS-DMAS-2026-23**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/01/2027

Date limite de candidature :

Mots clés

physico-chimie, CMAS, barrière environnementale, haute température

Profil et compétences recherchées

Profil universitaire ou Ecole d'ingénieurs, spécialisation matériaux.

Compétences en physico-chimie, des connaissances en thermomécanique seraient un plus.

Intérêt pour les travaux expérimentaux

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Un des enjeux de l'aéronautique est de réduire l'impact environnemental des avions. Cet objectif se traduit par des évolutions dans le développement des appareils comme un allègement des structures, une réduction de la consommation de carburant ou un gain en performance des moteurs en augmentant la température de fonctionnement, sans pour autant mettre à mal la sécurité des appareils. Les matériaux développés pour les zones chaudes sont donc un des enjeux majeurs pour les prochaines générations de moteur.

Dans ce contexte, l'ONERA collabore avec le groupe SAFRAN sur le développement d'une solution alternative aux matériaux métalliques : les composites à matrice céramique (CMC). Ces matériaux présentent l'avantage d'avoir une densité inférieure et des propriétés thermomécaniques intéressantes à haute température. Néanmoins, leur utilisation, à très haute température, dans un environnement oxydant sévère nécessite l'ajout d'un revêtement jouant le rôle de barrière environnementale (EBC). L'étanchéité et la tenue du revêtement sur le CMC pendant sa durée de vie est donc un point critique du développement de ces nouveaux systèmes.

Les applications visées par ces développements couplant environnement thermomécanique et physico-chimique (oxydation et corrosion) très sévères, elles peuvent mener à des dégradations du revêtement. En particulier, lors du survol de zones désertiques ou volcaniques, les matériaux sont amenés à interagir avec des particules nommées CMAS (Calcium Magnésium Aluminosilicate) qui vont réagir avec la barrière environnementale et provoquer sa dégradation de manière critique par rapport aux durées de vie attendues sur ces matériaux. La compréhension des mécanismes de dégradation d'une barrière environnementale sur substrat CMC est donc cruciale pour le développement de nouveaux systèmes.

Cette thèse a donc pour ambition d'étudier le comportement du système dans un environnement thermique représentatif des applications visées, c'est-à-dire avec la présence de gradients de température. De plus, le couplage entre essais en température et dégradation physico-chimique sera étudié via l'interaction entre la barrière environnementale et les CMAS. Il s'agit donc, d'une part, de mettre en place plusieurs essais à haute température (>1100°C), en utilisant un laser comme source de chauffage, pour caractériser le comportement du système et établir les modes de dégradations possibles selon les conditions d'essais. Une attention particulière sera portée sur la compréhension et la quantification des mécanismes physicochimiques régissant les essais (dissolution, re-précipitation) ainsi que leurs conséquences sur les dégradations thermomécaniques (fissuration, écaillage).

Collaborations envisagées

Safran Group

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Châtillon / Palaiseau

Contact : Alice Dolmaire

Email : alice.dolmaire@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Carine Petitjean

Laboratoire : Institut Jean Lamour (Nancy)

Tél. :

Email : carine.petitjean@univ-lorraine.fr

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