

## Offre de thèse pour un CDD doctorant

Début : octobre 2023

### Stabilité et réactivité des couches passivantes vis-à-vis des CMAS pour la durabilité des aubes de turbines aéronautiques

#### Informations générales

**Lieu de travail :** Nancy

**Type de contrat :** Contrat doctoral

**Durée du contrat :** 36 mois

**Date d'embauche prévue :** 01 octobre 2023

**Quotité de travail :** Temps complet

**Rémunération :** 2044,12 € brut mensuel

**Niveau d'études souhaité :** Master en Sciences des Matériaux ou Chimie du Solide

#### Missions / Activités

##### Problématique

Dans l'optique de diminuer la consommation de carburant et l'émission de gaz à effet de serre des moteurs aéronautiques, une stratégie consiste à améliorer leur rendement en augmentant significativement leur température de fonctionnement. Ainsi, des revêtements céramiques sont utilisés (i) en tant que barrières thermiques (TBC : Thermal Barrier Coatings) à base de zircone stabilisée afin de diminuer la température ressentie par les superalliages base nickel, ou (ii) en tant que barrières environnementales (EBC : Environmental Barrier Coatings) à base de silicates de terres rares afin de protéger les dernières générations d'aubes en matériaux composites à matrice céramique (CMC).

Ces revêtements céramiques sont les premiers à être en contact avec les particules, poussières, cendres volcaniques ingérées par le moteur. Aux hautes températures de fonctionnement (supérieures à 1200°C) ces mélanges, riches en silicates et aluminates de calcium et magnésium, forment des verres fondus appelés CMAS, qui endommagent les revêtements et diminuent leur durée de vie. De nombreuses études menées sur la corrosion des barrières environnementales ou thermiques par ce milieu agressif ont montré la précipitation rapide d'une phase potentiellement passivante (i.e. protectrice) riche en terre rare à l'interface entre le revêtement et le liquide silicaté. La basicité de la terre rare ( $RE_2O_3$ ) influence sa réactivité vis-à-vis du CMAS.

##### Objectifs et programme de la thèse

Pour apporter la meilleure protection aux barrières, la couche passivante doit être couvrante, se former rapidement, avec une dissolution faible dans le milieu et une croissance limitée. L'objectif ici est d'associer des terres rares de différentes basicités, d'identifier les mécanismes limitants et *in fine* de développer une couche de passivation optimale. Pour ce faire, des silicates mixtes seront synthétisés avec du calcium et différentes terres rares. Des études structurales associées aux observations microscopiques et aux analyses de compositions chimiques des différentes phases seront menés pour déterminer les limites de composition des solutions solides. La dissolution de phases pures élaborées sera alors étudiée dans différents CMAS en déterminant les limites de solubilité et les coefficients de diffusion des espèces dans le liquide. Les compositions des CMAS seront fixées de sorte à décorrélérer l'influence de l'oxo-basicité de la teneur en CaO (oxyde le plus basique, mais aussi constitutif des phases passivantes).

Les travaux de thèses permettront ainsi d'accroître les connaissances de données fondamentales telles que la structure de phases et leur domaine de stabilité thermodynamique. Ces données seront utilisées pour identifier les paramètres prépondérants dans les interactions des céramiques avec les CMAS afin de limiter la corrosion des E/TBCs.

[1] S. Krämer, et al., J Am Ceram Soc 91 (2008) 576

[2] D.L. Poerschke et al., Acta Mater 120 (2016) 302

[3] [These F. Perrudin](#), Université de Lorraine 2018 (F. Perrudin et al., J Eur Ceram Soc 39 (2019) 4223 ; F. Perrudin et al., J Solid State Chem 313 (2022) 123312)

[4] D. Tejero-Martin et al., J Eur Ceram Soc 41 (2021) 1747

[5] [These E. Schmucker](#), Université de Lorraine 2016 (E. Schmucker et al., Corros Sci 175 (2020) 108873)

### Mots clés

Silicates de terre rare, structure, corrosion, liquides silicatés, oxo-basicité, limites de solubilité.

### Compétences

- Titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou d'un Master 2 dans le domaine des matériaux.
- Connaissances en chimie du solide.
- Caractérisation des matériaux : microscopies optique et électronique, diffraction des rayons X.
- Anglais courant (écrit et oral).

### Contexte de travail

La thèse se déroulera à l'Institut Jean Lamour UMR CNRS 7198 à Nancy, sous la direction de Carine Petitjean (directrice) et Pierre-Jean Panteix (co-directeur).

L'Institut Jean Lamour (IJL) est une unité mixte de recherche du CNRS et de l'Université de Lorraine. Il est rattaché à l'Institut de Chimie du CNRS. Spécialisé en science et ingénierie des matériaux et des procédés, il couvre les champs suivants : matériaux, métallurgie, plasmas, surfaces, nanomatériaux, électronique. L'IJL compte environ 450 salariés dont 150 doctorants.

Il collabore avec plus de 150 partenaires industriels et ses collaborations académiques se déploient dans une trentaine de pays. Son parc instrumental exceptionnel est réparti sur 4 sites dont le principal est situé sur le campus Artem à Nancy.

### Contraintes et risques

- Poste situé dans un secteur relevant de la protection du potentiel scientifique et technique et nécessitant, conformément à la réglementation, une autorisation par l'autorité compétente du MESR.
- Risques d'exposition à des rayonnements électromagnétiques et ionisants.

### Modalités de candidature

Le dossier de candidature comprendra les éléments suivants (avant le 03 avril 2023) :

- curriculum vitae
- lettre de motivation
- relevés de notes et classement des deux années de master

Les candidatures doivent être adressées à :

Dr. Carine Petitjean : [carine.petitjean@univ-lorraine.fr](mailto:carine.petitjean@univ-lorraine.fr)

Dr. Pierre-Jean Panteix : [pierre-jean.panteix@univ-lorraine.fr](mailto:pierre-jean.panteix@univ-lorraine.fr)