

Annnonce thèse

Thèse en co-tutelle internationale (La Rochelle Université – Université de Pilsen/Ostrava).

Revêtements adaptatifs pour les matériaux des énergies renouvelables opérant aux hautes températures

Les environnements des unités de production d'énergie renouvelable (biomasse, solaire thermique) sont particulièrement complexes (atmosphères gazeuses variables, sels et métaux fondus, particules érosives...). De plus, le couplage entre différents types d'énergie introduit de cycles thermiques qui contribuent à accélérer la dégradation de ces matériaux dans ces milieux extrêmement agressifs.

Ainsi, il apparaît nécessaire de protéger ces matériaux par le biais de revêtements qui puissent s'adapter aux conditions environnantes (oxydation, vapeur d'eau, sels de diverse composition) et aux cycles thermiques. Cependant, rares sont les études qui s'intéressent au domaine de la haute température. Les seuls travaux dans la littérature ouverte concernent l'auto-cicatrisation des revêtements barrière thermique [Koch et al. 2022] et barrière environnementale [Yuan et al. 2022] pour les turbines aéronautiques et spatiales, donc à de très hautes températures (>1050°C) bien au-delà des températures de travail d'une centrale biomasse ou de concentration solaire thermique (350-750°C) et sur de matériaux céramiques. À contrario, dans la thèse de R. Troncy [R. Troncy, 2021], nous avons démontré dans un substrat métallique (Ni pur) pour la première fois dans la littérature [Troncy et al. 2022] que le dépôt d'un revêtement diffusion contenant de microparticules préoxydées riches en aluminium permet de régénérer en Al la matrice de ces revêtements grâce au contrôle par diffusion au travers la couche d'oxyde et ainsi prolonger leur durée de vie du matériau revêtu. Cette première étude ouvre alors de nombreuses perspectives pour les matériaux travaillant dans les milieux extrêmes réactionnels.

Cette thèse doctorale a pour **objectifs** de :

- 1) Proposer de formulations chimiques des microparticules réservoir à intégrer dans les revêtements sont les plus adéquates pour répondre aux environnements changeants (chimique, régime des températures).
- 2) Proposer de voies de synthèse par chimie douce de ces revêtements
- 3) Élucider les mécanismes de transport/diffusion qui s'opèrent lors de l'exposition de ces revêtements aux divers milieux agressifs simulant ceux des énergies renouvelables (biomasse, concentration solaire) selon le régime (isotherme et cyclique).

Les principales **activités à mener** sont :

- 1) Évaluation de la chimie des conteneurs par simulation thermodynamique. Cela incombe le cœur et la couche externe de ceux-ci ainsi que les réactions interfaciales matrice (NiAl)/conteneur.
- 2) Synthèse des microconteneurs par pré-oxydation des poudres métalliques en réacteur à lit fluidisé de manière à obtenir de cœurs métalliques et couches externes céramiques. Les revêtements adaptatifs seront fabriqués par électrodéposition + barbotine (en base aqueuse) ou directement par barbotine. La microstructure des microparticules-conteneurs, de la matrice et des interfaces qui se développent sera évaluée par microscopie. Il est à noter que de techniques post-portem et notamment in situ seront employées ici. En particulier, l'Institut Fraunhofer (Allemagne) mènera les essais par DRX aux hautes températures pour coupler les traitements thermiques avec les phases métallurgiques et oxydes formées. Des études sous MEB in situ pourront être menées pour étudier les évolutions microstructurales aux hautes

températures. Les mesures par DSC et ATG aux hautes températures au LaSIE permettront de coupler les différents phénomènes mis en jeu lors de la synthèse des revêtements.

- 3) Les phénomènes de transport/diffusion au travers les couches externes des conteneurs entre le cœur et la matrice des revêtements seront évalués par modèles mathématiques de diffusion à partir de données expérimentales lors de régimes isothermes et cycliques. Les données seront produites par DRX in situ et post-mortem et par analyses chimiques (EDS et microsonde de Castaing, ce dernier en collaboration avec l'Institut Dechema, Allemagne). Il en sera de même pour les essais d'oxydation et de corrosion aux hautes températures permettant, selon les espèces corrosives la dissolution du revêtement et donc le flux des espèces inhibitrices depuis les conteneurs en fonction du régime de température.

Références bibliographiques

[1] Koch et al. (2022) *Degradation and lifetime of self-healing thermal barrier coatings containing MoSi₂ as self-healing particles in thermo-cycling testing*, *Surface & Coatings Technology* 437, 128353.

[2] Yuan et al. (2022) *Crack-healing behaviour of MoSi₂ dispersed Yb₂Si₂O₇ environmental barrier coatings*, *Ceramics International* 48 (2022) 29919–29928.

[3] R. Troncy et al. (2021) *Synthesis and high-temperature behavior of self-restoring coatings*, Thèse doctorale. La Rochelle Université, 2021

[4] Troncy et al. (2022): *Synthesis of self-healing NiAl-Al₂O₃ composite coatings by electrochemical way*, *Surface & Coatings Technology* 441 (2022) 128579.

PROFIL DU/DE LA CANDIDAT/E

- 1) Formation : chimie des matériaux, sciences et génie des matériaux, métallurgie.
- 2) Mobilité internationale (Europe), niveau d'anglais très élevé et très bon relationnel.
- 3) Goût pour l'expérimentation.
- 4) Organisation du travail, gestion de projet, tenue des échéances.
- 5) Bonnes qualités rédactionnelles et en communication.
- 6) Nationalité obligatoire : Union Européenne et pays associés à l'Union Européenne.

Personnes à contacter (EN ANGLAIS) :

Prof. Fernando PEDRAZA (fpedraza@univ-lr.fr)

Prof. Dr. Vladislav KOLARIK (vladislav.kolarik@ict.fraunhofer.de)

Date limite pour postuler: 31 mai 2023

Pièces à fournir : CV et lettre de motivation (en anglais), éventuelles lettres de soutien (français/anglais/espagnol), relevé de notes provisoire (langue d'origine).