



Avis de Soutenance

Madame Louise SEVIN

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **lundi 11 janvier 2021** à 9h30

Lieu : ONERA 29 avenue de la division Leclerc 92320 CHATILLON

Salle : Contensou

Titre des travaux : Développement de matériaux Ultra-Haute Température : optimisation des propriétés thermomécaniques d'un composite à gradient de propriétés

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 33

Unité de recherche : Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne

Directeur de thèse : Cécile LANGLADE

Codirecteur de thèse : Aurélie JANKOWIAK HDR NON HDR

Soutenance : Publique A huis clos

Membres du jury :

| <u>Nom</u> | <u>Qualité</u> | <u>Etablissement</u> | <u>Rôle</u> |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Mme Cécile LANGLADE | Professeur des Universités | Université Bourgogne - Franche-Comté | Directrice de thèse |
| M. Frédéric BERNARD | Professeur des Universités | Université Bourgogne - Franche-Comté | Examineur |
| Mme Florence ANSART | Professeur des Universités | Université Toulouse 3 - Paul Sabatier | Rapporteuse |
| M. Alain DENOIRJEAN | Directeur de recherche | Université de Limoges | Rapporteur |
| M. Pierre BERTRAND | Ingénieur de recherche | Université Bourgogne - Franche-Comté | Co-directeur de thèse |
| Mme Aurélie JANKOWIAK | Ingénieur de recherche | ONERA | Co-directrice de thèse |
| M. François REBILLAT | Professeur des Universités | Université de Bordeaux, LCTS | Examineur |
| M. Jérôme CHEVALIER | Professeur des Universités | Laboratoire MATEIS, INSA de Lyon | Examineur |

Mots-clés : Propulsion chimique spatiale, Matériaux à Gradient de Propriétés (MGP), Céramique oxyde, Métal ultra-réfractaire, Projection par plasma d'arc soufflé (APS), Mécanismes de dégradation,

Résumé de la thèse (en français) :

Le développement d'un nouvel ergol pour la propulsion orbitale, moins toxique et plus performant que l'hydrazine va induire, au sein de la chambre de combustion, une augmentation de la température de flamme (2400 °C en paroi) ainsi qu'une ambiance oxydante. En conséquence, cette thèse a pour objectif de développer une solution matériau capable de résister à ces conditions extrêmes. Elle est fondée sur l'association de deux composés réfractaires au sein d'un Matériau à Gradient de Propriétés (MGP) : une céramique (hafnie stabilisée en phase cubique par des oxydes de terres rares) et un métal (tungstène). Malgré l'optimisation de la composition de la barrière thermique et environnementale en céramique destinée à protéger la partie structurale métallique, leur différence de coefficient de dilatation thermique reste importante. C'est pourquoi l'utilisation d'une couche intermédiaire à gradient de propriétés est mise en place. À la suite d'une étude de sensibilité numérique des variables de design, une configuration de MGP minimisant les contraintes thermomécaniques a été proposée. La faisabilité de son élaboration par APS a été démontrée avec l'obtention de MGPs non délaminés mais présentant des fissures transverses corrélées à la différence de degré de frittage des matériaux. Finalement, l'identification et la compréhension des mécanismes de dégradation thermomécaniques et chimiques à l'aide de plusieurs bancs d'essai spécifiques permettent de proposer des matériaux alternatifs aux systèmes actuels.

Abstract (in English):

The development of new low toxicity and high performance ergol to replace the currently used hydrazine for the chemical space propulsion will induce extremely high combustion conditions with a flame temperature of 2400 °C and oxidative environment. The aim of this work is to develop a FGM able to withstand these extremes conditions combining a ceramic oxide (cubic hafnia stabilised with rare earth oxides) and an ultra-refractory metal (tungsten). Firstly, it has consisted in studying the influence of doping on hafnia properties meeting specifications of a thermal and environmental barrier in order to protect the tungsten. However, the difference of the thermomechanical properties of hafnia and tungsten are still very different especially the thermal expansion. Thus, the use of a graded layer has been proposed. The design optimisation of the MGP with a parametric numerical study has successfully reduced the thermomechanical stresses. The feasibility of its development by APS has been demonstrated with the obtention of a continuous FGM. No delamination occurred in optimised FGM, however they present transverse cracks resulting from the difference in sintering of the materials. The identification and understanding of the thermomechanical and chemical degradation mechanisms using several test benches allows us to propose FGMs with alternative configurations which could replace actual materials.