



## Informations sur le dépôt légal du manuscrit de thèse

### **Doctorant :**

PIERRE PLANQUES

### **Email personnel :**

pierre.planques@ensiacet.fr

### **Email officiel :**

pierreplanques.icam@gmail.com

### **Titre de la thèse :**

Elaboration, vieillissement et endommagement de barrières thermiques de forte épaisseur pour turbomoteur

### **Titre de la thèse dans une autre langue :**

Elaboration, aging and damage of thick thermal barriers for turboshaft engines

### **Résumé en français :**

Les barrières thermiques (BT) élaborées par projection plasma sous air (APS) sont utilisées par l'industrie aéronautique pour protéger les pièces fixes des parties chaudes des turbines à gaz. Les BT consistent en un système bicouche composé d'une couche de liaison NiCrAlY de 200  $\mu\text{m}$  d'épaisseur et d'un revêtement céramique de  $\text{ZrO}_2\text{-8\%Y}_2\text{O}_3$  (YSZ) de 1 mm d'épaisseur, déposés sur le substrat métallique à protéger. Les principaux objectifs de cette thèse sont d'une part de comparer la tenue en oxydation cyclique de deux microstructures de barrières thermiques élaborées par APS et d'autre part de caractériser le comportement mécanique de celles-ci, afin de comprendre et de modéliser les mécanismes d'endommagement de ces dépôts afin d'en améliorer la conception. Tout d'abord, l'élaboration par projection plasma des différentes BT a été réalisée. Pour évaluer les performances de ces BT en termes de durée de vie et identifier les mécanismes d'endommagement, elles ont ensuite été testées en oxydation cyclique sous gradient, pour reproduire les conditions réelles d'utilisation en service. Ensuite une caractérisation exhaustive des propriétés physiques et mécaniques des différents matériaux a été menée. Ainsi, les - substrat seul, sous-couche NiCrAlY, les deux revêtements de YSZ à microstructures différents et les deux systèmes BT complets - ont été testés en flexion 3 points (F3P) et en flexion biaxiale Small Punch Test (SPT). A partir des propriétés obtenues et de ces résultats, des modélisations éléments finis ont été proposées : les modes d'endommagement observés pendant les essais de F3P et SPT ont été reproduits. La compréhension de des phénomènes

d'endommagement et la prédiction de la durée de vie des BT sont des enjeux majeurs pour les motoristes qui souhaitent élaborer un modèle pertinent de durée de vie.

### **Résumé en anglais :**

Thermal barrier coatings (TBC) developed by air plasma spraying (APS) are used by the aviation industry to protect the fixed parts of hot sections of gas turbines. The TBC system consists of a bilayer system composed of a 200  $\mu\text{m}$  thick NiCrAlY bondcoat and a 1 mm thick ZrO<sub>2</sub>-8% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (YSZ) ceramic coating, deposited on the metal substrate to be protected. The main objectives of this PhD thesis are, on the one hand, to compare the cyclic oxidation behavior of two microstructures of TBC developed by APS and, on the other hand, to characterize the mechanical behavior of these TBC, in order to understand, model the damage mechanisms, and improve their design. Firstly, the plasma projection of the different TBCs was carried out. To evaluate their performance in terms of lifetime and identify the mechanisms of damage, they were then tested in cyclic oxidation with gradient to reproduce the actual conditions of use in service. Then, an exhaustive characterization of the physical and mechanical properties of the different materials was conducted. Thus, the - substrate alone, NiCrAlY sublayer, the two YSZ coatings with different microstructures, and the two complete TBC systems - were tested in 3-point bending (F3P) and biaxial flexion Small Punch Test (SPT). From the properties obtained and these results, finite element modelisations were proposed: the modes of damage observed during the F3P and SPT tests were reproduced. The understanding of damage phenomenon and the prediction of life of TBCs are major issues for engine makers who wish to develop a relevant model of service life.

### **Mots-clés en français :**

Barrière thermique - Elaboration - Vieillesse - Endommagement

### **Mots-clés en anglais :**

Thermal barrier coatings - Elaboration - Aging - Damage

### **Directeur(s) de thèse :**

BERNARD VIGUIER et VANESSA VIDAL

### **Confidentialité :**

Confidentialité prévue

### **Date de validation par le Service Commun de la Documentation :**

12/09/2018



INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE