

Mécanismes de dégradation du système CMC/EBC sous sollicitation thermomécanique complexe

Damage characterization of EBC-SiC/SiC Ceramic Matrix Composites under complex thermomechanical loading

Blanche Legin¹, Jonathan Cormier¹, Florent Mauget¹, Yannick Pannier¹, Jean-Claude Grandidier¹, Thomas Revel²

1 : Institut P², CNRS – ISAE ENSMA – Université de Poitiers – UPR 3346
Département Physique et Mécanique des Matériaux
ENSMA – Téléport 2
1 avenue Clément Ader
BP 40109, 86961 Futuroscope-Chasseneuil Cedex
e-mail : blanche.legin@ensma.fr, florent.mauget@ensma.fr, yannick.pannier@ensma.fr,
jonathan.cormier@ensma.fr et jean-claude.grandidier@ensma.fr

2 : Safran Ceramics
105 avenue Marcel Dassault
33700 Mérignac
e-mail : thomas.revel@safrangroup.com

Les problématiques aéronautiques actuelles sont orientées vers l'amélioration des performances des moteurs, et cela passe notamment par un allègement des structures et par l'augmentation de la température des gaz dans la chambre de combustion. Les superalliages base Nickel arrivant à leurs limites d'utilisation, il est envisagé de les remplacer par des composites à matrices céramique (CMC) à base carbure.

Pour prévenir des dégradations liées aux conditions environnementales sévères dans les moteurs, les pièces en CMC évoluant dans les parties chaudes sont revêtues d'une barrière environnementale céramique (EBC). Il est donc primordial que l'intégrité du revêtement soit conservée tout au long de la durée de vie pour protéger la pièce.

Les sollicitations d'origine thermomécanique vues par les composants peuvent conduire à une fissuration prématurée du revêtement, conduisant à la perte de son caractère fonctionnel vis-à-vis de la corrosion [1-2]. La compréhension de ces nouveaux systèmes de matériau (CMC/EBC), en particulier de leurs mécanismes de dégradation, est primordiale en vue du développement de la technologie CMC et de leur intégration dans les futures générations de moteurs.

Cette étude a donc pour objectif de caractériser les mécanismes de dégradation d'une pièce CMC revêtue d'une barrière environnementale (EBC) soumise à un chargement de fatigue thermomécanique et sous environnement oxydo-corrosif représentatifs des conditions moteurs.

Les pièces étudiées, de géométrie complexe, sont élaborées et fournies par Safran Ceramics. Elles sont composées d'une base en CMC avec une architecture de renfort 3D, et revêtues par une barrière environnementale en disilicate d'Yttrium.

Les essais réalisés dans le cadre de cette étude sont effectués dans le banc MAATRE, équipé d'un brûleur à gaz, disponible à l'institut Pprime [3]. Les pièces exposées à l'environnement MAATRE sont à la fois sollicitées mécaniquement et dans un écoulement gazeux oxydant à très hautes températures. Pour cette étude, les pièces ont été soumises à des cyclages thermomécaniques dont la température de la veine d'essai T_{veine} varie entre 250°C et 1590°C. Pour suivre et évaluer la dégradation de la pièce, différentes techniques et outils de

caractérisation ont été utilisés au cours et après les essais (caméra thermique IR, pyroréfectomètre, émission acoustique, microscopie, tomographie).

Parmi les endommagements obtenus à l'issue des essais, un réseau de fissures, de type faïençage thermique, est révélé sur la surface de l'EBC comme illustré sur la Figure 1.

En complément des essais expérimentaux, un modèle par éléments finis avec les codes de calcul ABAQUS® couplant température et déplacement a été développé. Ce modèle a permis d'apporter des éléments de compréhension quant à l'apparition des endommagements dans la pièce. Le dialogue essai-calcul mis en place se positionne comme une aide indispensable pour l'interprétation de ces essais complexes.

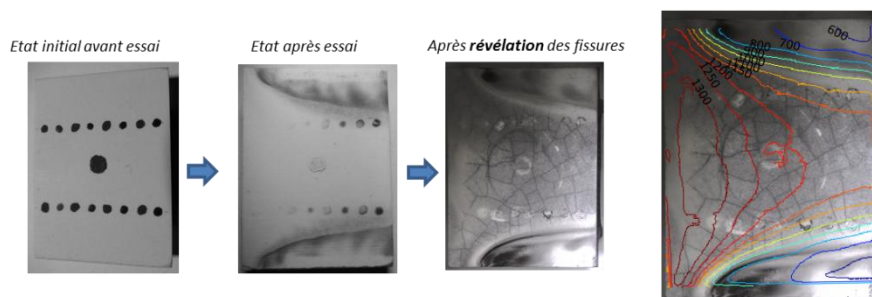


Fig. 1. Mise en évidence de la fissuration de surface pour la pièce sollicitée durant 50h sous cyclage thermomécanique avec T_{veine} variant de 250°C à 1590°C

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Safran Ceramics pour sa collaboration et le soutien financier. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre du PRC MECACOMP, projet de recherche financé par la DGAC et le groupe SAFRAN, piloté par le groupe SAFRAN et impliquant le groupe SAFRAN, l'ONERA et le CNRS.

Références

- [1] Richards, Bradley & A. Young, Kelly & de Francqueville, Foucault & Sehr, Stephen & Begley, Matthew & N.G. Wadley, Haydn. « Response of ytterbium disilicate–silicon environmental barrier coatings to thermal cycling in water vapor ». *Acta Materialia*. 106. 1-14. 10.1016/j.actamat.2015.12.053, 2016
- [2] Richards, Bradley & Sehr, Stephen & de Francqueville, Foucault & Begley, Matthew & N.G. Wadley, Haydn. « Fracture mechanisms of ytterbium monosilicate environmental barrier coatings during cyclic thermal exposure ». *Acta Materialia*. 103. 448-460. 10.1016/j.actamat.2015.10.019, 2016
- [3] Maugeat, Florent & Marchand, Damien & Benoit, Guillaume & Morisset, Médéric & Bertheau, Denis & Cormier, Jonathan & Mendez, José & Hervier, Zeline & Ostojak-Kuczynski, Elisabeth & Moriconi, Clara. « Development and use of a new burner rig facility to mimic service loading conditions of Ni-based single crystal superalloys ». *MATEC Web of Conferences*. 14. 10.1051/mateconf/20141420001, 2014