



Etude du comportement d'interface d'une barrière environnementale sur composite à matrice céramique

Soutenance de thèse – Pierre BERTRAND

Jeudi 05 décembre 2024 – 14h

Salle Contensou - ONERA Châtillon

Devant le jury composé de :

Rapporteurs:

Jean-Noël PÉRIÉ, Professeur des universités, Institut Clément Ader Université Fédérale Toulouse Midi-Pyrénées,
Vincent MAUREL, Directeur de recherche, Centre des Matériaux - Mines ParisTech,

Examineurs:

Zoheir ABOURA, Professeur des universités, Université de Technologie de Compiègne,
Éric MARTIN, Professeur des universités, ENSEIRB-MATMECA,

Encadrement:

Thomas Vandellos, Ingénieur de recherche, Safran Composites,
Francois Hild, directeur de recherche au CNRS, Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay,
Thibaut Archer, Ingénieur de recherche, Onera
Cédric Huchette, Ingénieur de recherche, Onera

Résumé

Un des enjeux de l'aéronautique est de réduire l'impact environnemental des avions. Cet objectif se traduit par le développement de solutions alternatives aux matériaux métalliques comme les composites à matrice céramique. Pour les applications visées, les pièces sont soumises à des environnements thermomécaniques et physico-chimiques (oxydation/corrosion) très sévères pouvant mener à la dégradation du matériau et à une limitation de sa durée de vie. Pour protéger le composite à matrice céramique (CMC), les pièces sont revêtues de barrières environnementales (EBC) qui limitent la corrosion du CMC. La compréhension des mécanismes d'endommagement des EBC sur CMC est donc cruciale pour le développement des pièces en CMC à base carbure. Dans ce contexte, cette thèse s'est focalisée sur le comportement aux interfaces des différents constituants du système pour analyser la tenue du revêtement sur CMC. Il s'agit ainsi, d'une part, de proposer et de mettre en place des essais à l'ambiante et à haute température pour quantifier l'amorçage et la propagation de décohésions aux interfaces et de caractériser les propriétés associées, telles que l'énergie d'adhérence du revêtement sur le CMC, en utilisant différentes méthodes expérimentales de suivi de fissuration par méthodes optiques. D'autre part, le but est de proposer un dialogue étroit entre les essais et les modélisations associées. Pour cela des essais de flexion 4 points ont été menés à température ambiante et à 1000°C afin de faire propager des fissures stables à l'interface du système. Des mesures de champs cinématiques par corrélation d'images ont permis d'alimenter des simulations éléments finis afin de suivre la propagation des fissures et d'extraire une énergie d'adhérence interfaciale à l'échelle macroscopique. Ces essais et leur exploitation ont servi à caractériser la phase de propagation pour les deux températures et de comparer l'adhérence de systèmes sains et de systèmes préalablement vieillis sous environnement oxydant. Dans un deuxième temps, des essais au banc laser avec la présence de gradients thermiques au sein du système ont permis de caractériser la phase d'amorçage. Des observations au microscope électronique à balayage, l'utilisation de caméras thermiques et de capteurs d'émission acoustique sont venus compléter la base de données expérimentales.

Mots clés

Interface, écaillage, énergie d'adhérence, haute température, corrélation d'images numériques