



THESE REFERENCE : TH2007CE



Modélisation multi-échelle du comportement thermomécanique d'un composite 3D carbone/carbone

Contexte

Les composites carbone/carbone (C/C) font partie de la famille des composites thermo-structuraux à renfort carbone. Ils trouvent des applications dans les domaines aéronautique et aérospatial grâce à leurs excellentes propriétés thermomécaniques, même à haute-température, à et leur faible densité. Les composites 3D C/C sont constitués d'un assemblage tri-orthogonal de baguettes de carbone renforcées par une matrice ex-brai. Cette structure confère au matériau 3D C/C un comportement thermomécanique particulier, élastique linéaire dans les axes des renforts, et fortement non-linéaire hors-axes. On observe également, suivant les axes de sollicitations, une variation sensible des propriétés mécaniques avec la température. Des travaux précédents¹ ont montré le rôle primordial des interfaces entre baguettes, et entre baguette et matrice, dans le comportement non-linéaire du 3D C/C. Une modélisation multi-échelle incluant des éléments d'interface ad hoc, identifiés à partir d'essais d'indentation, a permis de reproduire les principales caractéristiques du comportement hors-axes du 3D C/C, ainsi que l'évolution qualitative de ses propriétés en température². Plus récemment, des essais complémentaires réalisés sur une variante du matériau 3D C/C ont montré un comportement d'interface différent pouvant amener à une modification de la réponse macroscopique du matériau.

Objectifs

L'objectif de ce travail est de poursuivre les travaux engagés et d'améliorer les modèles existants en i) apportant une meilleure compréhension des mécanismes physiques régissant le comportement spécifique des interfaces, ii) en proposant un modèle d'interface permettant de mieux prendre en compte les couplages endommagement/frottement, et iii) en intégrant ces modèles d'interfaces, ainsi que l'endommagement intrinsèque des baguettes et de la matrice dans des simulations par éléments finis. Le but final est de disposer d'un modèle multi-échelle du composite 3D C/C permettant de prévoir son comportement thermomécanique sur une large gamme de température et pour des sollicitations complexes.

Démarche

La démarche alliera des aspects expérimentaux et numériques, avec les caractérisations morphologiques et micro-mécaniques du matériau et de ses interfaces, possiblement couplées avec des observations in situ (microscopie optique ou électronique, micro-tomographie X), le développement de lois de comportement des interfaces endommageables et la réalisation de simulations numériques.

Conditions

Le travail se déroulera principalement au LCTS Bordeaux, avec des déplacements ponctuels à prévoir au CEA Le Ripault.

Financement

Thèse CNRS financée par le CEA.

Contacts (www.lcts.u-bordeaux.fr)

Guillaume Couégnat (LCTS) couegnat@lcts.u-bordeaux.fr

Eric Martin (LCTS) martin@lcts.u-bordeaux.fr

François Guillet (CEA Le Ripault) francois.guillet@cea.fr

Christophe Tallaron (CEA Le Ripault) christophe.tallaron@cea.fr

¹ A. Gillard, Caractérisation et modélisation du comportement thermomécanique d'un composite 3D carbone/carbone : étude du comportement aux interfaces à haute température, Thèse de doctorat, Université de Bordeaux (2017).

² A. Gillard, G. Couégnat, S. Chupin, G. L. Vignoles, Modeling of the non-linear mechanical and thermomechanical behavior of 3D carbon/carbon composites based on internal interfaces, Carbon 154 (2019) 178–191.