



Sujet de stage de recherche M2



Modélisation à l'échelle microscopique du comportement élastique de composites à matrice céramique oxyde-oxyde

Encadrants : Thierry Cutard, Gilles Dusserre

Contexte

Les motoristes aéronautiques souhaitent introduire davantage de composites à matrice céramique (CMC) dans les moteurs (Bouillon 2023, Weaver 2023) afin de contribuer à leurs engagements de réduction des émissions polluantes (augmentation des températures de fonctionnement, réduction de la masse) ainsi que pour faire face à des problématiques d'approvisionnement de certains métaux comme le titane. Les CMC oxyde-oxyde font partie de cette stratégie et sont pressentis pour des pièces faiblement structurales travaillant à des températures inférieures à 1000°C, typiquement des pièces d'arrière corps. Ces matériaux se distinguent par une matrice microporeuse dont le comportement est crucial pour obtenir un comportement du composite non fragile.

Problématique

On s'intéresse dans ce stage au composite oxyde-oxyde développé dans la thèse de F. Boutenel (Boutenel 2020). Dans un objectif d'optimisation des paramètres du procédé, la thèse de T. Canet (Canet 2025, Canet et al. 2025) a proposé une première approche numérique à l'échelle microscopique qui a permis d'établir un lien entre les propriétés élastiques de la matrice et les paramètres du matériau, notamment le rapport alumine-silice et le taux de porosité. Des résultats ont été obtenus en analyse modale et en quasi-statique. Dans les cas quasi-statiques, il est apparu nécessaire d'affiner la modélisation des conditions limites, que ce soit sur les frontières d'un volume élémentaire représentatif ou à l'interface entre les fibres et la matrice.

Objectif

L'objectif de ce stage est de contribuer à une meilleure compréhension du comportement élastique de la matrice de CMC oxyde-oxyde. Dans ce but, on cherchera à représenter de façon rigoureuse les conditions aux limites à appliquer à un volume élémentaire représentatif, dans une logique d'homogénéisation des propriétés élastiques de la matrice. Par ailleurs, la modélisation des interfaces discontinues entre la matrice et les fibres sera affinée afin, à terme, d'être capable d'étudier les phénomènes d'endommagement de la matrice et de l'interface fibre-matrice. Il est prévu que ces problématiques d'endommagement soient abordées dans le cadre d'une thèse, qui permettrait de poursuivre les travaux réalisés au cours de ce stage.

Profil

Stage de M2 mécanique ou génie mécanique, intérêt pour la recherche scientifique et les approches numériques. La connaissance d'Abaqus ou de Python sera un atout. Une motivation pour une poursuite d'étude en thèse sera appréciée.

Modalités

Durée du stage : 5 à 6 mois, lieu du stage : ICA (UMR CNRS 5312) - site IMT Mines Albi, gratification.

Candidature

Envoyer CV et lettre de motivation par courrier électronique

Personnes à contacter

- Thierry CUTARD : thierry.cutard@mines-albi.fr, 05 63 49 31 61
- Gilles DUSSEYRE : gilles.dusserre@mines-albi.fr, 05 63 49 33 78

Références

(Bouillon 2023) Bouillon E., SiC-Based Ceramic Matrix Composite Behavior Enhancement for Gas Turbines Hot Sections, E-abstract book, HT-CMC11, Jeju (Korea), p366, 2023.

(Boutenel 2020) Boutenel, F., 2020. Comportement d'une matrice alumine-silice au cours de l'élaboration de composites à matrice céramique oxyde/oxyde. Ecole des Mines d'Albi-Carmaux. <https://theses.hal.science/tel-03153552>

(Canet 2025) Canet, T., 2025. Représentation de la microstructure de la matrice d'un CMC oxyde/oxyde par un réseau d'éléments de type connecteur pour modéliser le comportement mécanique du composite. Ecole des Mines d'Albi-Carmaux. <https://theses.hal.science/tel-05135567>

(Canet et al. 2025) Thierry Canet, Gilles Dusserre, Thierry Cutard, Contribution of microscale stochastic truss models to investigate the macroscale elasticity constants of porous ceramics, European Journal of Mechanics/A Solids, 111, p.105561, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2024.105561>

(Weaver 2023) Weaver J., CMCs at GE: Past, Present and Future, E-abstract book, HT-CMC11, Jeju (Korea), 2023.