



## Comportement mécanique à haute température d'un composite alumine/alumine

**Soutenance de thèse d'Antoine DEBARRE  
qui aura lieu le vendredi 10 décembre 2021 à 14h  
en Salle Contensou à l'ONERA Châtillon et en visioconférence**

(Pour obtenir le lien de connexion Zoom, merci de faire une demande au doctorant).

### Devant le jury composé de :

- Mme Anita Catapano, Maître de conférences, I2M	Rapporteure
- M. Thierry Chotard, Professeur des universités, IRCER	Rapporteur
- M. Zoheir Aboura, Professeur des universités, UTC	Examineur
- M. Thierry Cutard, Professeur, IMT Mines d'Albi	Examineur
- Mme Aurélie Jankowiak, Ingénieure de recherche, ONERA	Encadrante
- M. Michel Boussuge, Maître de recherche, MINES ParisTech	Directeur de thèse
- M. Guillaume Pujol, Ingénieur de recherche, DGA Ta	Invité
- M. Jean-François Maire, Ingénieur de recherche, ONERA	Invité

### Résumé

L'utilisation de composites oxyde/oxyde est envisagée dans la réalisation de moteurs aéronautiques de nouvelle génération. Ces matériaux ont été étudiés à température ambiante et à des températures supérieures à 1100°C. Dans ce travail, le comportement mécanique du matériau élaboré à l'ONERA a été investigué de l'ambiante jusqu'à 1300 °C. Deux types de comportement très différents, qui se chevauchent à une température d'environ 800 °C, ont pu être distingués grâce à des essais de traction. A basse température, le comportement du matériau est de type élastique-endommageable. Au-delà, un comportement visqueux apparaît progressivement, pouvant conduire à des déformations anélastiques de plusieurs pourcents. Par rapport aux résultats obtenus en traction à basse température, le comportement en flexion a révélé une dissymétrie entre traction et compression. Le comportement en compression demeure très proche de l'élasticité linéaire observée à basses contraintes en traction. Des essais de flexion réalisés in situ sous MEB ont mis en évidence l'apparition d'un endommagement en traction dès 150 MPa. Le comportement endommageable a été décrit par une loi inspirée de la famille des modèles ODM (ONERA Damage Model) développés à l'ONERA. Une adaptation de la loi s'est avérée nécessaire pour rendre compte de l'effet de la température. Les paramètres de la loi de comportement en traction ont été identifiés, un calcul par éléments finis des essais de flexion permettant de valider le modèle proposé. L'introduction de la loi d'endommagement dans la théorie des stratifiés (CLT), couramment employée pour l'étude d'empilements complexes de composites, a abouti sur une modélisation de la réponse du matériau en flexion. Ces résultats de simulation ont été discutés par une confrontation avec l'expérience. Une analyse statistique de la résistance à la rupture en flexion a été conduite à température ambiante et à 800 °C. Le module de Weibull, qui caractérise la dispersion, n'est pas paru significativement affecté par la température. Enfin, le fluage du matériau a été étudié en traction et en flexion 4 points. Une très forte prééminence du stade stationnaire a été observée. La vitesse de déformation constante associée a été décrite en traction par une loi de Norton couplée à un terme d'Arrhenius. En parallèle, une modélisation du comportement visqueux reposant sur le principe de la CLT a été proposée.

**Mots clés :** Composites à matrice céramique (CMC) ; Oxyde/oxyde ; Comportement mécanique ; Modèle d'endommagement ; Haute température ; Fluage