

Caractérisation et modélisation du couplage mécanique-(aéro)thermie-combustion dans les matériaux composites

Denis BERTHEAU, Jean-Claude GRANDIDIER, Mikael GUEGUEN, Damien HALM, Eric LAINE

Contacts : denis.bertheau@ensma.fr, jean-claude.grandidier@ensma.fr, mikael.gueguen@ensma.fr, damien.halm@ensma.fr, eric.laine@ensma.fr

Thèses en cours : Camille MERCADE, Emeline ARNAUD

Post-doc : Abdelkibir BENELFELLAH

Thèse soutenue : Julien BEAUDET (2011) Caractérisations à très hautes températures de protections thermiques sous impact normal d'un jet chaud supersonique : influence du couplage aérothermique et des propriétés matériaux sur la tenue à l'ablation

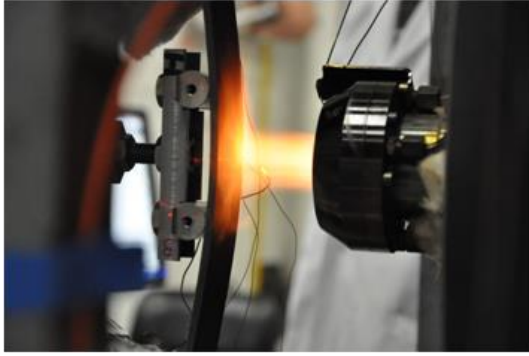
Partenaires : Airbus, Univ. Islande, Univ. Greenwich, Univ. Ulster, CORIA, Univ. Patras, Univ. Edinburgh, Univ. Delft, Air Liquide, Siemens, LEMTA, Hexagon, INERIS, DCNS

Programmes : Projet Européen Aircraft Fire, Projet Européen FireComp

Les éléments de structures sont dimensionnés de manière à supporter en toute sécurité les contraintes mécaniques qui s'exercent sur ceux-ci dans des conditions normales d'utilisation. Toutefois, lors de circonstances exceptionnelles telles que par exemple le développement d'incendie, sous l'effet de la température, les propriétés mécaniques vont être altérées tandis que la géométrie et la composition des éléments combustibles vont évoluer au cours du temps. Réciproquement, l'endommagement dû à la charge mécanique peut avoir une influence sur la combustion des composites. Deux exemples sont traités au sein de l'axe ENDO, dans le cadre de projets européens : la tenue à l'incendie de fuselages (projet AircraftFire) et de réservoirs de stockage d'hydrogène (projet FireComp).

Sur le plan expérimental, un dispositif original a été développé afin d'étudier l'influence d'une charge et d'un flux de chaleur sur le comportement thermomécanique des composites. Il se compose d'un banc de flexion couplé à un brûleur ou à un cône calorimètre. Une métrologie spécifique (thermocouples, cellule de force) mesure l'évolution des propriétés thermomécaniques. Les données expérimentales recueillies couplées à d'autres types d'essais permettant de décrire les évolutions des propriétés physiques des matériaux en température (analyse thermogravimétrique, perte de masse, DSC) alimentent des modèles de pyrolyse. Parallèlement à la modélisation de la décomposition thermique, la dégradation des propriétés mécaniques du composite est estimée par des modèles adaptés. Deux stratégies de simulation sont mises en œuvre : la première vise à réduire les temps de calculs en considérant un couplage faible piloté principalement par la température ; la seconde prend en compte d'une manière explicite et rigoureuse l'ensemble des couplages thermique-mécanique-combustion.

L'axe ENDO étudie également le comportement thermique et mécanique de matériaux dits « ablatifs », dont le mode de dégradation particulier permet leur utilisation dans des conditions extrêmes combinées (jet de gaz à forte température, forte pression et forte vitesse). La sollicitation couple l'impact aérodynamique des gaz sur la surface avec la montée en température engendrée par les gaz à très haute température.



Banc couplé
charge mécanique / exposition à un flux



Banc d'ablation
oxygène / acétylène



Banc MARTEL

Afin de caractériser et analyser les performances de ce type de matériaux, l'axe dispose de deux bancs d'essais spécifiques : (i) une torche oxygène / acétylène est utilisée pour dégrader des échantillons de matériaux hautes températures avec une vitesse de gaz faible et un flux thermique modéré par rapport aux conditions d'utilisation réelles, (ii) le banc MARTEL (propulseur hydrogène et oxygène) permettant de soumettre les échantillons de matériaux à des conditions d'exposition qualitativement proches des conditions réelles d'usage des matériaux ablatifs. Parallèlement à ces travaux expérimentaux, des modélisations de l'ensemble des mécanismes en jeu (et leurs couplages) permettent de fournir un outil prédictif de la tenue des protections thermiques.