



Proposition de thèse 2017-2020



Titre : Elaboration de composites à matrice céramique par des procédés voie liquide

Mots-clés :

Suspensions céramiques ; comportement rhéologique ; composites à matrice céramique ; procédés voie liquide ; simulation numérique ; relations procédé-microstructure-propriétés

Contexte :

Ce projet adresse des problématiques clés des procédés d'élaboration de composites à matrice céramique (CMC ou composites tièdes) par la voie liquide (procédés LRI (Liquid Resin Infusion) et RTM (Resin Transfer Molding)). Ces procédés ont un fort enjeu pour l'industrie aéronautique car ils doivent permettre de fabriquer, de manière économique, des pièces composites capables de supporter des températures plus élevées que celles tolérées par les composites à matrice organique afin de poursuivre les gains de masse sur les avions en substituant des métaux par des composites dans les zones proches des moteurs. Ces solutions intéressent d'autres secteurs applicatifs comme les transports (automobile, ferroviaire, spatial ...) ou le bâtiment.

Description de la problématique de recherche :

Des études antérieures récentes ont montré la nécessité de supprimer des verrous scientifiques et technologiques pour permettre à des CMC performants d'être élaborés par ces procédés : ce projet s'inscrit pleinement dans cette orientation.

Les principaux objectifs du projet sont :

1 - Optimiser l'étape d'imprégnation des renforts fibreux par des suspensions chargées en particules céramiques. Cette étape comprend une réelle complexité liée aux suspensions céramiques qui peuvent être considérées. Cette complexité réside d'une part dans les caractéristiques des comportements rhéologiques de ces suspensions, comportements qui rendent les écoulements dans les préformes fibreuses plus difficiles à maîtriser que pour les résines organiques. La complexité réside d'autre part dans l'objectif d'imprégnation homogène des préformes fibreuses par les particules céramiques, tant entre mèches qu'à l'intérieur des mèches, et cela en tout point d'une pièce dont la géométrie peut être complexe.

2 - Améliorer les connaissances des comportements des suspensions céramiques pour applications dans de tels procédés et créer une base de données expérimentales de courbes de comportement (rhéologiques, thermocinétiques, dilatométriques, ...).

3 - Modéliser les comportements des suspensions et simuler numériquement les écoulements lors de l'imprégnation de préformes fibreuses, puis modéliser les transformations physico-chimiques de durcissement, en préalable au cycle de stabilisation à haute température.

La méthode proposée est basée sur les points suivants:

- Considérer plusieurs types de suspensions céramiques : en milieu aqueux avec additifs, en milieu organiques avec additifs, suspension aqueuse de type géopolymérique donc avec un respect accru des problématiques environnementales.
- Considérer deux types de préformes fibreuses représentatives de celles pouvant être utilisées dans le domaine aéronautique : principalement des fibres oxydes et dans une moindre mesure des fibres de carbone.
- Caractériser, analyser et modéliser les comportements rhéologiques, thermocinétiques et dilatométriques des suspensions et matériaux issus de leur durcissement (moyens de l'ICA : rhéomètres, DSC, dilatomètre...)
- Caractériser la perméabilité et les propriétés géométriques des préformes fibreuses (moyens de l'ICA : banc de perméabilité (plateforme MIMAUSA)).
- Elaborer des plaques de composites par voie liquide en caractérisant l'avancement de l'imprégnation en fonction des paramètres procédés retenus. (moyens de l'ICA : bancs LRI et RTM (plateforme MIMAUSA).)
- Caractériser les composites élaborés, après la phase de prise (durcissement), en termes de microstructures. Un accent particulier sera mis sur la caractérisation de la porosité et aussi de la distribution spatiale des particules dans les préformes (moyens ICA : microscopes optiques et MEB, tomographe RX...)
- Modéliser et simuler numériquement les écoulements des suspensions céramiques dans les préformes fibreuses, en tenant compte des résultats des étapes de caractérisation et de modélisation préalablement décrite. L'approche conduite considèrera une analyse multi-échelles des écoulements non-Newtoniens en milieux poreux.
- Confronter les résultats des expériences d'élaboration de composites et ceux des simulations numériques.

Encadrement :

Pr. Thierry Cutard (directeur de thèse), Dr. Gilles Dusserre (co-directeur de thèse).

Conditions :

L'étudiant sera inscrit à l'école doctorale MEGeP de Toulouse et sera basé à Albi. Il sera rattaché au groupe « Matériaux et Structures Composites » de l'Institut Clément Ader.

Profil des candidats :

Etudiant(e) (master recherche où ingénieur avec stage recherche) ayant des aptitudes en méthodes expérimentales ainsi que de bonnes compétences en modélisation / simulation numérique en mécanique du solide et/ou mécanique des fluides. Profil mécanique-numérique, simulation de mise en forme, mécanique des matériaux, génie mécanique. Connaissance avancée d'un code de calcul multi-physique (Abaqus, COMSOL) et des matériaux composites obligatoire. Maîtrise de l'anglais.

Financement :

Salaire brut annuel : 21 611€ (hors activités complémentaires éventuelles, plafonnées à 64 HETD (heure équivalent travaux dirigés) par an, et rémunérées au taux fixé par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche).

Contact(s) :

Thierry Cutard (05 63 49 31 61 – thierry.cutard@mines-albi.fr)

Gilles Dusserre (05 63 49 33 09 – gilles.dusserre@mines-albi.fr)

ICA – Site d'Albi - Ecole des Mines d'Albi-Carmaux -Campus Jarlard – route de Teillet - 81000 Albi

Avec CV et lettre de motivation.

Références bibliographiques :

Farrugia, Relations procédé – microstructure – comportement de composites à matrice vitrocéramique mis en oeuvre par voie liquide, Thèse de l'Université de Toulouse, 2013.

Farrugia, A., Dusserre, G., Cutard T., Rollin M., *Processing glass-ceramic matrix composites by liquid moulding: Characterisation of the rheology of a resin derived from a geopolymeric system*. Proceedings of the 15th European Conference on Composite Materials; Venice, Italy; 24-28 June 2012.