



Proposition de thèse 2018 - 2021



Thèse : Mise en œuvre de composites par injection de résine thermoplastique réactive dans une préforme fibreuse

Mots clés : Matériaux composites, thermoplastique, écoulements, modélisation, caractérisation

Contexte : L'utilisation de matériaux composites thermoplastiques renforcés de fibres longues dans les pièces structurales constitue une tendance croissante. Les procédés utilisés actuellement font appel majoritairement à des semi-produits où les résines thermoplastiques sont pré-mélangées à la structure fibreuse de manière plus ou moins intime. Elles font appel à des technologies de mise en forme par fusion de la matrice, puis consolidation et refroidissement sous presse ou en autoclave. Ces types de procédés présentent des limites en termes de complexité géométrique des pièces, de temps de cycle, de surcoût des pièces et enfin de coût énergétique du procédé.

Depuis quelques années, des études s'orientent vers l'introduction de procédés par voie liquide (RTM, infusion, ...) pour l'élaboration de composites thermoplastiques¹. Pour cela la voie thermoplastique réactive, qui consiste à injecter des monomères à faible viscosité dans la structure fibreuse, est utilisée. Cette voie permet de s'affranchir de toutes les étapes ultérieures de refusion et est adaptée aux plus grandes cadences de par la durée courte du cycle.

Description de la problématique de recherche : Ces techniques de mise en œuvre à partir de monomères comportent encore de nombreux verrous scientifiques spécifiques. Ceux-ci sont principalement liés aux cinétiques de transformations (polymérisation et cristallisation) et aux transferts de chaleur associés^{2,3} qui ont lieu lors de l'imprégnation du renfort et de la phase de consolidation dans le moule.

Ce projet fait suite aux travaux menés dans l'axe MaPP pour mieux comprendre et modéliser les cinétiques de polymérisation et de cristallisation du polymère réactif au cours d'une thèse soutenue en 2018 à l'ICA⁴. Nous nous intéresseront plus particulièrement, dans ce projet, à l'injection d'une résine réactive dans une préforme à fibres longues. La caractérisation des écoulements, l'étude des transferts thermiques ou l'influence des différents ensimages du renfort permettront de déterminer les conditions optimales de fabrication des pièces composites.

Les modèles établis précédemment, devront donc intégrer l'effet de la présence de fibres sur les cinétiques de réaction et de cristallisation et la caractérisation rhéocinétique devra être complétée.



Le suivi expérimental de l'infusion permettra une confrontation à la simulation numérique ^{5,6}.

Il sera important d'aborder les phénomènes d'écoulements double échelle, inter et intratorons, inhérent à l'architecture des renforts. Il faudra notamment prendre en compte les phénomènes de stockage, de filtrage et des différences locales de polymérisation⁷ lors de l'injection. Ces effets sont susceptibles d'entraîner des différences de pression et des interactions fluide-structure; lesquelles peuvent engendrer des déformations du renfort, particulièrement dans le cadre d'injection sous forte pression nécessaire pour arriver à des cadences répondant aux besoins industriels ⁸.

La thèse aura pour objectif entre autre de mettre au point des méthodes d'observation des écoulements aux multiples échelles, mais aussi de la déformation des renforts engendrée par ces écoulements. Ces observations seront couplées au développement de modèles numériques intégrant l'écoulement, les transferts thermiques et la polymérisation/cristallisation de la matrice. Avec l'obtention d'une tête de mélange, le développement d'un pilote d'injection permettra de réaliser des pièces de moyenne dimension et d'évaluer l'effet des différents paramètres sur les propriétés des composites réalisés.

Objectifs : Mise au point de méthodes d'observation des écoulements aux multiples échelles, et de la déformation des renforts engendrée par ces écoulements. Développement de modèles numériques couplant l'écoulement, les transferts thermiques et la polymérisation/cristallisation de la matrice. Développement d'un pilote d'injection permettant de réaliser des pièces de moyenne dimension et d'évaluer l'effet des différents paramètres sur les propriétés des composites réalisés.

Méthode : Cette thèse s'organisera autour de deux volets numériques et expérimentaux.

Dans un premier temps, il s'agira de caractériser et modéliser les propriétés rhéocinétiques de la matrice et l'effet du renfort sur la polymérisation ainsi que l'effet de l'écoulement sur la structure du renfort.

Un modèle d'imprégnation sera ensuite développé et un pilote d'injection instrumenté sera mis au point pour la validation du modèle d'imprégnation.

Direction de thèse :

Fabrice Schmidt (directeur de thèse), Arthur Cantarel (co-directeur de thèse), Quentin Govignon (co-encadrant)

Conditions : L'étudiant sera inscrit à l'école doctorale MEGeP de Toulouse et sera basé à IMT Mines Albi. Il sera rattaché au groupe « Matériaux et Structures Composites » de l'Institut Clément Ader. Ces travaux de thèse se dérouleront principalement dans les locaux de l'Institut Clément Ader (ICA) à l'IMT Mines Albi.

Profil des candidats : Etudiant(e) (master recherche où ingénieur avec stage recherche) en Génie mécanique, matériaux ou procédés plasturgie, il(elle) devra posséder de bonnes compétences en modélisation numérique (écoulement et modélisation des propriétés rhéocinétiques des polymères); des compétences expérimentales afin de développer de nouveaux moyens de mesure et un plan d'expérience seraient appréciées. Meticuleux(se) et avec un bon sens de l'organisation, la maîtrise de l'anglais est aussi essentielle.



Date de début de thèse :

Démarrage des travaux de thèse prévu en octobre 2018

Contacts :

Fabrice Schmidt - 33 (0) 5 63 49 30 89 – fabrice.schmidt@mines-albi.fr

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

Arthur Cantarel - 33 (0) 5 62 44 42 27 – arthur.cantarel@iut-tarbes.fr

ICA - Site de Tarbes – IUT de Tarbes – 1 rue Lautréamont – 65016 Tarbes

Quentin Govignon - 33 (0) 5 63 49 33 40– quentin.govignon@mines-albi.fr

ICA – Site d’Albi - École des Mines d’Albi-Carmaux -Campus Jarlard – route de Teillet - 81000 Albi

Avec CV et lettre de motivation.

¹ K. van Rijswijk, H.E.N. Bersee. *Reactive processing of textile fiber-reinforced thermoplastic composites – An overview*, Composites Part A 38, 2007, 666-681.

² C. Vicard, O. De Almeida, A. Cantarel, G. Bernhart. *Experimental study of polymerization and crystallization kinetics of polyamide 6 obtained by anionic ring opening polymerization of ϵ -caprolactam*, Polymer 132, 2017, 88-97.

³ G. van den Broek d’Obrenan. *Adaptation du procédé RTM (Moulage par transfert de résine) à la mise en œuvre de matériaux composites à matrice thermoplastique*. Thèse INSA, Lyon, 2011.

⁴ C. Vicard, *Etude et modélisation de la synthèse du polyamide 6 pour la mise en œuvre de composites thermoplastiques par voie liquid reactive*. Thèse UPS, Albi, 2018.

⁵ R. Gantois, A. Cantarel, G. Dusserre, J.-N. Felices, B. Cosson and F. Schmidt. *BEM-based models to simulate the resin flow at macroscale and microscale in LCM processes*. Polymer Composites. 34(8)1235–1244, 2013.

⁶ M.-Q. Thai, F. Schmidt, G. Dusserre, A. Cantarel and L. Silva. *BEM computation of 3D Stokes flow including moving front*. International Journal of Material Forming. 10(4)567-580, 2017.

⁷ M. Imbert, S. Comas-Cardona, E. Abisset-Chavanne, D. Prono. *Experimental investigation of intra-tow fluid storage mechanisms in dual-scale fibre reinforcements*, Composites Part A 107, 2018, 70-82.

⁸ N. Larson, F. Zok. *Insights from in-situ X-ray computed tomography during axial impregnation of unidirectional fiber beds*, Composites part A 107, 2018, 124-134.