

# Étude et modélisation du procédé de pultrusion de composites à matrice thermoplastique réactive

## Contexte

Si le transport ferroviaire de proximité est un moyen efficace pour le désengorgement des centres-villes, il s'avère peu exploité en raison des coûts prohibitifs de maintien en état des voies traditionnelles. Pour redynamiser ce mode de transport doux, une nouvelle conception de voie en rupture avec le schéma classique de rails métalliques supportés par du ballaste est donc incontournable. Les matériaux composites à matrice thermoplastiques renforcés de fibres continues représentent alors une option intéressante du fait de leurs propriétés spécifiques et de leur potentiel de recyclage.

Le projet collaboratif ADEME portant cette thèse propose plus spécifiquement d'utiliser la technologie de pultrusion de composites à matrices thermoplastiques réactives pour la fabrication de rails de grande longueur. Ces thermoplastiques sont un mélange réactif composé de monomères et d'agents de polymérisation dont la réaction de polymérisation peut être réalisée in situ après imprégnation des renforts fibreux afin d'obtenir in fine une matrice thermoplastique. L'utilisation de ces systèmes permet de s'affranchir de la viscosité élevée des résines thermoplastiques conventionnelles lors de la fabrication de composites thermoplastiques. En effet, la faible masse molaire des monomères permet d'obtenir une viscosité initiale très faible de l'ordre de  $10^{-5}$  Pa.s ce qui facilite l'imprégnation du renfort fibreux.

## Objectif des travaux de thèse

La production continue par pultrusion nécessite d'établir un régime thermique optimal permettant la maîtrise de la polymérisation de la matrice réactive avant la sortie de la filière. Dans le cas de pièces massives, ce régime est délicat à atteindre car l'exothermie générée par la polymérisation, et éventuellement la cristallisation, de la matrice peut engendrer un auto-échauffement à cœur à l'origine de défauts. Déterminer le régime de fonctionnement optimal en pultrusion réactive revient alors à trouver le meilleur compromis entre la vitesse de pultrusion, les conditions de chauffage de la filière, la diffusion thermique au sein du matériau et l'énergie dégagée par la synthèse de la matrice.

Le projet de thèse vise à étudier le couplage entre ces différents phénomènes par le développement d'une simulation multiphysique du procédé. Afin de construire un modèle représentatif du procédé de pultrusion, il s'agira dans un premier temps de caractériser les enthalpies et les cinétiques de réaction des matrices réactives PA6\* et PMMA† ainsi que les échanges thermiques du matériau avec la filière de pultrusion. En parallèle, des campagnes expérimentales de pultrusion avec des filière instrumentées seront menés afin d'identifier les champs de température dans la filière et analyser l'influence des paramètres de mise en œuvre sur les propriétés des pièces. Les données expérimentales recueillies permettront de d'alimenter le modèle thermique de pultrusion réactive en vue d'étudier les différents régimes de pultrusion.

---

\* La réaction de polymérisation anionique par ouverture de cycle de l'épsilon-caprolactame, qui permet de synthétiser le PA6 a déjà fait l'objet de trois thèses à l'ICA : C. Vicard (<http://theses.fr/2018EMAC0001>) et A. Belkhir (<http://theses.fr/s210997>), W. Han (<https://www.theses.fr/s219156>).

† Une thèse en cours utilise le système formant du PMMA : F. Gouillou (<http://www.theses.fr/s338542>).

## Mots clés

Composites thermoplastiques, transferts thermiques, polymérisation, cristallisation, simulation numérique.

## Laboratoires d'accueil

Les travaux de thèse seront menés à l'Institut Clément Ader (ICA) sur le site de l'IMT Mines Albi, avec des déplacements à prévoir sur le site de l'ICA à Tarbes et chez les partenaires du projet disposant de lignes de pultrusion.

## Encadrement

Olivier De ALMEIDA, ICA-IMT Mines Albi, [olivier.dealmeida@mines-albi.fr](mailto:olivier.dealmeida@mines-albi.fr)

Arthur CANTAREL, ICA – UPS, site de Tarbes, [arthur.cantarel@iut-tarbes.fr](mailto:arthur.cantarel@iut-tarbes.fr)

## Profil du candidat recherché

Le candidat doit être de formation Bac+5 (Master Universitaire ou école d'ingénieurs) avec des compétences en sciences des matériaux polymères et composites et dans la modélisation/simulation. Au regard du sujet, des compétences en physico-chimie des polymères et en thermique des matériaux sont recherchées chez le candidat. Le projet s'adresse à un candidat ayant un goût prononcé autant pour l'expérimentation que la modélisation, capable d'autonomie et de rigueur, et sachant travailler dans l'environnement d'un projet collaboratif avec des partenaires industriels et académiques.

## Date de début de thèse

Démarrage des travaux de thèse prévu début novembre 2022.

## Candidature

Les candidats sont invités à postuler directement sur le site Indeed sur la page de diffusion de l'offre de thèse : <https://fr.indeed.com/emploi/th%C3%A8se-mod%C3%A9lisation-du-proc%C3%A9d%C3%A9-de-pultrusion-de-composites-%C3%A0-matrice-ther-1200fafd0506d901>