

## OFFRE DE THESE

Caractérisation des Propriétés physico-chimiques du mouillage de polymères thermoplastiques fondus ; Application aux Eco-composites et aux polymères des océans.  
(CAPELAN)

Etablissement : **IMT Mines Alès** (Ecole nationale supérieure des mines d'Alès) - Centre et équipe de recherche : C2MA - PCH

Ecole doctorale : SCB (<https://edscb.umontpellier.fr/>)

Financement : Allocation doctorale IMT Mines Alès - Campagne d'attribution des contrats doctoraux établissements de l'Ecole Doctorale Sciences Chimiques Balard

Spécialité : Chimie et Physico-chimie des matériaux

Direction de thèse : Pierre-Jacques Liotier

Encadrement : Monica Francesca Pucci

Début de la thèse : 1<sup>er</sup> octobre 2023

Date limite de candidature : 23 mai 2023

**L'institut Mines-Télécom (IMT)** est un grand établissement public dédié à l'enseignement supérieur et la recherche pour l'innovation ; c'est le premier groupe d'écoles d'ingénieurs en France. Acteur majeur du croisement entre les sciences et les technologies du numérique et de l'ingénieur, l'IMT met les compétences de ses écoles en perspective dans les grands champs des transformations numériques, industrielles, énergétiques et éducatives. L'IMT fédère 11 écoles d'ingénieur publiques réparties sur le territoire national, qui forment 13 500 ingénieurs et docteurs. L'IMT emploie 4500 femmes et hommes et dispose d'un budget annuel de 400M€ dont 40% de ressources propres. L'IMT comporte 2 instituts Carnot, 35 chaires industrielles, produit annuellement 2100 publications de rang A, 60 brevets et réalise 110M€ de recherche contractuelle au sein de 55 centres de recherche rattachés à ses écoles.

**IMT Mines Alès** est une des écoles de l'IMT. Forte de 180 ans d'histoire au service de la science et des entreprises, l'école dispose d'une solide culture scientifique et technique qu'elle met au service de l'enseignement, de la recherche et du transfert technologique. L'école emploie 350 personnes et forme plus de 1200 élèves ingénieurs et chercheurs. Ses 3 centres de recherche développent une activité de haut niveau scientifique en partenariat avec les entreprises, dans les domaines de l'environnement, des risques, des matériaux, du génie civil, de l'intelligence artificielle et du génie industriel et numérique. Les valeurs promues à l'école sont l'audace, l'engagement, le partage et l'excellence.

## Equipe de recherche PCH

L'équipe PCH a pour objectif général le développement de matériaux polymères, composites et hybrides multifonctionnels à faible impact environnemental.

Les travaux de recherche portent sur la conception d'éco-matériaux, de matériaux fabriqués avec des matières bio-sourcées (issues de matières lignocellulosiques végétales ou d'algues marines) ou de matières recyclées, et cherchent à améliorer les propriétés de ces matériaux (mécaniques, thermiques, réaction au feu, absorption...) afin qu'ils puissent remplacer les matériaux classiques souvent issus du pétrole et ainsi réduire l'empreinte environnementale. Des travaux sont également menés sur l'amélioration de la durabilité des (éco)-matériaux et le traitement des déchets plastiques et composites en fin de vie par différentes voies parmi lesquelles la réutilisation en tant que matières premières secondaires, le compostage et la biodégradation. Ces actions de recherche se positionnent dans un modèle bio-économique global mettant en relation des acteurs allant de producteurs de biomasse, filières de recyclage, transformateurs et fabricants de matériaux. Les champs d'application des matériaux étudiés sont multiples : bâtiment, transport, énergie, santé, environnement, mode...

### 1. Projet de thèse

#### 1.1 Titre de la thèse

Caractérisation des Propriétés physico-chimiques du mouillage de polymères thermoplastiques fondus ; Application aux Eco-composites et aux polymères des océans (CAPELAN)

#### 1.2 Mots Clés

Mouillage, Composites, Polymères recyclés, Polymères des océans.

#### 1.3 Contexte Et Thématique

L'avenir des matériaux composites dans les industries du transport (aéronautique et automobile) et de la construction réside dans un objectif double : rassurer et fiabiliser leur élaboration ainsi que leurs propriétés induites d'une part et attester de la viabilité de leur circularité économique et environnementale d'autre part.

Les polymères, du fait de leur stabilité chimique, ont une durée de vie considérable en milieu naturel. Ces matériaux ont donc tendance à s'accumuler dans les milieux marins ce qui en fait une nuisance visible sur nos côtes. Une filière locale se structure à l'heure actuelle pour récupérer et valoriser ces polymères sauvages ayant dérivés. Il nous est cependant difficile de les valoriser en tant que matériaux et l'alternative retenue est bien souvent la valorisation énergétique, derrière laquelle se dissimule une incinération.

Le projet de thèse abordera les points suivants :

- Détermination des propriétés physico-chimiques des polymères sauvages à l'état fondu et des fibres recyclées. Ce volet représente déjà un challenge en soit pour ce qui est des polymères fondus, sans considérer l'aspect recyclé. C'est cependant ce qui constitue l'ambition majeur de ce projet de thèse car ceci va exacerber les écarts avec les modèles théoriques établis et permettre une

compréhension plus fine des phénomènes à l'œuvre lors de l'imprégnation de renforts par ces matrices.

- Caractérisation de la dynamique de mouillage et d'imprégnation des polymères sauvages fondus et quantification des micro-défauts d'imprégnation.

#### 1.4 Objectif

L'objectif est donc de fiabiliser le développement d'un semi-produit circulaire, recyclé et recyclable, constitué de polymères sauvages flottés et de renforts (carbone ou verre) recyclés. La fiabilisation et la reproductibilité de l'imprégnation des renforts par le polymère nécessitent le comblement de briques théoriques fondamentales dans la dynamique de mouillage des polymères fondus. En effet, les phénomènes de mouillage dynamique présentent déjà en eux-mêmes des vides théoriques empêchant l'optimisation de l'élaboration de composite à matrice thermoplastique, mais il faut également ajouter à cela la méconnaissance des phénomènes d'imprégnation de polymères à l'état fondu.

#### 1.5 Méthode

Une méthodologie partant de l'établissement de ces méthodes fondamentales et aboutissant à la production d'un démonstrateur 100 % recyclé et fiable en termes de reproductibilité des propriétés peut donc être établie.

La dynamique de mouillage sur un substrat ou d'imprégnation dans un milieu fibreux et assez peu décrite dans la littérature. La plupart des théories actuelles reposent également sur l'hypothèse implicite de perfection de l'interface générée lors de l'étalement d'une phase liquide sur une phase solide. La quantification ou la génération de micro-défauts ainsi que la conséquence de leur présence sur le comportement de l'interface générée sera estimé. Ici encore, des nouvelles méthodes devront être mises au point.

#### 1.6 Résultats Attendus

Le développement de nouvelles lois théoriques dans les interstices laissés vacants par les connaissances actuelles permettra de mieux comprendre et ainsi fiabiliser l'élaboration de rubans de polymères sauvages recyclés renforcés par des composants qui n'ont à l'heure actuelle aucune solution de valorisation. Un démonstrateur pouvant intégrer les machines de dépose automatisée de dernière génération permettra de prouver l'applicabilité des méthodes nouvellement développées.

#### 1.7 Références bibliographiques

- Pucci, M. F., Liotier, P. J., & Drapier, S. (2015). Capillary wicking in a fibrous reinforcement–Orthotropic issues to determine the capillary pressure components. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 77, 133-141.

- Liotier, P. J., Pucci, M. F., Le Duigou, A., Kervoelen, A., Tirilló, J., Sarasini, F., & Drapier, S. (2019). Role of interface formation versus fibres properties in the mechanical behaviour of bio-based composites manufactured by Liquid Composite Molding processes. *Composites Part B: Engineering*, 163, 86-95.

- Pucci, M. F., Duchemin, B., Gomina, M., & Bréard, J. (2018). Temperature effect on dynamic wetting of cellulosic substrates by molten polymers for composite processing. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 114, 307-315.

- Garat, W., Pucci, M. F., Leger, R., Govignon, Q., Berthet, F., Perrin, D., ... & Liotier, P. J. (2021). Surface energy determination of fibres for Liquid Composite Moulding processes: Method to estimate equilibrium contact angles from static and quasi-static data. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 611, 125787.

## 2. Informations administratives

### 2.1 Rattachement

L'École Doctorale de rattachement est l'ED Sciences Chimique Balard (SCB) de l'Université Montpellier. Les travaux se dérouleront au Centre des Matériaux des Mines d'Alès (C2MA) de l'IMT Mines Alès, 7 Rue Jules Renard, 30100 Alès (<http://mines-ales.fr>).

### 2.2 Calendrier

- Date limite de candidature : 23/05/2023

La durée de la thèse est de 36 mois.

- Date de début de la thèse : 1<sup>er</sup> octobre 2023

### 2.3 Encadrement

La thèse sera sous la direction de Pierre-Jacques Liotier ([pierre-jacques.liotier@mines-ales.fr](mailto:pierre-jacques.liotier@mines-ales.fr)) et encadrée par Monica Francesca Pucci ([monica.pucci@mines-ales.fr](mailto:monica.pucci@mines-ales.fr))

## 3. Profil du candidat et modalités de candidature

Le contrat doctoral est accessible aux titulaires d'un diplôme de Master (ou d'un diplôme délivrant le grade de Master) et aux étudiants prévoyant d'obtenir ce diplôme le 30 septembre 2023 au plus tard (une attestation d'obtention du grade de master sera une condition nécessaire à l'inscription en thèse).

Le dépôt de candidature par le postulant se fait à travers un dossier en ligne sur le site de l'école doctorale <https://edscb.umontpellier.fr/>.

Ce dossier de candidature est accessible en cliquant sur le bouton « Candidater » situé à la fin de la description détaillée de chaque sujet ouvert au concours. Les documents demandés incluent un CV, une lettre de motivation, les relevés de notes de Master disponibles jusqu'à la date de clôture des candidatures et des années d'études antérieures (réunis en un seul fichier PDF). Ils doivent impérativement être fournis ; il est possible de joindre un avis ou une lettre de recommandation d'un ou deux enseignants / encadrants de master.

Au préalable, le candidat doit créer un compte sur le serveur de gestion des candidatures ; les identifiants et mots de passe choisis permettent de compléter par la suite un dossier, ils doivent donc être conservés soigneusement.

Les candidat(e)s doivent impérativement prendre contact (s'ils ne l'ont pas fait auparavant) avec les encadrants de chacun des sujets qu'ils sélectionnent grâce à l'adresse mail indiquée sur la description détaillée de chaque sujet proposé.

Attention : toutes les candidatures ayant omis l'une ou l'autre de ces deux étapes seront considérées comme non recevables. Les dossiers incomplets seront également rejetés.

Contacts :

Directeur de thèse : Pierre-Jacques Liotier ([pierre-jacques.liotier@mines-ales.fr](mailto:pierre-jacques.liotier@mines-ales.fr))

Encadrante : Monica Francesca Pucci ([monica.pucci@mines-ales.fr](mailto:monica.pucci@mines-ales.fr))