



**IMT Mines Alès**  
École Mines-Télécom

LA SCIENCE & LA CRÉATIVITÉ POUR INVENTER UN MONDE DURABLE



## DOCTORAT

### Structuration de matériaux composites thermoplastiques à base de nanocellulose pour impression 3D

Etablissement	IMT Mines Alès (Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès)
Affectation principale	Centre d'Enseignement et de Recherche des matériaux, C2MA, unité PCH
Résidence administrative	Alès (Département du Gard – Région Occitanie)
Date de prise de poste	rentrée 2025

#### 1. Présentation IMT et IMT Mines Alès

L'institut Mines-Télécom (IMT), grand établissement au sens du code de l'éducation, est un établissement public scientifique, culturel et professionnel (EPSCP) placé sous la tutelle principale des ministres chargés de l'industrie et du numérique. Premier groupe d'écoles d'ingénieurs en France, il fédère 11 écoles d'ingénieur publiques réparties sur le territoire national, qui forment 13 500 ingénieurs et docteurs. L'IMT emploie 4500 personnes 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.

Créé en 1843, IMT Mines Alès compte à ce jour 1400 élèves (dont 250 étrangers) et 380 personnels. L'école dispose de 3 centres de recherche et d'enseignement de haut niveau scientifique et technologique, qui œuvrent dans les domaines des matériaux et du génie civil (C2MA), de l'environnement et des risques (CREER), de l'intelligence artificielle et du génie industriel et numérique (CERIS). Elle dispose de 12 plateformes technologiques et compte 1600 entreprises partenaires.

#### 2. Présentation du laboratoire C2MA et l'unité PCH

Le C2MA est un centre de recherche et d'enseignement qui s'intéresse aux besoins des industriels et de la société dans le domaine des matériaux à travers ses trois équipes de recherche : Durabilité des éco-Matériaux et Structures (DMS), Polymères, Composites et Hybrides (PCH) et Recherche sur les Interactions des Matériaux et leur Environnement (RIME).

L'unité Polymères, Composites et Hybrides (PCH) au sein du C2MA développe des matériaux polymères, composites et hybrides multifonctionnels à faible impact environnemental. Les travaux de recherche de l'unité PCH se concentrent sur la conception d'éco-matériaux, de matériaux fabriqués à partir de ressources biosourcées (provenant de matériaux lignocellulosiques végétaux ou d'algues) ou de matériaux recyclés, et cherchent à améliorer les propriétés de ces matériaux (mécaniques, thermiques, réaction au feu, absorption, etc.) afin qu'ils puissent remplacer les matériaux synthétiques souvent dérivés du pétrole et ainsi réduire l'empreinte environnementale. Des travaux sont également menés

pour améliorer la durabilité des (éco)-matériaux et le traitement des déchets plastiques et composites en fin de cycle de vie par divers moyens, y compris la réutilisation comme matières premières secondaires, le compostage et la biodégradation. Ces actions de recherche s'inscrivent dans un modèle bioéconomique global impliquant des acteurs allant des producteurs de biomasse, des filières de recyclage, des transformateurs et des fabricants de matériaux. Les domaines d'application des matériaux étudiés sont multiples : bâtiment, transport, énergie, santé, environnement, mode.

### 3. Projet de recherche

**Titre : Des nanoparticules de cellulose pour renforcer les matrices thermoplastiques : procédés d'impression 3D et évaluation environnementale (POLYCELL)**

*Mots clés : nanomatériaux cellulosiques, matrice thermoplastique, dispersion, procédés, structuration*

Le remplacement de matériaux issus de ressources fossiles par des matériaux issus de ressources renouvelables s'accompagne de nombreux verrous scientifiques. Le renforcement mécanique de matériaux thermoplastiques peut être envisagé par des matériaux dérivés des ressources lignocellulosiques (fibres, nanofibrilles et nanocristaux) [1]. Dans le cas des nanomatériaux à base de cellulose (CNC et CNF), ce renforcement mécanique peut être obtenu à de plus faibles taux qu'avec des fibres micrométriques, et peut être accompagné d'autres propriétés fonctionnelles (barrière, thermique, feu, diélectrique).

Aussi le remplacement des charges et fibres souvent pétrosourcées ou issues de ressources minières, par des charges ou fibres issues de ressources renouvelables permettrait de répondre aux enjeux environnementaux actuels. Cependant, dans le cas des nanomatériaux de type CNC et CNF, l'amélioration de leur dispersion à l'échelle nanométrique dans une matrice thermoplastique, par des procédés propres et industrialisables, reste un enjeu majeur [2].

**Aussi, la thèse proposée vise à structurer des composites à base de nanomatériaux cellulosiques, en utilisant des procédés en voie fondue, afin d'améliorer le renforcement mécanique de matrices polymères thermoplastiques, tout en améliorant l'impact environnemental de ces composites.**

Dans un premier temps, il s'agira donc de mieux comprendre comment atteindre l'individualisation des nanomatériaux cellulosiques dans des matrices polymères pour bénéficier de « l'effet nano ». Puis de mettre en œuvre la dispersion des CNC et CNF dans une matrice thermoplastique par des procédés propres (voie solvant et extrusion). Enfin, un volet important de la thèse visera à structurer ces matériaux composites par impression 3D en tirant profit de la singularité de ce procédé qui permet de contrôler l'anisotropie et d'optimiser la topologie des matériaux. Finalement, l'impact environnemental des composites fabriqués sera comparé à celui de matériaux conventionnels ayant les mêmes performances mécaniques.

Les composites seront caractérisés par DSC (propriétés thermiques et évolution de la cristallinité), microscopie numérique, MEB et STEM (microstructure et dispersion), DMA (propriétés viscoélastiques), traction (propriétés mécaniques). D'autres techniques pourront être utilisées notamment pour caractériser l'orientation des CNC et CNF dans les éprouvettes imprimées en 3D.

### 4. Encadrement

Centre de Recherche et d'enseignement : C2MA

Unité de recherche : UPR Polymères, Composites et Hybrides PCH

Ecole doctorale : ED Science chimique Balard, SCB

## 5. Profil recherché

Le candidat doit avoir des compétences en physico-chimie des polymères et plasturgie. Des connaissances dans le domaine des nanomatériaux cellulosiques sont également souhaitées. Le candidat doit avoir un goût prononcé pour le travail expérimental et en particulier pour la plasturgie. Il doit montrer une grande curiosité scientifique, ainsi que de très bonnes capacités de communication et de travail en équipe.

Les enjeux environnementaux doivent faire partie de ses préoccupations. Il doit maîtriser l'anglais à l'écrit comme à l'oral (à minima B1).

Un goût pour l'enseignement est un plus et permettra au candidat d'encadrer des TP, TD ou projets d'étudiants à l'IMT Mines Alès.

## 6. Références bibliographiques

[1] Banvillet, G., Grange, C., Curtil, D., Putaux, J. L., Depres, G., Belgacem, N., & Bras, J. (2023). Cellulose nanofibril production by the combined use of four mechanical fibrillation processes with different destructuration effects. *Cellulose*, 30(4), 2123-2146.

[2] Banvillet, G., Bugaut, M., Doineau, E., Taguet, A., Le Moigne, N., & Rojas, O. J. (2023). Advances in the Production of Cellulose Nanomaterials and Their Use in Engineering (Bio) Plastics. *Annual Plant: Sources of Fibres, Nanocellulose and Cellulosic Derivatives: Processing, Properties and Applications*, 333-393.

## 7. Contacts

- ▶ Sur le projet de recherche : Aurélie Taguet [aurelie.taguet@mines-ales.fr](mailto:aurelie.taguet@mines-ales.fr) ; Nicolas Le Moigne [nicolas.le-moigne@mines-ales.fr](mailto:nicolas.le-moigne@mines-ales.fr) , et Marcos Batistella [marcos.batistella@mines-ales.fr](mailto:marcos.batistella@mines-ales.fr)
- ▶ Sur les aspects administratifs : Anne-Catherine Denni ([anne-catherine.denni@mines-ales.fr](mailto:anne-catherine.denni@mines-ales.fr))