



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



Sujet : Valorisation de co-produits de lin pour les composites structuraux : étude expérimentale et modélisation du comportement mécanique de composites à fibres de lin au cours du procédé de fabrication.

Contexte partenarial : Dans le cadre d'un projet National (financement ADEME), le projet TATTOO (Technical flAX indusTry for sTructural cOMpOsites) regroupe la société Teillage Vandecandelaere ([DEPESTELE](#)) et les laboratoires : [GeM](#) (Ecole Centrale de Nantes et Nantes Université) et ABTE (Université de Caen Normandie).

Contexte industriel et technologique : Depuis une quinzaine d'années, l'utilisation des fibres naturelles dans des pièces composites structurelles a mis en évidence des verrous de production des fibres à faible coût et consommation énergétique. Dans un contexte de décarbonation, notamment, de l'industrie du transport et de l'énergie, les impacts environnementaux des composites à base de fibres naturelles doivent être améliorés tout en répondant à l'intensification de leur utilisation comme fibre technique alors que la demande de l'industrie textile n'a jamais été aussi forte. Si les applications non-structurelles sont nombreuses, leur utilisation dans des applications structurelles nécessite une parfaite connaissance des cartes matières/procédé et un accompagnement d'ingénierie pour le développement de solutions industrielles.

Objectifs du projet TATTOO : Le projet vise à développer une nouvelle voie d'exploitation de gisements non valorisés de fibres techniques de lin afin de fabriquer des rovings (Fig. 1) et des renforts fibreux pouvant être mis en œuvre dans différentes technologies composites (par exemple dépose automatisée ou moulage par injection). Les composites à base de fibres de lin sont destinés à la fabrication de pièces techniques structurelles dont les impacts environnementaux seront minimisés. Le projet vise également à la compréhension des comportements hydriques et mécaniques du lin durant toutes les étapes de transformation : passages de la paille au roving puis à la préforme, jusqu'à sa processabilité en composite structurel. Toutes les données recueillies lors de la fabrication de pièces composites alimenteront des modèles numériques qui permettront l'accompagnement des utilisateurs industriels dans leurs développements.



Fig. 1 Roving de fibre de lin [Depestele]

Missions et objectifs scientifiques de la thèse de doctorat : Pleinement intégrée dans le projet TATTOO, le/la doctorant.e conduira ses travaux de recherche dans le but d'étudier le comportement mécanique d'un composite et de ses constituants au cours du procédé d'élaboration en tenant compte de couplages existants entre les transferts thermiques, la cinétique de transformation de la matrice, et le comportement

hygroscopique des fibres. L'objectif final est de prédire l'évolution des contraintes et déformations résiduelles des pièces fabriquées. Les sous-objectifs seront donc de :

- Caractériser et modéliser l'évolution des propriétés du composite et des constituants (fibres, matrice) en fonction de l'avancement de la transformation, de la température et de la teneur en eau.
- Mesurer et modéliser le développement des déformations résiduelles et des propriétés thermo-hygro-mécaniques de stratifiés composites pour plusieurs teneurs en eau initiales des fibres.

Le/la doctorant.e aura la responsabilité de la réalisation des essais expérimentaux (notamment DSC, DMA, essais mécanique conventionnels, DVS, dilatométrie), du développement de bancs de mesure, de l'analyse des résultats et de la modélisation des comportements observés. En parallèle le/la doctorant.e aura pour mission de participer au projet TATTOO (réunions techniques) et de communiquer sur ses résultats (conférences/articles). Les travaux se baseront sur des méthodes actuellement développées dans le cadre d'une autre thèse de doctorat intégrée au projet ANR MOCOMBIO-MEMPHYS.

Références

Péron M., Céline A., Castro M., Jacquemin F., Le Duigou A. (2019) Study of hygroscopic stresses in asymmetric biocomposite laminates, *Composites Science and Technology*, 169, 2019, p. 7-15.
Péron M., Céline A., Jacquemin F., Le Duigou A. (2020) Hygroscopic stresses in asymmetric biocomposite laminates submitted to various relative humidity conditions, *Composites Part A*, 134.
Péron M., Jacquemin F., Casari P., Orange G., Bikard J., Bailleul J.-L., Boyard N. (2020) Measurement and prediction of residual strains and stresses during the cooling of a glass fibre reinforced PA66 matrix composite, *Composites Part A*, 137.

Moyens expérimentaux et outils numériques : Pendant la durée des travaux, le/la doctorant.e aura accès aux équipements des plateformes expérimentales de fabrication composite, de mesures mécaniques et physico-chimiques, et numériques du laboratoire. [Lien1](#). [Lien2](#).

Profil du Candidat :

- Titulaire d'un diplôme de Master ou Ingénieur en Mécanique, Ingénierie Mécanique ou Matériaux,
- Connaissances et goût pour les matériaux composites, procédés composites, les matériaux agro-sourcés, la modélisation multiphysique, l'expérimentation, la simulation numérique (méthode des éléments finis) et le travail en projet multi-partenarial,
- Français et Anglais courant.

Conditions d'embauche :

- Contrat doctoral de 3 ans (Nantes Université)
- Inscription à l'Ecole Doctorale SIS (Nantes Université)
- Démarrage au plus tôt, idéalement janvier 2026.

Encadrement de thèse et localisation : Les travaux seront dirigés par Frédéric Jacquemin (Professeur des Universités – Nantes Université) et co-encadrés par Mael Péron (Maître de Conférences – Nantes Université) et Amandine Céline (Maîtresse de Conférences – Nantes Université) et menés au laboratoire GeM sur le site de Saint-Nazaire.

Pour candidater :

Veuillez adresser vos candidatures avec :

- Un CV et Une lettre de motivation,
- Une à deux lettres de recommandations,
- les relevés de notes des niveaux Licence L3, Master M1 et M2 (ou équivalent),

à : mael.peron@univ-nantes.fr



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



Topic : Valorisation of flax co-products for structural composites: experimental study and modelling of the mechanical behaviour of flax fibre reinforced composites during the manufacturing process.

Partnership context: As part of a National project (ADEME funding), the TATTOO project (Technical flAx indusTry for sTructural cOmpOsites) brings together the company Teillage Vandecandelaere (DEPESTELE) and the laboratories: GeM (Ecole Centrale de Nantes and Nantes University) and ABTE (University of Caen Normandie).

Industrial and technological context: For about fifteen years, the use of natural fibers in structural composite parts has highlighted production barriers for low-cost and energy-consuming fibers. In a context of decarbonization, particularly in the transport and energy industry, the environmental impacts of composites based on natural fibers must be improved while responding to the intensification of their use as technical fibers while demand from the textile industry has never been higher. While non-structural applications are numerous, their use in structural applications requires perfect knowledge of material/process maps and engineering support for the development of industrial solutions.

Objectives of the TATTOO project: The project aims at developing a new way of exploiting unvalued side-products from technical flax fibres' production in order to manufacture rovings (Fig. 1) and fibre reinforcements that can be implemented in different composite technologies (e.g. automated deposition or injection moulding). Composites based on flax fibres are intended for the manufacture of structural technical parts whose environmental impacts will be minimised. The project also aims at understanding the behaviors of water transfer and mechanical of flax fiber during the transformation steps: from stem to roving and then to preform, up to its structural composite processability. All the data collected during manufacturing will feed numerical models which will support industrial users in their developments.



Fig. 1 Flax fiber roving [Depestele]

Missions and scientific objectives of the PhD thesis: Fully integrated into the TATTOO project, the PhD student will conduct his/her research work with the aim of studying the mechanical behaviour of a composite and its constituents during the manufacturing process, taking into account existing couplings between heat transfers, matrix transformation kinetics and the hygroscopic behaviour of fibres. The main goal is to predict the evolution of residual stresses and strains arising from the manufacturing process. The objectives will therefore be to:

- Characterise and model the evolution of the properties of the composite and its constituents (fibres, matrix) as a function of the matrix transformation, the temperature and the water content.

- Measure and model the residual strains and the thermo-hygro-mechanical properties of composite laminates for several initial fibre water contents.

The PhD student will be responsible for carrying out experimental tests (including but not limited to DSC, DMA, standard mechanical testing, DVS, dilatometric measurement) and developing measurement benches, analysing the results and modelling the observed behaviour. In parallel, the PhD student will participate in the TATTOO project (technical meetings) and communicating on his/her results (conferences/articles). The work will benefit from results and methods already developed within a PhD thesis from the ANR MOCOMBIO-MEMPHYS project.

References:

Péron M., Céline A., Castro M., Jacquemin F., Le Duigou A. (2019) Study of hygroscopic stresses in asymmetric biocomposite laminates, *Composites Science and Technology*, 169, 2019, p. 7-15.
Péron M., Céline A., Jacquemin F., Le Duigou A. (2020) Hygroscopic stresses in asymmetric biocomposite laminates submitted to various relative humidity conditions, *Composites Part A*, 134.
Péron M., Jacquemin F., Casari P., Orange G., Bikard J., Bailleul J.-L., Boyard N. (2020) Measurement and prediction of residual strains and stresses during the cooling of a glass fibre reinforced PA66 matrix composite, *Composites Part A*, 137.

Experimental labs and digital tools:

During the work, the doctoral student will have access to the equipment of the experimental platforms for composite material manufacturing, mechanical and physicochemical measurements, and digital tools of the laboratory. [Link1](#). [Link2](#).

Candidate's profile:

- Must have graduated with a Master's degree or equivalent in Mechanics, Mechanical Engineering or Materials,
- Knowledge and interest in composite materials, composite manufacturing, bio-based materials, multi-physics modelling, experimentation, numerical simulation (Finite Element Method) and working within a multi-partner project,
- Fluent in French and English.

Hiring conditions:

- 3-year PhD contract (Nantes Université)
- Registration at the SIS Doctoral School (Nantes Université)
- Starting October or November 2025

PhD advisement and location: The PhD study will be supervised by Frédéric Jacquemin (Full Prof., Nantes Université), Mael Péron (Assistant Prof., Nantes Université) and Amandine Céline (Assistant Prof.) and carried out at the GeM Laboratory in Saint-Nazaire, France.

To apply:

Please send your applications with

- A CV and a cover letter,
- One or two letters of recommendation,
- Grades transcripts of the last year of Bachelor's and 2 years of Master's studies (or equivalent)

to: mael.peron@univ-nantes.fr