



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



Sujet : Valorisation de co-produits de lin pour les composites structuraux : étude expérimentale et modélisation du comportement en traction, compression et friction des renforts fibreux

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 structurales 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-structurales sont nombreuses, leur utilisation dans des applications structurales 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 structurales 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 structural. 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 intégré.e dans le projet TATTOO, le.la doctorant.e conduira ses travaux de recherche dans le but d'évaluer les propriétés et le comportement des renforts fibreux (à l'échelle du fil et de la préforme) ainsi que de leur évolution pendant la phase initiale des procédés de fabrication des produits composites. Les objectifs seront donc de

- Déterminer et modéliser le comportement et les propriétés de traction uniaxiale du roving et l'influence de la longueur de jauge
- Déterminer et modéliser le comportement et les propriétés de compression uniaxiale et de friction/détissage en fonction du conditionnement thermique et hygrométrique des matériaux ;
- Optimiser le conditionnement pour maximiser la fraction volumique et minimiser la dégradation des fils et préformes fibreuses dans les étapes de la fabrication des produits composites.

Le.la doctorant.e aura la responsabilité de la réalisation des essais expérimentaux et du développement des bancs de mesure, l'analyse des résultats et la modélisation des comportements observés.

En parallèle le.la doctorant.e aura pour mission de participer au projet TATTOO (réunions techniques) et communiquer sur ses résultats (conférences/articles).

Références

Dharmalingam, A. S., Hemmer, J., Lectez, A. S., Binetruy, C., & Comas-Cardona, S. (2018). Evolution of single carbon and glass fibrous tow cross-sections in dry and lubricated states during compaction perpendicular to the fibers. *Composites Part B: Engineering*, 148, 235-242.

Simon, J., Comas-Cardona, S., Binétruy, C., Masseteau, B., & Hamila, N. (2023). An analytical friction model for fibre tow slippage in Tailored Fibre Placement preforms based on pull-out experiments. *Composites Part B: Engineering*, 264, 110906.

Janicki, J. C., Bajwa, D. S., Cairns, D., Amendola, R., Ryan, C., & Dynkin, A. (2021). Gauge length and temperature influence on the tensile properties of stretch broken carbon fiber tows. *Composites Part A*, 146, 106426.

Moyens expérimentaux et outils numériques :

Pendant la durée des travaux, le.la doctorant.e aura accès aux équipements des plateformes expérimentales de transformation, 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 et le travail en projet multi-partenarial.
- Français et Anglais courant

Offre de thèse de doctorat – Projet TATTOO (Financement ADEME)
PhD offer – TATTOO Project (ADEME funding)

Conditions d'embauche :

- Contrat doctoral de 3 ans (Ecole Centrale Nantes)
- Inscription à l'Ecole Doctorale SIS (Nantes Université – Ecole Centrale Nantes)
- Démarrage Octobre ou Novembre 2025

Encadrement de thèse et localisation : Les travaux seront dirigés par S. Comas-Cardona et C. Binetruy (Profs) et menés au laboratoire GeM (Ecole Centrale Nantes).

Pour candidater :

Veuillez adresser vos candidatures avec :

- CV
- Une lettre de motivation
- Deux lettres de recommandations
- Les relevés de notes des niveaux Licence L3, Master M1 et M2 ou bien des 3 années d'école d'ingénieur)

À adresser à : sebastien.comas@ec-nantes.fr



Topic: Valorization of flax co-products for structural composites: experimental study and modeling of the tensile, compression and friction behaviors of fibrous reinforcements

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 to develop 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 to understand the behaviors of water transfer and mechanical of flax fiber during the transformation steps: from stem to roving 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 evaluating the properties and performances of fiber reinforcements (at the tow and preform scale) as well as their evolution during the manufacturing process phase of composite products. The objectives will therefore be to

- Determine and model the uniaxial tensile behavior as a function of the gauge length,
- Determine and model the uniaxial compression and friction/unweaving properties as a function of the thermal and hygrometric conditioning of the materials,
- Optimize the conditioning to maximize the volume fraction and minimize the degradation of fiber yarns and preforms in the initial stages of the manufacturing of composite products.

The doctoral student will be responsible for carrying out experimental tests and developing measurement benches, analyzing the results and modeling behaviors.

In parallel, the PhD student will participate in the TATTOO project (technical meetings) and communicating on his/her results (conferences/articles).

References

Dharmalingam, A. S., Hemmer, J., Lectez, A. S., Binetruy, C., & Comas-Cardona, S. (2018). Evolution of single carbon and glass fibrous tow cross-sections in dry and lubricated states during compaction perpendicular to the fibers. *Composites Part B: Engineering*, 148, 235-242.

Simon, J., Comas-Cardona, S., Binétruy, C., Masseteau, B., & Hamila, N. (2023). An analytical friction model for fibre tow slippage in Tailored Fibre Placement preforms based on pull-out experiments. *Composites Part B: Engineering*, 264, 110906.

Janicki, J. C., Bajwa, D. S., Cairns, D., Amendola, R., Ryan, C., & Dynkin, A. (2021). Gauge length and temperature influence on the tensile properties of stretch broken carbon fiber tows. *Composites Part A*, 146, 106426.

Experimental labs and digital tools:

During the work, the doctoral student will have access to the equipment of the experimental platforms for processing, 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 processing, bio-based materials, multi-physics modelling, experimentation, numerical simulation and working within a multi-partner project*
- *Fluent in French and English*

Hiring conditions:

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

Offre de thèse de doctorat – Projet TATTOO (Financement ADEME)
PhD offer – TATTOO Project (ADEME funding)

PhD advisement and location: *The PhD study will be advised by S. Comas-Cardona and C. Binetruy (Profs) and carried out at the GeM Laboratory (Ecole Centrale Nantes)*

To apply:

Please send your applications with

- CV
- One cover/motivation letter
- Two recommendation letters
- Grades transcripts of the last year of Bachelor's and 2 years of Master's studies or of the 3 years of Engineering Degree

to sebastien.comas@ec-nantes.fr