



Sujet : Valorisation de co-produits de lin pour les composites structuraux : étude expérimentale et modélisation multi-échelle du comportement compressible des renforts fibreux au cours de la fabrication des composites

Contexte partenarial : Dans le cadre d'un projet National (financement ADEME), le projet TATTOO (Technical fIAX 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 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 alimenteront des modèles numériques qui permettront l'accompagnement des utilisateurs industriels dans leurs développements.



Fig. 1 Rovind 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'étudier l'évolution des renforts fibreux pendant la fabrication de par la présence d'une matrice visqueuse sous une pression hydrostatique interstitielle (de 1 bar à une dizaine de bar). Les fibres naturelles étant poreuses et compressibles, ainsi que les rovings et les renforts, les objectifs seront de :

- concevoir une cellule de mesure permettant de caractériser le comportement des fils et préformes soumises à des pressions interstitielles et de confinement ;
- déterminer et modéliser le comportement hydromécanique en prenant en compte la compressibilité aux différentes échelles.

Une fenêtre procédé (conditionnement thermique et hygrométrique, pression interstitielle) permettant d'atteindre un compromis qui maximise la fraction volumique de fibres et minimise l'endommagement des filaments sera recherché.

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

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

Références

Tran, T., Binetruy, C., Comas-Cardona, S., & Abriak, N. E. (2009). Microporomechanical behavior of perfectly straight unidirectional fiber assembly: Theoretical and experimental. *Composites Science and Technology*, 69(2), 199-206.

Aslan, M., Mehmood, S., & Madsen, B. (2013). Effect of consolidation pressure on volumetric composition and stiffness of unidirectional flax fibre composites. *Journal of Materials Science*, 48, 3812-3824.

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 C. Binetruy et S. Comas-Cardona (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 compressibility behavior of fibrous reinforcements during composite manufacturing

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 Bobbins of flax roving

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 evolution of the flax fiber reinforcements during manufacturing due to the presence of a viscous matrix under interstitial hydrostatic pressure (from 1 bar to around 10 bar). Since natural fibers are porous and compressible, the objectives will be to:

- design an experimental bench to characterize the behavior of yarns and preforms subjected to interstitial and confinement pressures;
- determine and model the hydromechanical and compressible behavior.

A process window (thermal and hygrometric conditioning, interstitial pressure) to achieve a compromise that maximizes the volume fraction of fibers and minimizes filament damage will be sought.

The doctoral student will be responsible for carrying out experimental tests and developing the measurement bench, 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

Tran, T., Binetruy, C., Comas-Cardona, S., & Abriak, N. E. (2009). Microporomechanical behavior of perfectly straight unidirectional fiber assembly: Theoretical and experimental. *Composites Science and Technology*, 69(2), 199-206.

Aslan, M., Mehmood, S., & Madsen, B. (2013). Effect of consolidation pressure on volumetric composition and stiffness of unidirectional flax fibre composites. *Journal of Materials Science*, 48, 3812-3824.

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*

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

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

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 the 3 years of Engineering diploma

to sebastien.comas@ec-nantes.fr