

## **Offre de Stage M2/PFE 2025 – Caractérisation thermo-mécanique d'un matériau composite à fibres de lin et résine époxy bio-sourcée**

**Laboratoire d'accueil :** Nantes Université, Centrale Nantes, CNRS, **Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique, GeM, UMR 6183, 44600, Saint-Nazaire, France.**

**Contexte :** La fabrication de pièces en matériau composite renforcé de fibres de lin fait toujours face aujourd'hui à des verrous limitant leur utilisation, en particulier pour des applications structurales. Les nombreux phénomènes ayant lieu au cours de cette étape (dilatations thermiques, retrait de polymérisation, gonflement ou retrait hygroscopique des fibres, développement des propriétés mécaniques de la résine...) engendrent le développement de contraintes résiduelles de fabrication. Ces dernières peuvent affecter négativement l'état initial de la pièce (performances mécaniques, dimensions...), engendrant une incidence sur sa durée de vie. Afin d'identifier et de prédire ces contraintes et déformations résiduelles, il est nécessaire de caractériser l'évolution du comportement du matériau au cours du procédé. Le projet ANR JCJC MOCOMBIO-MEMPHYS (Mise en Œuvre de COMposites BIOSourcés à fibres de lin – étude Multi-Echelle et Multi-PHYSique) vise à répondre à ces questions. Pour cela, le projet inclut la réalisation d'une thèse de doctorat, débutée en février 2024, complétée par un stage de niveau Master 2 dont les objectifs sont décrits par la suite.

**Objectifs :** L'objectif majeur de ce stage sera de caractériser l'évolution du comportement mécanique d'un matériau composite à fibres unidirectionnelles de lin et résine époxy bio-sourcée au cours de la polymérisation. Pour cela, différentes plaques de matériau seront réalisées à l'aide d'un procédé d'infusion sous bâche à vide. Ces plaques seront cuites à différents taux d'avancement de la réaction de polymérisation. Des échantillons seront alors prélevés de ces plaques et testés à l'aide de différents moyens de mesure incluant observations microscopiques, analyses physico-chimiques (DSC, pesées) et thermo-mécaniques (essais mécaniques conventionnels, DMA). L'impact du conditionnement initial des fibres dans un environnement à humidité relative contrôlée sera également investigué.

**Profil recherché :** En dernière année de Master ou d'Ecole d'Ingénieurs en spécialité Matériaux, Mécanique ou Procédés, la personne recrutée possède idéalement des compétences en mise en œuvre des matériaux composites thermodurcissables ainsi qu'en techniques de caractérisation mécanique et thermo-mécanique des matériaux. En plus de ses compétences scientifiques, une certaine autonomie et une capacité à travailler en équipe sont attendues. La maîtrise de l'anglais technique est également recherchée : des articles scientifiques en anglais seront à lire pour préparer l'étude et analyser les résultats obtenus. En surplus, ces derniers pourront faire l'objet de communications scientifiques orales ou écrites en anglais, à la préparation desquelles la personne recrutée sera amenée à contribuer.

**Informations pratiques :** Votre candidature doit inclure un CV et une lettre de motivation en français ou en anglais. Le stage débutera idéalement à partir de février 2025 pour une durée de 4 à 6 mois. Les travaux de stage auront lieu à l'Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique à Saint-Nazaire. Ils seront encadrés par Benjamin Gaud (Doctorant), Amandine Céline (Maîtresse de Conférences), Sylvain Fréour (Professeur des Universités) et Mael Péron (Maître de Conférences).

**Les dossiers de candidature (CV et lettre de motivation) doivent être déposés directement dans le dossier suivant au format PDF, nommé « nom\_prenom.pdf » :**

<https://uncloud.univ-nantes.fr/index.php/s/mekqZXgfSKCEAai>

Pour plus d'informations, contactez : [mael.peron@univ-nantes.fr](mailto:mael.peron@univ-nantes.fr)

## **Master 2 Internship 2025 – Thermomechanical characterization of a bio-based epoxy resin composite reinforced with flax fibre**

**Laboratory:** Nantes Université, Centrale Nantes, CNRS, **Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique, GeM**, UMR 6183, 44600, Saint-Nazaire, France.

**Context:** The manufacturing process of composite parts made of bio-sourced polymers reinforced by flax fibres represents a challenging endeavour, particularly for structural applications. The many phenomena occurring during this stage (e.g., thermal expansion, polymerization shrinkage, hygroscopic swelling or shrinkage of the fibres, development of the resin's mechanical properties, etc.) result in the development of residual manufacturing stresses. Such effects can have a detrimental impact on the initial state of the part, including its mechanical performance and dimensions, thereby affecting its overall service life. In order to identify and predict these residual stresses and strains, it is necessary to characterize the evolution of material behaviour during the process. The objective of the ANR JCJC project MOCOMBIO-MEMPHYS (Mise en Œuvre de COMposites BIOSourcés à fibres de lin - étude Multi-Echelle et Multi-PHYSique) is to address these scientific bottlenecks. To this end, the project includes a doctoral dissertation, and a Master 2 internship which will ideally start in February 2024, the objectives of which are described below.

**Goals:** The main objective of this internship will be to characterize the evolution of the mechanical behaviour of a composite material made of unidirectional flax fibres and bio-sourced epoxy resin during polymerization. To this end, various sheets of the material will be produced using a vacuum infusion process. These plates will be cured at different rates of polymerization. Samples will then be taken from these slabs and characterized using a variety of methods, including microscopic observations, physico-chemical analysis (DSC, weighing) and thermo-mechanical analysis (conventional mechanical tests, DMA). The impact of initial fibre conditioning in a controlled relative humidity environment will also be investigated.

**Candidate profile:** In his/her final year of a Master's degree or Engineering School specialized in Materials, Mechanics, or Manufacturing Processes, the ideal candidate possesses expertise in the implementation of thermosetting composite materials, as well as proficiency in mechanical and thermo-mechanical material characterization techniques. In addition to scientific expertise, the ideal candidate should possess a certain degree of autonomy and the ability to work effectively in a team. Fluency in technical English is also essential, as the study will require the analysis of scientific articles in English. Furthermore, the results of this work may be presented in oral or written scientific communications in English, for which the selected candidate will be expected to contribute.

**Practical information:** Your application must include a CV and a cover letter in either French or English. The internship is scheduled to start in February 2025 and will last for a period of four to six months. The internship will be conducted at the Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (UMR CNRS 6183) in Saint-Nazaire. The candidate will be supervised by Benjamin Gaud (PhD student), Amandine Céline (Assistant Professor), Sylvain Fréour (Full Professor), and Mael Péron (Assistant Professor).

**Upload your application documents (CV and cover letter) on the following depository link within a unique PDF file named “name.surname.pdf”:**

<https://uncloud.univ-nantes.fr/index.php/s/mekqZXgfSKCEAai>

For more Information, please contact: [mael.peron@univ-nantes.fr](mailto:mael.peron@univ-nantes.fr)