

Titre de la thèse :

**Approche micromécanique du comportement de l'interface fibre/matrice
de matériaux composites biosourcés**

Laboratoire d'accueil :

Institut FEMTO-ST (UMR 6174)
Département de Mécanique Appliquée (DMA)
Équipe MAT'ÉCO (Matériaux pour la transition écologique)

Spécialité du doctorat préparé :

Domaine scientifique : Sciences pour l'ingénieur
Spécialité : Mécanique

Mots-clefs :

Composites renforcés de fibres naturelles, Comportement physico-chimique et mécanique, Propriétés aux petites échelles, Méthodes expérimentales, Modélisation numérique

Descriptif détaillé de la thèse :

Introduction/contexte :

Afin de favoriser la transition écologique et énergétique des secteurs de l'industrie et du transport vers un développement durable, les matériaux recyclables et/ou issus de ressources renouvelables présentent un intérêt croissant. En particulier, les **composites biosourcés**, intégrant des renforts issus de plantes annuelles, constituent des candidats majeurs pour les applications structurales et multifonctionnelles de demain. Le succès de l'intégration de ces matériaux repose sur le développement d'**approches fines et multi-échelles** permettant d'intégrer leurs spécificités inhérentes, comme la variabilité de leurs propriétés [1].

En outre, l'**interface** entre la fibre et la matrice joue un rôle crucial sur les **performances du matériau** étant donné qu'elle permet, entre autres, le transfert d'efforts entre les deux constituants. De plus, cette interface est le siège de **phénomènes physico-chimiques** pouvant conduire à une diminution des propriétés mécaniques (Figure 1).

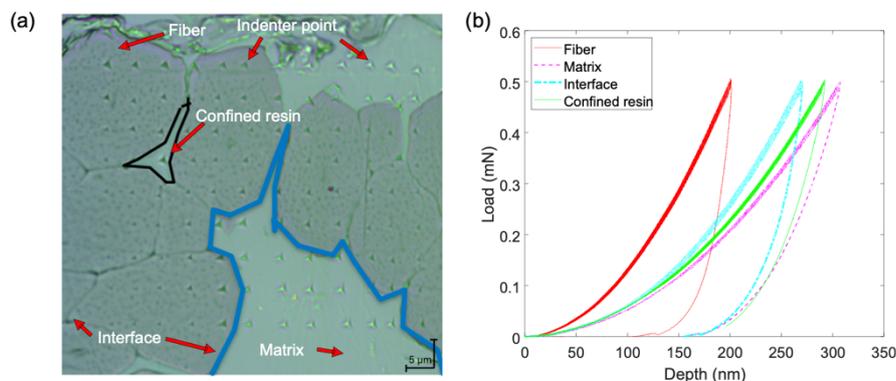


Figure 1 : Essai de nanoindentation sur un composite unidirectionnel fibre de lin/matrice époxy [2]
(a) Microstructure (b) Courbes expérimentales force-profondeur de pénétration pour différentes zones du matériau

La compréhension et la maîtrise de ces phénomènes sont donc nécessaires pour pouvoir exploiter pleinement le potentiel des matériaux composites biosourcés.

L'équipe MAT'ÉCO (Matériaux pour la transition écologique) du Département de Mécanique Appliquée (DMA) de l'Institut FEMTO-ST développe des **méthodes de caractérisation** et de **modélisation** du comportement thermo-hygro-mécanique des composites à fibres végétales de l'échelle nanométrique à l'échelle macroscopique. L'objectif de cette thèse est ainsi de contribuer à la caractérisation du comportement de l'interface fibre/matrice de matériaux composites biosourcés en s'appuyant sur une **approche micromécanique**.

Travaux envisagés :

Afin de répondre à cet objectif, la thèse comprend plusieurs étapes :

- Caractériser l'interface fibre/matrice (cas fibre de lin/matrice époxy), en particulier, la non-uniformité des propriétés mécaniques autour de cette région.
- Identifier les phénomènes physico-chimiques ayant lieu à cette interface et établir des liens avec le gradient de propriétés.
- Évaluer l'influence du comportement de l'interface sur les propriétés globales du matériau composite.

Références bibliographiques :

[1] DEL MASTO, A. (2018). *Transition d'échelle entre fibre végétale et composite UD : propagation de la variabilité et des non-linéarités*. Thèse de doctorat, Université Bourgogne Franche-Comté.

[2] LIU, T. (2021). *Caractérisation multi-échelle de l'amortissement des matériaux composites à fibres végétales*. Thèse de doctorat, Université Bourgogne Franche-Comté.

Profil demandé :

De formation Bac+5 (Master ou École d'ingénieurs) en mécanique ou sciences des matériaux, le candidat possède un goût prononcé pour l'expérimentation ainsi que des connaissances en modélisation. Des compétences en physico-chimie des matériaux organiques seront un plus. Faire preuve de rigueur et d'autonomie, aimer travailler en équipe, avoir de bonnes capacités de communication (à l'écrit et à l'oral) en français et en anglais sont des aptitudes attendues chez le candidat.

Financement : MESRI

Dossier à envoyer avant le 15 mai 2023

Merci de transmettre un CV, une lettre de motivation et les relevés de notes avec classements (années M1 et M2) à florian.boutenel@femto-st.fr

Début du contrat : Septembre / Octobre 2023

Direction / codirection de la thèse :

Directeur de thèse : Vincent PLACET, Ingénieur de Recherche (HDR), Université de Franche-Comté
vincent.placet@univ-fcomte.fr

Co-directeur de thèse : Florian BOUTENEL, Maître de Conférences, SUPMICROTECH-ENSMM
florian.boutenel@femto-st.fr

PhD title:

**Micromechanical approach to the behavior of the fiber/matrix interface
of bio-sourced composite materials**

Host laboratory:

FEMTO-ST Institute (UMR 6174)
Applied Mechanics Department (DMA)
MAT'ECO Team (Materials for the ecological transition)

Speciality of PhD:

Scientific field: Engineering sciences
Speciality: Mechanics

Keywords:

Natural fiber reinforced composites, Physicochemical and mechanical behavior, Micro- and nano-scale properties, Experimental methods, Numerical modelling

Job description:

Introduction/context:

In order to promote the ecological and energetic transition of industry and transport towards sustainable development, recyclable materials and/or materials derived from renewable resources are attracting growing interest. In particular, **bio-sourced composites**, reinforced with annual plants, are important candidates for structural and multifunctional applications in the future. The successful integration of these materials relies on the development of **fine and multiscale approaches** taking into account their intrinsic specificities, such as the variability of their properties [1].

In addition, the **interface** between fiber and matrix plays an essential role on the **material performance** since it allows especially the forces transfer between both components. Moreover, this interface is the center of **physicochemical phenomena** that can lead to a decrease in mechanical properties (Figure 1).

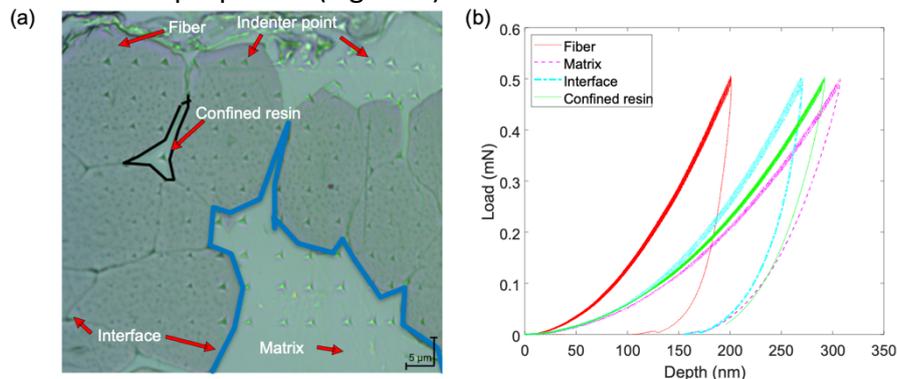


Figure 1 : Nanindentation tests on unidirectional flax/epoxy composite [2]
(a) Microstructure (b) Experimental load-depth curves for different material zones

The understanding and control of these phenomena are therefore necessary to fully exploit the potential of bio-sourced composite materials.

The MAT'ECO team (Materials for the ecological transition) of the Applied Mechanics Department (DMA) of FEMTO-ST Institute is developing **methods for characterizing and modelling** the thermo-hygro-mechanical behavior of plant fiber composites from the nanoscale to the macroscopic scale. The aim of this thesis is to contribute to the characterization of the fiber/matrix interface behavior of bio-sourced composites based on **micromechanical approach**.

Planned work:

In order to meet this objective, the thesis includes several steps:

- Characterize the fiber/matrix interface (flax/epoxy case), in particular, the non-uniform mechanical properties in this area.
- Identify the physicochemical phenomena occurring at this interface and make links with the gradient of properties.
- Evaluate the influence of interface behavior on the general properties of composite material.

Bibliography:

- [1] DEL MASTO, A. (2018). *Scale transition between plant fibre and UD composite: propagation of variability and nonlinearities*. PhD Thesis, Université Bourgogne Franche-Comté.
- [2] LIU, T. (2021). *Multi-scale damping characterization of plant fiber composite materials*. PhD Thesis, Université Bourgogne Franche-Comté.

Applicant profile:

With a Master's degree or an engineering degree in mechanics or materials science, the applicant has a strong taste for experimentation as well as knowledge in modelling. Skills in physical chemistry of organic materials will be a plus. Rigor, autonomy, teamwork, good communication skills (written and oral) in French and English are expected from the applicant.

Financing Institution: MESRI

Application deadline: May 15, 2023

Please send a resume, a cover letter and transcripts with rankings (Master Degree Years 1 and 2) to florian.boutenel@femto-st.fr

Start of contract: September / October 2023

Thesis Supervisors:

Supervisor: Vincent PLACET, Research Engineer (HDR), Université de Franche-Comté
vincent.placet@univ-fcomte.fr

Co-supervisor: Florian BOUTENEL, Associate Professor, SUPMICROTECH-ENSMM
florian.boutenel@femto-st.fr