



école doctorale **sciences pour l'ingénieur et microtechniques**

Titre de la thèse :

**Étude de la durabilité de structures composites à fibres de lin :
évaluation des performances mécaniques et environnementales**

Laboratoire d'accueil : Les travaux se dérouleront au sein du laboratoire DRIVE – équipe DSC (<https://drive.u-bourgogne.fr/>), sur le site de l'ISAT à Nevers.

Spécialité du doctorat préparé :

Domaine scientifique : Sciences pour l'ingénieur

Spécialité : Mécanique

Mots-clefs : Composites à fibres végétales, durabilité, analyse de cycle de vie, conception, caractérisation mécanique

Descriptif détaillé de la thèse :

Introduction / contexte :

L'élaboration de matériaux composites à base de fibres végétales fait partie des solutions pour limiter l'utilisation de ressources fossiles et valoriser les matières végétales. Les structures composites biosourcées matrice polymère/fibres végétales prennent de plus en plus de place dans nos espaces de vie. Or, elles sont soumises à des contraintes mécaniques et climatiques qui dégradent leurs performances mécaniques jusqu'à ne plus pouvoir assurer leurs fonctions. Si plusieurs études ont été consacrées au comportement mécanique et au vieillissement de matériaux composites à fibres végétales, peu de recherches sont menées sur leur devenir lorsqu'ils sont intégrés à des structures à géométrie complexe [1]. Par ailleurs, même si ces matériaux sont réputés plus respectueux de l'environnement, peu de travaux ont été réalisés pour évaluer l'impact environnemental d'une structure biosourcée tout au long de son cycle de vie, en tenant compte de leur durabilité lorsqu'elles sont soumises à des sollicitations mécaniques et climatiques de service.

L'équipe DSC (Durabilité et Structures Composites) du laboratoire DRIVE mène des travaux sur l'étude du comportement et de la durabilité de structures composites biosourcées [2,3], en particulier dans le cadre de l'équipe de recherche commune MATBIO LAB avec le laboratoire CPDM de l'université Gustave Eiffel. L'objectif de cette thèse est de contribuer à l'évaluation de **l'empreinte environnementale de structures composites à fibres de lin soumises à des sollicitations environnementales représentatives de climats différents** [4]. Une méthodologie prenant en compte les dégradations subies lors de la phase d'utilisation selon différentes conditions de service sera proposée pour l'éco-conception d'une structure composite biosourcée, en comparaison avec une structure composite à fibres de verre.

Travaux envisagés :

La première partie du travail concernera la définition et la mise au point du procédé d'élaboration d'une éprouvette technologique en composite à fibres de lin, représentative d'une structure. La réponse mécanique de cette éprouvette sera ensuite étudiée à travers des sollicitations caractéristiques de chargements subies en services par des éléments de structure (flexion, compression, ...). L'évolution de leur tenue mécanique sera évaluée dans une troisième partie lors de vieillissements en humidité relative et température représentatifs de climats différents. Des caractérisations microstructurales et physico-chimiques du matériau permettront de comprendre ces mécanismes de vieillissement. Enfin, cette étude de durabilité permettra d'évaluer l'effet de l'environnement représentatif de différents climats sur l'évolution des performances mécaniques de structures à composites à fibres végétales durant leur phase d'utilisation. Des modèles prédictifs pourront alors déterminer la durée de vie d'une structure composite biosourcée pour un usage donné selon l'environnement. Ainsi, selon l'usage et les conditions de service, la comparaison entre les impacts environnementaux d'une structure en fibre de verre et d'une structure en fibres végétales pourra être menée, par des techniques d'analyse de cycle de vie. Des outils d'aide à l'écoconception de structures biosourcées, prenant en compte leurs conditions de service, seront proposés.

Références bibliographiques :

- [1] D.U. Shah, P.J. Schubel, M.J. Clifford, Can flax replace E-glass in structural composites? A small wind turbine blade case study. *Composites Part B: Engineering* 52 (2013)
- [2] L. Alam, B. Piezel, O. Sicot, S. Aivazzadeh, S. Moscardelli, L. Van-Schoors, UV accelerated aging of unidirectional flax composites: Comparative study between recycled and virgin polypropylene matrix. *Polymer Degradation and Stability* 208 (2023)
- [3] T. Jeannin, M. Bergès, X. Gabrion, R. Léger, V. Person, S. Corn, B. Piezel, P. Lenny, S. Fontaine, V. Placet, Influence of hydrothermal ageing on the fatigue behaviour of a unidirectional flax-epoxy laminate. *Composites Part B: Engineering* 174 (2019)
- [4] W.V. Srubar III, S.A. Miller, M.D. Lepech, S.L. Billington, Incorporating spatiotemporal effects and moisture diffusivity into a multi-criteria materials selection methodology for wood-polymer composites. *Construction and Building Materials* 71 (2014)

Profil demandé :

De formation Master 2 recherche ou école d'ingénieurs à dominante mécanique ou science des matériaux, le candidat possède des compétences en caractérisation mécanique des matériaux expérimentale. Il possède aussi des connaissances en structures composites (stratifiées). Des connaissances en modélisation numériques, sur l'écoconception et sur la réalisation d'analyse de cycle de vie seront appréciées. Autonome, le candidat sait aussi faire preuve de bonnes capacités relationnelles et rédactionnelles en français et anglais.

Financement : MESRI établissement (3 ans)

Dossier à envoyer pour le 15/05/2024

Merci d'envoyer un dossier pdf contenant CV, lettre de motivation, relevés de notes niveaux M1 et M2 (effectif et rang), lettres et contacts de référence avant le 15/05/2023 à Clémence Rouge :

clemence.rouge@u-bourgogne.fr.

Début du contrat : septembre/octobre 2023

Direction / codirection de la thèse :

Directeur de thèse :

- Olivier Sicot, Professeur des universités, Université de Bourgogne, DRIVE (EA 1859) - Nevers

Co-encadrants :

- Benoît Piezel, Maître de Conférences, Université de Bourgogne, DRIVE (EA 1859) – Nevers
- Clémence Rouge, Maître de Conférences, Université de Bourgogne, DRIVE (EA 1859) – Nevers



école doctorale **sciences pour l'ingénieur et microtechniques**

PhD title:

**Study of the durability of flax fibre based composite structures:
characterisation of their mechanical and environmental performances**

Host laboratory: This study will take place within the DRIVE lab in the DSC team (<https://drive.u-bourgogne.fr/>), based in Nevers onto the ISAT engineering school site.

Speciality of PhD:

Scientific domain: Engineering

Speciality: Mechanics

Keywords:

Natural fibre based composites, durability, life cycle analysis, design, mechanical characterisation

Job description:

Introduction / background studies:

As composite structures are increasingly present in our living spaces, one way of contributing towards the limitation of the use of fossil resources and towards adding value to natural materials is to design biobased composite structures from biosourced polymers and natural fibres. Those composites are then enduring mechanical stresses and environmental pressures until they cannot fulfil their functional properties anymore. Numerous studies focus on the mechanical characterisation after ageing of those biobased composites but a few account for their behaviour and aged properties when they are embedded within a complex structure [1]. Further, even if those materials are considered more environmentally friendly, even fewer studies show their environmental impact along their life cycle while taking into account their loss of durability from in-service ageing and while being mechanically loaded.

Within the DRIVE lab, the DSC (Durability and Composite Structures) team is studying the mechanical behaviour and the durability of bio-sourced composite structures [2, 3]. Researchers are also collaborating with the CPDM lab from Gustave Eiffel University as part of a joint research team called MATBIO LAB. The proposed PhD aims at **assessing the environmental footprint of flax fibres based composite structures aged in conditions representing various climates** [4]. A method to integrate loss of durability during use, as a function of the in-service conditions, will be proposed so that a complete life cycle analysis of biosourced composite structures can be compared with glass fibre based composites.

Proposed work:

First, the project will focus on defining and setting up a manufacturing process of a component-level test specimen, representative of the structure made out of flax fibre based composite it will be part of. Second, the mechanical behaviour of this test specimen will be studied under typical mechanical loadings found during in service (flexion, compression and so on). Third, ageing of the component-level specimens will be performed while assessing their durability. This ageing study will encompass various climates characterised by their temperature and relative humidity. The microstructure and the physico-chemical characterisation of those composite materials will help in understanding how ageing affects their mechanical behaviour. Finally, this durability study will support the evaluation of the impacts of representative environments onto the evolution of the mechanical properties of natural composite structures during their use. Predictive models could then determine the life expectancy of biobased composites for a given use within a given climate. Thus, as a function of the in-service conditions, a life cycle analysis will compare the environmental impacts arising from choosing natural or glass fibres in a composites structure. Methodologies could also be suggested in order to help for ecodesigning biobased composites while taking into account for in-service conditions.

Bibliography:

- [1] D.U. Shah, P.J. Schubel, M.J. Clifford, Can flax replace E-glass in structural composites? A small wind turbine blade case study. *Composites Part B: Engineering* 52 (2013)
- [2] L. Alam, B. Piezel, O. Sicot, S. Aivazzadeh, S. Moscardelli, L. Van-Schoors, UV accelerated aging of unidirectional flax composites: Comparative study between recycled and virgin polypropylene matrix. *Polymer Degradation and Stability* 208 (2023)
- [3] T. Jeannin, M. Bergès, X. Gabrion, R. Léger, V. Person, S. Corn, B. Piezel, P. Lenny, S. Fontaine, V. Placet, Influence of hydrothermal ageing on the fatigue behaviour of a unidirectional flax-epoxy laminate. *Composites Part B: Engineering* 174 (2019)
- [4] W.V. Srubar III, S.A. Miller, M.D. Lepech, S.L. Billington, Incorporating spatiotemporal effects and moisture diffusivity into a multi-criteria materials selection methodology for wood-polymer composites. *Construction and Building Materials* 71 (2014)

Applicant profile:

Your background is equivalent to a Master of Research in mechanics or materials science, you are able to characterise mechanical structure experimentally. You also have a background in (laminated) composite structures. Knowledge in computational mechanics, on ecodesign and life cycle analysis will be appreciated. Independent, you also have good interpersonal and writing skills, in both French and English.

Financing Institution: MESRI (3 years)

Application deadline: 15th May 2023

Please send your resume, motivation letter, Masters transcript, reference letter and referral contact before the deadline to Clémence Rouge (clemence.rouge@u-bourgogne.fr).

Start of contract: September/October 2023

Thesis Supervisor(s):

Main supervisor:

- Olivier Sicot, Full professor, Université de Bourgogne, DRIVE (EA 1859) - Nevers

Co-supervisors:

- Benoît Piezel, Associate Professor, Université de Bourgogne, DRIVE (EA 1859) – Nevers
- Clémence Rouge, Associate Professor, Université de Bourgogne, DRIVE (EA 1859) – Nevers