

## **Caractérisation et modélisation du comportement thermo-hygro-mécanique des matériaux composites biosourcés élaborés par impression 3D**

**Laboratoire d'accueil :** Unité de Mécanique de Lille - Joseph Boussinesq (UML),  
ULR7512, Equipe MMS  
Université de Lille,  
Bâtiment ESPRIT, avenue Paul Langevin 59650, Villeneuve-d'Ascq

**Encadrants :** **Toufik KANIT**, Professeur des universités (Directeur)  
**Ahmed AMMAR**, Maître de conférences (Co-directeur de thèse)

**Dates :** 36 mois à partir d'Octobre 2024.

### **Contexte :**

Dans le contexte de la décarbonation de l'industrie, le recours aux matériaux composites biosourcés devient une exigence pour remplacer des produits à base de matière plastique synthétique dans de nombreuses industries (aéronautique, automobile, navale, ...). C'est dans ce contexte de lutte contre le réchauffement climatique qu'un grand nombre de technologies différentes qui entrent dans la catégorie de la fabrication additive s'investissent de plus en plus. En effet, la fabrication additive, permet actuellement de développer des prototypes innovants, de réduire les impacts environnementaux en réduisant les déchets de fabrication par rapport aux procédés de fabrication conventionnels. En particulier, cette technique permet d'élaborer des pièces complexes sans usinage ni assemblage, ce qui n'est pas toujours possible avec les procédés conventionnels. Malgré ces avantages remarquables, les propriétés et le comportement des matériaux composites biosourcés obtenus par impression 3D sont encore mal maîtrisés et nécessite une étude bien détaillée.

Le but de ce travail de thèse sera de comprendre le comportement thermo-hygro-mécanique des matériaux composites biosourcés en prenant en compte les couplages procédés / microstructure / propriétés, et les éventuels couplages liés aux effets de l'environnement. Il s'agira tout d'abord d'élaborer et de caractériser le matériau d'étude expérimentalement. Le doctorant bénéficiera de l'utilisation des différents moyens et dispositifs expérimentaux au sein des plateformes expérimentales mutualisées. L'accent sera mis sur des essais mécaniques tout en variant les conditions de vieillissement (température et humidité) pour ce type de matériau. Dans un second temps, le doctorant sera amené à contribuer aux développements d'outils numériques dédiés à simuler le comportement thermo-hygro-mécanique de ce nouveau type de composites élaboré par impression 3D. Différentes méthodes numériques à savoir la Méthode des Eléments Finis (MEF) ou celle des Eléments Discrets (MED) peuvent être exploitées, à la lumière d'une modélisation multi-physique. La confrontation des résultats numériques avec les mesures expérimentales permettra d'évaluer la pertinence des modèles proposés.

Une dimension cruciale à explorer réside dans les perspectives du travail de thèse, notamment avec le déploiement de l'Intelligence Artificielle (IA) en utilisant l'apprentissage automatique (machine Learning) dans le cadre des composites adaptatifs par fabrication additive. Les résultats expérimentaux et numériques peuvent être exploités en tant que jumeaux numériques

pour le processus d'apprentissage. Cet outil d'IA sera ensuite déployé pour optimiser les paramètres du processus. Un tel outil sera très utile dans le domaine industriel, puisqu'il peut prédire les meilleurs paramètres du processus de fabrication additive, sans effectuer de simulation numérique et de mesures expérimentales coûteuses.

**Mots clés** : matériaux composites biosourcés, fabrication additive, dispositifs expérimentaux, méthodes numériques, Intelligence Artificielle.

**Profil recherché** : Niveau Master ou équivalent, en mécanique des matériaux, avec un profil à la fois expérimental et numérique.

Des connaissances en sciences des données et en apprentissage automatique seront très appréciées.

**Candidature** : **Avant le 15 mars 2024.**

Merci d'envoyer votre CV, lettre de motivation, notes et classement depuis le baccalauréat à :

**Ahmed AMMAR**, ahmed.ammar@polytech-lille.fr  
et **Toufik KANIT**, toufik.kanit@univ-lille.fr

### **Characterization and modeling of the thermo-hygro-mechanical behavior of bio-sourced composite materials made by 3D printing**

**Laboratory** : Unité de Mécanique de Lille - Joseph Boussinesq (UML),  
ULR7512, Equipe MMS  
Université de Lille,  
Bâtiment ESPRIT, avenue Paul Langevin 59650, Villeneuve-d'Ascq

**Supervisors**: **Toufik KANIT**, Professor (Supervisor)  
**Ahmed AMMAR**, Associate Professor (Co-supervisor)

**Dates** : 36 months starting October 2024.

#### **Context** :

As part of the industrial decarbonization process, the use of bio-sourced composite materials is gaining importance as a substitute for synthetic plastic-based products in many industries (aeronautics, automotive, naval, etc.). It is in this context that many different technologies falling into the field of additive manufacturing are becoming increasingly involved in the struggle against global warming. Indeed, additive manufacturing is currently making it possible to develop innovative prototypes and reduce environmental impact by cutting manufacturing waste compared with conventional manufacturing processes. In particular, this technique enables complex parts to be produced without machining or assembly, which is not always

possible with conventional processes. Despite these remarkable advantages, the properties and behavior of biobased composite materials obtained by 3D printing are still not well understood, and require further study.

The aim of this PhD work is to understand the thermo-hygro-mechanical behavior of bio-based composite materials, taking into account process/microstructure/properties couplings, and possible couplings linked to environmental effects. The study material will first be developed and characterized experimentally. The PhD student will benefit from the different experimental means and devices available on the shared experimental platforms. Emphasis will be placed on mechanical tests while varying the ageing conditions (temperature and humidity) for this type of material.

In a second phase, the PhD student will contribute to the development of numerical tools dedicated to simulate the thermo-hygro-mechanical behavior of this new type of composite material made by 3D printing. Different numerical methods, such as the Finite Element Method (FEM) or the Discrete Element Method (DEM), can be used, in the light of multi-physics modeling. Comparison of numerical outcomes with experimental results will enable us to assess the relevance of the proposed models.

A crucial dimension to be explored lies in the prospects of the PhD work, particularly with the deployment of Artificial Intelligence (AI) using machine learning in the context of adaptive composites by additive manufacturing. Experimental and numerical results can be exploited as digital twins for the learning process. This AI tool will then be deployed to optimize the process parameters. Such a tool will be very useful in the industrial field, as it can predict the best parameters for the additive manufacturing process, avoiding costly numerical simulation and experimental measurements.

**Keywords :** bio-sourced composite materials, additive manufacturing, experimental means, numerical methods, Artificial Intelligence

**Profile required :** Master's level or equivalent, in mechanics of materials, with both experimental and numerical profiles.

A background in data science and machine learning will be highly appreciated.

**Application :** **Before March 15, 2024.**

Please send your CV, cover letter, grades and ranking since the baccalaureate to :

**Ahmed AMMAR**, ahmed.ammar@polytech-lille.fr  
and **Toufik KANIT**, toufik.kanit@univ-lille.fr