

## Thèse de doctorat 36 mois, dès octobre 2025

*Mines Paris, Centre de Mise en Forme des Matériaux (CEMEF) Sophia Antipolis, France*

### « Impact de l'utilisation de fibres de carbone recyclées sur le comportement mécanique et la durée de vie de composites thermoplastiques »

**Contexte :** L'objectif de l'Accord de Paris impose de réduire les émissions de 45% d'ici à 2030 et d'atteindre l'objectif de zéro émission nette d'ici à 2050. Pour les transports terrestres, maritimes, ferroviaires et aériens, il convient de développer des nouveaux concepts de matériaux performants et à impacts réduits. Les matériaux composites, du fait de leurs performances spécifiques élevées, apparaissent comme des matériaux de choix à l'éco-conception et à la décarbonation. La réduction de ces impacts passera par l'emploi de matières faiblement émettrices, dont les matières recyclées semblent être le choix le plus évident [1]. Les solutions techniques actuelles de valorisation des composites permettent de récupérer des fibres coupées. L'enjeu de la valorisation des composites et de la réutilisation de fibres recyclées réside donc en partie dans la proposition de renforts issus de matières premières secondaires plus performants.

Le projet de thèse sera réalisé dans le cadre d'un programme de Chaire « Lionel Fourment » proposée par le CEMEF Mines Paris, en étroite collaboration avec l'IPC (Centre Technique Industriel de la Plasturgie et des Composites). Ce programme de chaire s'intitule « CYCLADES », pour « reCYclage Composites et poLYmères : procédés AVancés, DurabilitÉ et Simulation numérique/intelligence artificielle ». Ses objectifs principaux sont de comprendre l'influence de l'incorporation de matière première recyclée sur le comportement de matériaux polymères ou composites. Le projet de thèse décrit ici s'intéresse au chainage qu'il existe entre la mise en forme, les développements de microstructures et les propriétés finales. Les composites étudiés seront composés d'une résine thermoplastique en poly(sulfure de phénylène) (PPS), renforcée par des fibres de carbone. Deux types de fibres de carbone recyclées seront étudiées, des fibres obtenues par solvolysé et par pyrolyse.

**Mots clé :** Recyclage Composites, Propriétés mécaniques, Durabilité

**Description du sujet :** Les travaux de thèse envisagent successivement les différents objectifs décrits ci-dessous :

- 1) Comprendre l'impact du recyclage des fibres de carbone par solvolysé et pyrolyse sur la qualité de leur ensimage, la présence de résidu en surface, leurs dimensions et leurs propriétés mécaniques,
- 2) Décrire l'état microstructural et viscoélastique de la matrice PPS en présence de fibres vierges ou recyclées,
- 3) Comprendre le comportement thermomécanique des composites à renfort vierge ou recyclés via des essais de traction et de fluage à température et vitesse de déformation contrôlés,

- 4) Caractériser la durée de vie de ces composites en fatigue afin de discriminer l'impact de la réutilisation de fibres de carbone sur le comportement en fatigue des composites et proposer un critère de fatigue,
- 5) Etudier la pertinence du critère de fatigue sélectionné en l'appliquant en post-traitement de la simulation en fatigue d'éprouvettes composites.

La stratégie scientifique proposée s'appuiera sur une plateforme expérimentale vaste, avec des outils d'analyse tels que : la spectroscopie photoélectronique à rayons X (XPS), la microscopie électronique à balayage (MEB), la calorimétrie (DSC), l'analyse mécanique dynamique (DMA), la diffraction des rayons X (WAXS et SAXS). Des essais mécaniques (fatigue, fluage) couplés à des mesures locales de champs de déformation et de température, ainsi que des procédés de mise en forme par voie fondue (thermocompression) seront également utilisés.

**Profil et compétences :** Le (la) candidat(e) retenu(e) devra être titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou d'un Master 2 en sciences des matériaux polymères et posséder de solides compétences dans le domaine de la physique et mécanique des polymères pris à l'état solide. L'étude de recherche orientée vers un domaine applicatif nécessitera de posséder des aptitudes pour les approches expérimentales. Une rigueur expérimentale ainsi qu'une bonne aptitude à la synthèse et à la communication seront nécessaires.

**Durée :** 36 mois, à compter d'octobre 2025

**Salaire approximatif brut mensuel :** ~2300€ brut/mois

**Lieu :** CEMEF, Mines Paris, Sophia-Antipolis (06), France (<https://www.cemef.minesparis.psl.eu>).

**Equipe de recherche :** Surfaces et Polymères  
(<https://www.cemef.minesparis.psl.eu/presentation/equipe-sp/>)

**Candidatures :** Les candidatures devront être adressées aux encadrants ci-dessous et devront comprendre : un CV, une lettre de motivation ainsi que le contact de deux référents pour recommander le candidat.

**Contacts :** - CEMEF : Jean-Luc Bouvard ([jean-luc.bouvard@minesparis.psl.eu](mailto:jean-luc.bouvard@minesparis.psl.eu))  
Christelle Combeaud ([christelle.combeaud@minesparis.psl.eu](mailto:christelle.combeaud@minesparis.psl.eu))  
- IPC : Ronan Le Goff ([ronan.legoff@ct-ipc.com](mailto:ronan.legoff@ct-ipc.com))  
Romain Agogué ([romain.agogue@ct-ipc.com](mailto:romain.agogue@ct-ipc.com))

[1] R. Agogué, W. Meddeb, M. Glais, L. Ainé, B. Courtemanche, P. Madec, F. Ruch, A. Zimmermann, T. Le Brun, A. Miller, J.-C. Fontanier Guide pour le recyclage et l'écoconception des composites – rapport Technique, ADEME, 2022