

# Offre de stage

## CONTEXTE

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre:

- La direction opérationnelle de la recherche et de développement du groupe Michelin, qui développe des matériaux innovants dans le but d'améliorer la qualité de ses produits et de relever le défi environnemental.
- Le CEMEF, un centre de recherche affilié à Mines Paris PSL et au CNRS, dont les activités couvrent le vaste domaine des matériaux et des procédés de transformation et de mise en forme.

Ce projet vise à comprendre les **mécanismes de transformations** lors de la mise en forme des **renforts métalliques** (steel cord) des pneumatiques utilisés par Michelin, afin d'améliorer leurs performances et de faciliter l'utilisation de matériaux durables dans les années à venir.

## OBJECTIF DU STAGE

ETUDE DE LA TRANSFORMATION AUSTÉNITIQUE DANS UN  
FIL D'ACIER SOUMIS À UN CHAUFFAGE RAPIDE

Les renforts métalliques sont utilisés dans les pneus pour leur apporter résistance et rigidité. La mise en forme de ces renforts est réalisée par tréfilage, un procédé qui a pour but de réduire la section des fils métalliques, tout en leur garantissant de bonnes propriétés mécaniques.

Durant le procédé de tréfilage des fils d'acier, un traitement thermique intermédiaire joue un rôle déterminant pour ajuster les propriétés mécaniques, en particulier la ductilité et la résistance en traction. Ce traitement repose sur la transformation d'une perlite écrouie en austénite, dont la microstructure finale influence directement le comportement mécanique du matériau au cours des étapes suivantes de tréfilage. La compréhension fine de ces transformations de phase constitue un enjeu important pour l'optimisation industrielle du procédé.

Dans ce cadre, le stage consistera à étudier les évolutions de microstructure dans un fil d'acier soumis à un chauffage rapide. L'objectif principal sera de mieux comprendre le mécanisme de transformation de la perlite en austénite lors du traitement thermique, en s'appuyant à la fois sur des observations expérimentales et sur une réflexion approfondie autour des phénomènes métallurgiques en jeu. On analysera notamment l'influence de la vitesse de chauffe, de la température d'austénitisation, de la teneur en carbone du fil d'acier, ainsi que du niveau d'écrouissage présent dans la matière initiale.

Le travail comportera une étude détaillée de la microstructure par MEB-EBSD (pour évaluer l'avancement de la transformation, la présence d'écrouissage, la taille et l'orientation des grains, etc.), et impliquera également un travail de recherche bibliographique et d'interprétation afin de mettre en relation les résultats obtenus avec les modèles physiques existants, afin d'approfondir la compréhension des mécanismes de transformation et d'apporter des éléments utiles à une modélisation ultérieure.

## INFORMATIONS PRATIQUES

**Lieu:** CEMEF, Mines Paris PSL, Sophia-Antipolis (06)

**Salaire approximatif mensuel:**  $\simeq$  2500€ brut

**Durée du stage:** 6 mois

**Date de début souhaitée:** début 2026

## PROFIL RECHERCHÉ

**Niveau:** Master 1/2 ou 2<sup>ème</sup>/3<sup>ème</sup> année d'école d'ingénieur.

**Formation:** Etudiant.e en sciences des matériaux/génie mécanique ou formation d'ingénieur généraliste, avec des connaissances de base en métallurgie physique, intéressé.e par l'expérimentation et l'analyse de microstructures.

## CONTACTS

Pour toute question ou pour postuler, merci de nous contacter aux adresses ci-dessous.

✉ CEMEF  
madeleine.bignon@minesparis.psl.eu  
baptiste.flipon@minesparis.psl.eu