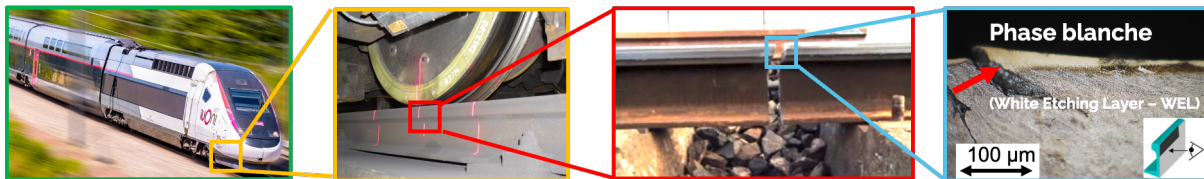


Sujet de thèse SECURBAIN (mi-2025 à mi-2028 à l'INSA-Lyon)

« SECURité et durée de vie des nuances d'aciers BAINitiques pour le transport ferroviaire »

La **sécurité ferroviaire** dépend tout particulièrement de la capacité des rails à maintenir leur intégrité, c'est-à-dire de prévenir tout déraillement par rupture ou usure accrue. L'engouement croissant pour le transport ferroviaire, **moyen de transport de masse robuste, fiable et à très faible émissivité de CO₂**, a pour conséquence un accroissement des phénomènes d'usure et de fatigue des roues et des rails tels que le squat (défaut de fissuration représentant 70% des défauts de rail selon la SNCF en 2021). La surveillance et la maintenance des rails est particulièrement coûteuse : en France, le coût moyen lié uniquement au renouvellement des voies, principalement à cause de l'usure et de la fatigue des rails, est donc de l'ordre d'1 milliard d'euros par an.

Afin **optimiser la durée de vie des rails**, les réseaux et les aciéristes explorent actuellement le développement de **nouvelles variétés d'aciers, dites bainitiques**. Ces nuances d'aciers doivent permettre de **réduire l'usure tout en garantissant un haut niveau de sécurité**.



La **microstructure bainitique est particulièrement sensible aux accroissements locaux de température (patinage, opération de meulage, soudage...)** qui peut, en la déstabilisant, modifier localement son comportement en fatigue de contact, voire même, induire des modifications microstructurales pouvant la fragiliser. Si la formation de phase dure de type phase brune ou **phase blanche (white etching layer)**, phases fragilisantes et pouvant aboutir à la rupture du rail, est assez rare dans les aciers bainitiques, du fait de leur faible teneur en carbone, certaines études rapportent la présence de ce défaut sur des rails utilisés en voie.

Afin de garantir la durée de vie de ces nouvelles nuances d'aciers, il est capital de connaître l'effet d'accroissements locaux de température sur les microstructures et sur leurs propriétés de résistance à l'usure.

Le sujet de thèse proposé est au cœur du projet SECURBAIN qui a pour but d'établir une loi de comportement reliant précisément les sollicitations tribologiques aux mécanismes de formation des phases blanches. Ce projet s'articule autour de 3 principes :

- Tache 1 : Design de **microstructure modèles**.
- Tache 2 : Test sur **banc d'essai** représentatif du contact roue-rail
- Tache 3 : Caractérisation microstructurale des surfaces après RCF
- Tache 4 : Design d'une **microstructure optimisée**.

Les **résultats attendus** du projet **SECURBAIN** sont donc une **quantification de la sensibilité des nuances bainitiques à la fatigue de contact** (développement de phases durcies fragilisantes) lorsque celles-ci sont **initialement thermiquement déstabilisés**. In fine, cela permettra aux aciéristes et opérateurs de développer ultérieurement des nuances bainitiques mieux adaptées aux conditions d'exploitation futures.

Dans un **contexte fortement collaboratif** entre les laboratoires MATEIS et LaMCoS (illustration de la collaboration <https://www.youtube.com/watch?v=NeF2b4KUvO4>), le **doctorant aura accès à**:

- des **moyens d'essais originaux** tribologique (banc de contact roue-rail Triborail) et thermomécanique (Gleeble) pour reproduire des conditions élémentaires de compréhension et des **conditions réalistes de reproduction du contact roue-rail**,
- des **moyens de caractérisations multi-échelles** pour étudier finement les stades de transformations des phases blanches et les relier aux paramètres mesurés thermiquement et mécaniquement au cours d'essais réalistes,
- des **solides collaborations** pour les **caractérisations fines par sonde atomique** (GPM) des phases blanches et le **modèle thermomécanique** permettant d'implémenter la loi de comportement (LMA).

Au sein du projet SECURBAIN, le doctorant aura plus particulièrement en charge :

- la génération de microstructures modèle à l'aide des dispositifs de traitement thermiques
- la réalisation et l'analyse des essais Triborail
- la préparation puis l'analyse des échantillons de rails en microscopie optique, électronique avec EBSD et ACOM-TEM ainsi que sonde atomique,
- et finalement la détermination et génération d'une microstructure à comportement tribologique optimisée afin de conduire des tests de validation

Pour mener à bien ses travaux, le doctorant sera épaulé par des spécialistes scientifiques et techniques dans chaque domaine tant sur le plan expérimental que numérique.

Profil recherché : Bac+5 (Master ou diplôme d'ingénieur) en mécanique et/ou matériau
Appétence pour le couplage expérimental – numérique.
Anglais maîtrisé à l'oral et à l'écrit (niveau B2 minimum)
Des compétences en tribologie et/ou métallurgie seraient appréciées

Démarrage : mi-2025 (mars/avril) – école doctorale MEGA de Lyon

Durée : 36 mois

Rémunération : 2140 brut/mois

Lieu : Campus de la DOUA, INSA-Lyon, laboratoires MATEIS et LaMCoS
+ Missions de quelques jours/semaines à Rouen ou Grenoble.

Encadrement : Sophie CAZOTTES, laboratoire MATEIS (Lyon)
Aurélien SAULOT, laboratoire LaMCoS (Lyon)

Pour candidater, contacter Sophie Cazottes (sophie.cazottes@insa-lyon.fr) et Aurélien Saulot (aurelien.saulot@insa-lyon.fr) en joignant CV et lettre de motivation.