

Monsieur Nagesh NARASIMHA PRASAD

Spécialité "Mécanique des solides, des matériaux, des structures et des surfaces"

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Comportement en fatigue et mécanismes d'endommagement associés dans un acier ferroviaire à gradient de microstructure.

dirigés par Monsieur Denis NAJJAR et Monsieur Ahmed EL BARTALI

Soutenance prévue le **mardi 01 avril 2025** à 13h30

Lieu : Centrale Lille Cité scientifique CS 20048 59651 Villeneuve d'Ascq cedex

Salle : Amphi POIRIER

Composition du jury proposé

M. Denis NAJJAR	Centrale Lille Institut	Directeur de thèse
M. Fabien SZMYTKA	ENSTA Paris	Rapporteur
M. Samuel HEMERY	Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique	Rapporteur
M. Etienne PESSARD	Arts et Métiers Angers	Examineur
Mme Mirentxu DUBAR	Université Polytechnique Hauts-de-France	Examinatrice
M. Ahmed EL BARTALI	Centrale Lille Institut	Co-directeur de thèse
Mme Nathalie LIMODIN	CNRS, Centrale Lille Institut	Examinatrice
M. Jean-François WITZ	CNRS, Centrale Lille Institut	Invité
M. Stéphane SALENGRO	VALDUNES INDUSTRIES Groupe EUROPLASMA	Invité

Mots-clés : Aciers ferroviaires, Comportement mécanique, Gradient de microstructure, Fissures de fatigue, Plasticité cyclique, Mesures de champ

Résumé :

Les essieux montés ferroviaires sont soumis à des chargements cycliques intenses, rendant les défaillances liées à la fatigue particulièrement préoccupantes pour garantir la sécurité et une maintenance rentable. Cette recherche analyse l'acier ER7, un alliage ferrito-perlitique utilisé pour la fabrication de roues ferroviaires et fourni par Valdunes Industries. Ce matériau présente des gradients microstructuraux prononcés, résultant des procédés industriels de traitement thermique, qui varient entre les régions de la jante (RIM, surface) et de la toile (WEB, profondeur). L'objectif principal de cette étude est de clarifier l'influence de ces gradients sur l'amorçage des fissures de fatigue et leurs premiers stades de propagation, afin de proposer des stratégies de conception améliorant la durabilité et la fiabilité des roues ferroviaires. Un programme expérimental complet a été réalisé sur des échantillons prélevés à différentes profondeurs d'une roue traitée thermiquement. Des essais de traction monotone, cyclique et de fatigue oligocyclique, ont permis de caractériser en détail les régions de la jante et de la toile. Les fractions et caractéristiques microstructurales distinctes de ferrite et de perlite dans ces zones ont permis d'établir une corrélation directe entre les gradients microstructuraux et les propriétés mécaniques résultantes. Pour analyser la déformation locale à l'échelle microscopique, la Corrélation d'Images Numériques (CIN) haute résolution a été utilisée. Cette technique de mesure avancée a permis de cartographier précisément les champs de déformation, superposés aux microstructures obtenues par microscopie optique. Les résultats montrent que la jante, avec sa microstructure ferrito-perlitique plus fine, offre une meilleure résistance à la fatigue que la toile, à la microstructure plus grossière. L'amorçage des fissures se produit généralement dans des zones de forte localisation de déformation, en particulier à proximité des interfaces entre colonies de perlite et ferrite, soulignant le rôle critique des interfaces microstructurales dans l'évolution de l'endommagement. Des essais supplémentaires sur du fer pur ARMCO (99,99 % ferrite) ont permis d'isoler les mécanismes fondamentaux de plasticité de la phase ferritique, offrant des informations précieuses sur la formation des bandes de glissement et sur la manière dont la ductilité peut atténuer la propagation précoce des fissures. Ces résultats soulignent l'importance d'ajuster le ratio ferrite-perlite et de raffiner l'espacement interlamellaire dans la perlite pour améliorer la durée de vie en fatigue. Les analyses fractographiques, réalisées par microscopie électronique à balayage (MEB), ont révélé que les discontinuités microstructurales et les interfaces de phase constituent fréquemment des sites privilégiés pour l'amorçage des fissures. L'interaction entre les lamelles perlitiques et les grains ferritiques influence significativement les trajectoires de propagation des fissures. En intégrant des observations à l'échelle macro et micro, cette recherche met en évidence l'impact majeur de la microstructure locale sur la performance en fatigue et souligne les opportunités d'amélioration des conceptions d'acier par des traitements thermiques contrôlés. En conclusion, les résultats de cette thèse contribuent à une meilleure compréhension scientifique du comportement cyclique des aciers ferrito-perlitiques et proposent des stratégies pratiques pour prolonger la durée de vie des roues ferroviaires. Les méthodes de mesure champs cinématiques à haute résolution, combinées à une caractérisation microstructurale approfondie, offrent un cadre robuste pour l'étude des phénomènes de fatigue à plusieurs échelles. Cette approche intégrée facilite le développement de modèles prédictifs de la durée de vie en fatigue et ouvre la voie à l'optimisation des microstructures d'aciers dans des applications critiques au-delà du domaine ferroviaire.