

Monsieur Joseph FRANGIEH

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

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Déterminants d'usure des freins à friction ferroviaires par couplage thermomécanique - tribologie

dirigés par Monsieur Yannick DESPLANQUES et Monsieur Philippe DUFRENOY

Soutenance prévue le **jeudi 03 avril 2025** à h00

Lieu : Av. Paul Langevin, bâtiment Esprit, 59655, Villeneuve d'Ascq

Salle : Atrium

Composition du jury proposé

M. Yannick DESPLANQUES	Centrale Lille	Directeur de thèse
M. Philippe DUFRENOY	Université de Lille	Directeur de thèse
M. Edouard DAVIN	Centrale Lille	Examinateur
M. Aurelien SAULOT	INSA Lyon	Rapporteur
M. Frederic VALIORGUE	Centrale Lyon - ENISE	Rapporteur
M. Noël BRUNETIERE	CNRS - Institut Pprime	Examinateur
Mme Imene LAHOUIJ	Mines Paristech - CEMEF	Examinatrice
Mme Esperanza PERDRIX	IMT Nord Europe	Examinatrice
M. Ruddy MANN	Alstom SA	Invité
Mme Karine PAJOT	ALSTOM SA	Invitée

Mots-clés : Usure, Localisation thermomécanique, circuit tribologique, Troisième corps, Emission de particules, Triplet tribologique

Résumé :

La qualité de l'air est une préoccupation sociétale majeure. Bien que le transport ferroviaire soit peu émissif, les environnements ferroviaires confinés présentent des concentrations élevées en particules, notamment issues de l'usure des systèmes tribologiques. Les mécanismes qui sous-tendent l'usure sont complexes, impliquant des interactions multiéchelles et multiphysiques et des constantes de temps multiples. La thèse vise à identifier les principaux déterminants d'usure, au-delà de la composition des matériaux, en utilisant les émissions comme indicateurs clé des flux de matière. Un premier volet de l'étude traite du développement d'une stratégie de réduction d'échelle originale, permettant de caractériser les déterminants d'usure sur un tribomètre pion-disque équipé d'une instrumentation inaccessible à échelle réelle. L'innovation méthodologique repose sur la reproduction du couplage tribologie - thermomécanique, essentielle à la compréhension des mécanismes sous-jacents. Une analyse comparative des comportements thermiques, thermomécaniques et tribologiques des deux systèmes, aux échelles réduite et réelle, a validé la méthodologie de mise à l'échelle. Les phénomènes physiques critiques ont été préservés, démontrant la robustesse de l'approche. La formation de bandes chaudes, l'évolution du frottement et les taux d'usure ont montré une forte correspondance entre les échelles, prouvant la capacité de la méthodologie à saisir les mécanismes tribologiques essentiels. Le deuxième volet examine les déterminants d'usure au-delà de la considération de perte de matière du matériau du patin, souvent incriminée dans les émissions, alors qu'il est montré ici que ce n'est pas le paramètre prépondérant. Ce volet intègre les concepts de la tribologie à 3 corps et décrit les mécanismes d'usure lors du freinage, en se concentrant sur l'interaction entre le circuit tribologique et les effets thermomécaniques. Utilisant une méthodologie comparative, une première variation a consisté à modifier la conception du matériau du patin de frein par le procédé d'élaboration sans changer la formulation. Les modifications apportées ont conduit à des patins de propriétés distinctes, affectant le triplet tribologique et ses performances. Il est montré qu'un contact mieux reparté et moins variable dans le temps limite l'usure du disque et les émissions de particules, même si ce peut être au détriment de l'usure du patin. Une seconde variation porte sur les conditions de sollicitations, montrant que la température, généralement incriminée dans l'usure et les émissions, peut avoir un effet inverse si elle reste limitée, favorisant là aussi la réduction des débits matière du circuit tribologique et la répartition des contacts. Un résultat important est la mise en évidence de l'influence de la pression d'application du frein, au-delà de la température. Une dernière analyse porte sur l'usure et les émissions dans des conditions d'usage conventionnelles du frein. Au-delà de l'énergie dissipée et de la température, l'influence de la variation de portance (phases de refroidissement inter-stations par exemple) et du niveau d'effort d'application sont de nouveaux mis en évidence. Le mode d'usage du frein mécanique est également souligné, pouvant consister en une application continue ou multiple. Un scénario des émissions durant le freinage, suivant son mode d'application et du niveau de sollicitation, est finalement proposé. Du point de vue applicatif, l'identification des déterminants d'usure permet d'envisager une optimisation du système frein et de son mode d'usage pour sa réduction, et en corolaire celle des émissions de particules. Du point de vue scientifique, cette identification associe la description en débit matière du circuit tribologique, les mécanismes de localisation de contact, les seuils de dégradation matériau et les paramètres de sollicitation. Elle peut être étendue aux émissions de particules en tant que fraction du débit d'usure.