



Offre de thèse

Mécanismes source d'émissions de particules en freinage, relation avec leurs effets écotoxicologiques, les mécanismes d'usure, le circuit tribologique et la sollicitation

Contexte

Les émissions de particules constituent un enjeu majeur pour l'environnement, la qualité de l'air et la santé publique. Dans le domaine des transports, depuis la réduction réalisée ces dernières années dans des émissions par les moteurs à combustion des véhicules terrestres, les émissions de particules induites par le frottement et l'usure apparaissent de plus en plus présentes, particulièrement en ce qui concerne le freinage par friction. Elles touchent tous les moyens de transports terrestres (route, rail), et sont plus critiques dans les milieux urbains ou les espaces confinés tels que les tunnels routiers, les métros, les gares. Les processus d'émissions induites par frottement et leur impact sur l'environnement sont encore méconnus.

Le sujet transdisciplinaire couple la tribologie et l'écotoxicologie pour aborder les émissions de particules fines et ultrafines par les contacts frottant dans le cas de couple de matériaux de friction utilisés en freinage et sous sollicitations de freinage.

L'étude sera menée dans le cadre d'une collaboration entre le Laboratoire de Mécanique Multiphysique Multiéchelle (LaMcube, Université de Lille, Centrale Lille, CNRS) qui a une longue expérience des phénomènes induits dans les contacts frottant sous sollicitation extrême, en particulier dans le cas du freinage, et le Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques de l'équipe Impact de l'environnement chimique sur la santé humaine (IMPECS) (Faculté de Pharmacie, Université de Lille), qui possède une longue expérience dans le domaine de l'écotoxicité et de la biosurveillance environnementale.

Objectifs

L'enjeu est l'identification et la compréhension des mécanismes tribologiques et écotoxicologiques, la source de ces émissions et de leurs effets sur le vivant, plus particulièrement sur les végétaux. Il est proposé d'analyser l'impact de l'évolution de l'interface et de l'activation des débits de troisième corps en relation avec les matériaux, les mécanismes d'usure, et l'usage, c'est-à-dire la sollicitation de freinage. Deux échelles de temps seront étudiées : la dépendance des émissions avec l'évolution du circuit tribologique lors d'un freinage ; l'effet de l'historique de freinage qui détermine l'évolution du comportement tribologique des matériaux de friction, les quantités et la nature du troisième corps impliqué dans le circuit tribologique.

Méthodologie

La recherche repose sur une approche expérimentale combinant des essais de freinages en laboratoire, des matériaux de friction élémentaires dont la formulation et le procédé sont contrôlés, et des analyses d'écotoxicité de particules prélevées selon les scénarii de freinage ou par exposition à l'émission in-situ de modèles végétaux. Les essais tribologiques seront réalisés à l'aide d'un tribomètre spécifiquement conçu pour reproduire en laboratoire des sollicitations de freinage rencontrées en service.

Les formulations matériaux simplifiées, développées spécifiquement en collaboration avec un partenaire industriel fabricant de garniture de frein, sont discernables par leur comportement à l'usure de manière à rendre accessible la compréhension de l'activation des mécanismes d'usure et l'identification des liens avec l'émission de particules.

L'analyse en écotoxicologie s'appuiera sur des essais normés (AFNOR, ISO) pour étudier les effets des différents types de particules émises sur des modèles végétaux reconnus en écotoxicologie. Ces essais,

qui simplifient les études et l'expologie, permettent une première approche des effets des particules de freinage sur le vivant. Des plantes inférieures (bryophytes), végétaux modèles représentant des écosystèmes dans le cadre des polluants atmosphériques, seront exploitées pour approfondir la compréhension des mécanismes écotoxiques par analyse morphologique (germination, croissance, couleur...) et l'utilisation de biomarqueurs d'exposition, d'effets et de génotoxicité.

L'analyse tribologique s'appuiera sur des analyses morphologiques et physicochimiques post-mortem des échantillons (disque et garniture) corrélées à l'observation in situ de l'évolution de la piste de frottement par thermographie infrarouge et en vidéo très rapide, exploités comme marqueurs de la dynamique de la sollicitation du contact (variation thermique, localisation) et de l'activation de débits de troisième corps (variation d'émissivité et de morphologie de surface, éjection de débris).

La dynamique temporelle des émissions de particules (concentration, distribution de taille) sera analysée en « temps réel » à l'aide d'un système de mesure haute fréquence de la granulométrie des particules, dans un large spectre de taille (5,6 nm à 10 µm), en corrélation avec la temporalité des phénomènes induits au contact pendant le freinage.

Profil recherché : ingénieur ou master, motivé par l'expérimental et le travail en équipe, ayant une expérience en recherche et un spectre de connaissances large, en mécanique, tribologie, science des matériaux et science du vivant. Une expérience et des compétences en mesure et instrumentation seront appréciées.

Financement : Contrat doctoral Centrale Lille, cofinancé par la région Hauts-de-France

Encadrement : Arnaud Beurain (LaMcube, CNRS), Ludivine Canivet (IMPECS, Université de Lille), Yannick Desplanques (LaMcube, Centrale Lille), Alexandre Mège-Revil (LaMcube, Centrale Lille).

Contacts :

yannick.desplanques@centralelille.fr,

alexandre.mege-revil@centralelille.fr

ludivine.canivet@univ-lille.fr