

Sujet de thèse 2023- CEMEF

TITRE	Couplage d'un nano-lubrifiant avec un revêtement cold spray en régime limite de lubrification
Modalités d'encadrement, de suivi de la formation et d'avancement des recherches du doctorant	Selon les règles de l'Ecole Doctorale SFA (Université de la Côte d'Azur) et de la Spécialité Doctorale « Mécanique Numérique et Matériaux » de l'Ecole des Mines de Paris : rapport et soutenance bibliographique (Février) puis rapport et soutenance d'avancement en 1 ^{ère} année, réunion du Comité de Suivi de Thèse en fin de 2 ^{ème} année.
Mots-clés	Tribologie, additives de lubrification, analyse de surface, nanoparticules, revêtements cold spray
Objectif Général	La thèse s'inscrit dans le cadre du projet <i>Elub-Mobility</i> financé par l'Agence Nationale de Recherche (ANR). Il vise à explorer une nouvelle solution de lubrification traitant à la fois la nature des surfaces en contact et les additifs de lubrification en vue de répondre aux normes environnementales qui imposent de réduire les pertes énergétiques dans le secteur automobile.
Contexte	<p>Les enjeux écologiques liés à la lutte contre la pollution sont au centre des préoccupations de notre société. Dans ce contexte, il a été mis en évidence que la détérioration de la qualité de l'air et l'augmentation de la quantité de gaz à effet de serre incombent en large partie au secteur des transports [1]. Par conséquent, les nouvelles technologies doivent soutenir l'évolution vers des véhicules « propres ». Dans la mesure où ils déterminent les performances des contacts tribologiques dans les moteurs et les systèmes de transmission, les lubrifiants et les revêtements de surface sont directement concernés par cette quête de la voiture propre.</p> <p>L'optimisation de l'efficacité des contacts tribologiques pour qu'ils répondent aux évolutions technologiques (électrification des moteurs, l'adoption des huiles à basse viscosité, etc.) devrait donc fournir une voie importante pour minimiser les pertes énergétiques dues au frottement et à l'usure [2]. Pour répondre à ce défi, une nouvelle solution sera envisagée dans le cadre de cette thèse : le couplage d'un lubrifiant à basse viscosité dopé aux nanoparticules [3] avec un revêtement métallo-céramique obtenu par projection à froid [4]. Le système proposé permettra (1) de fournir une protection élevée contre l'usure et la fatigue sous des régimes de lubrification sévères déclenchés par l'utilisation d'un lubrifiant à faible viscosité et (2) d'améliorer les performances thermiques et électriques du lubrifiant afin de répondre aux spécifications de la lubrification EV, grâce aux propriétés physiques des nanoparticules.</p>

Présentation détaillée

L'objectif de la thèse est d'étudier le comportement tribologique de contacts combinant un revêtement cold spray et un lubrifiant dopé aux nanoparticules en régime limite de lubrification. Nous nous intéressons dans un premier temps aux propriétés tribologiques du revêtement composite lubrifié avec une huile de base et une huile formulée afin d'analyser la capacité du revêtement à réduire le frottement et l'usure et à identifier le rôle de la matrice métallique et du renfort en céramique. Un intérêt particulier sera donné à la compréhension des mécanismes de formation de tribofilms protecteurs à la surface suite aux interactions avec les additifs. Dans un deuxième temps, nous nous intéresserons à explorer l'apport de l'ajout des nanoparticules dans le lubrifiant sur les performances tribologiques du contact. Les mécanismes d'interaction entre les différents ingrédients du système tribologique seront analysés avec la finalité d'établir une corrélation entre les propriétés des tribofilms formés (chimique et mécanique), la composition du lubrifiant et du revêtement, et les performances tribologiques du contact.

Le programme de travail de la thèse se décline en 3 axes :

Réalisation, finition et caractérisation des dépôts cold spray. Ce travail se fera en étroite collaboration avec le centre des Matériaux CMAT à Evry et le centre de recherche industrielle CRITT-TJFU. L'optimisation des paramètres de projection et des propriétés des poudres a été initiée dans le cadre d'un projet antérieur. Le doctorant s'appuiera sur ce travail pour optimiser davantage l'adhérence et la finition des revêtements.

Etude des propriétés tribologiques des revêtements en régime de lubrification limite. Ce travail consiste en (1) la réalisation d'essais tribologiques de type bille-plan et (2) l'Analyse et compréhension des mécanismes de lubrification faisant intervenir des interactions entre les nanoparticules, le package d'additif et les surfaces en contact

Etude de la durabilité des tribofilms. Ce travail sollicitera une platine d'essais micromécanique *in situ* MEB dont les développements actuels permettent de réaliser des essais d'indentation, de rayure et de compression en régime quasi statique. Il consiste à étudier les propriétés mécaniques des tribofilms formés.

Réf. bibliographiques

- [1] *The impact of tribology on energy use and CO2 emission globally and in combustion engine and electric cars.* Holmberg et al.: Tribol. Inter. 2019
- [2] *Hybrid and electric vehicle tribology: a review.* Hemanth G et al. Surf. Topogr.: Metrol. Prop. 9 043001, 2021
- [3] *Inhibition of Micro-pitting by Tribofilm-Forming ZrO2 Nanocrystal Lubricant Additives: A Micro-pitting Rig and Transmission Electron Microscope Study.* Lahouij et al. Tribol. Lett. 70 (1), 1-16, 2022
- [4] *Development of Metal-Ceramic-Lubricant Composite Coatings Obtained by Cold Spray for Tribological Applications in the Automotive Industry.* Garcin et al. Itsc2021p0561, pp. 561-568

Formation

*Nous offrons une formation à la pointe de la tribologie et des surfaces ; et un programme de recherche et d'enseignement stimulant et enrichissant dans un cadre privilégié.

Objectifs de valorisation	*Communication dans les congrès nationaux et internationaux, Publication dans les journaux scientifiques du domaine
Outils	<i>Essais sur tribomètres</i> <i>Méthodes de caractérisation de surface (MEB/EDX, XPS, TEM).</i> <i>Essais micromécaniques in situ MEB</i>
Type de contrat	Contrat doctoral de l'école des Mines de Paris (2044 euros bruts/mois)
Profil & compétences	<ul style="list-style-type: none"> - Ingénieur et/ou Master recherche en science des Matériaux - Goût pour le travail de développement expérimental ; pratique des techniques de caractérisation avancée - Une expérience en tribologie serait appréciée - Bon niveau de pratique du français et de l'anglais (niveau B2 ou équivalent minimum). - Bonnes capacités d'analyse, de synthèse, d'innovation et de communication. - Qualités d'adaptabilité et de créativité. - Motivation pour l'activité de recherche. - Projet professionnel cohérent.
Lieux	MINES Paris, CEMEF, Sophia Antipolis
Equipe(s) de recherche	Procédés, Surfaces, Fonctionnalités-PSF
Encadrant / Dir. de thèse	Imène Lahouij, Chargée de Recherches Ecole des Mines de Paris <i>imene.lahouij@minesparis.psl.eu</i> Pierre Montmitonnet, Directeur de Recherches CNRS (HDR) Frédéric Georgi, Ingénieur de Recherches CNRS Francesco Delloro, Chargé de Recherches Ecole des Mines de Paris (CMAT)
Consignes pour candidater	CV détaillé Lettre de motivation Deux lettres de recommandation ou contact de deux référents Relevés de notes des trois dernières années et classement dans la promotion

Pour postuler : Le dépôt de votre candidature se fait en ligne uniquement en remplissant le formulaire CEMEF en ligne sur : <https://applyfor.cemef.mines-paristech.fr/phd/>