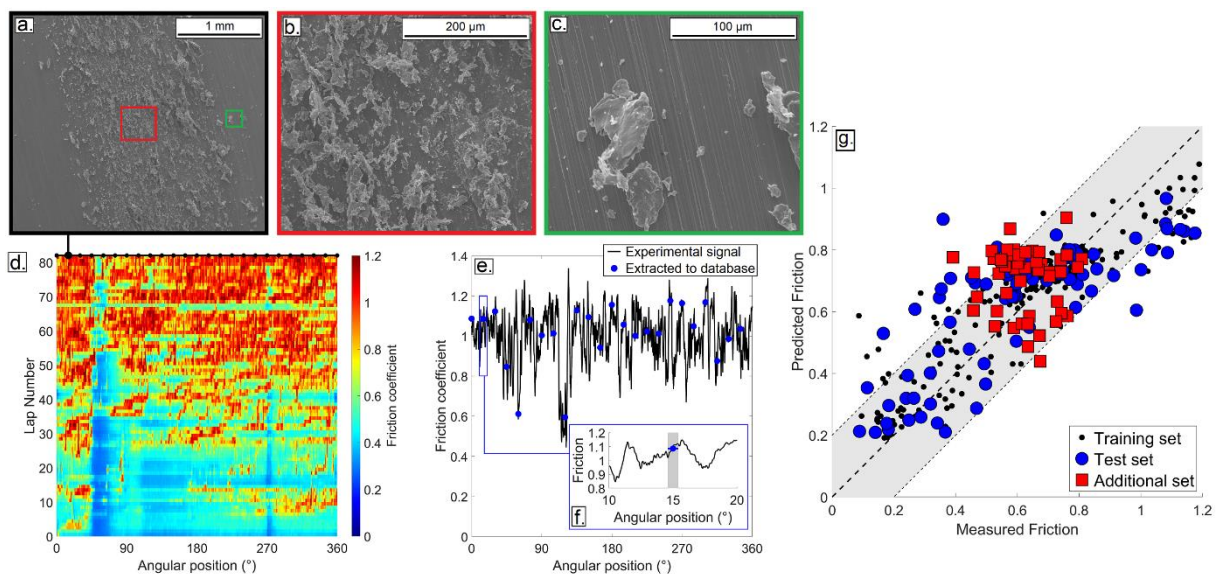


**Offre de thèse (financement assuré) – PhD offer (fully funded) :**

## **Prédiction du frottement par le Deep Learning informé par la physique**

### **Résumé (english below) :**

Le Laboratoire de Mécanique des Contact et des Structures (LaMCoS, Lyon, France) et le Laboratoire Georges Friedel (Saint Etienne, France) proposent une thèse de doctorat entièrement financée, à la croisée de la tribologie mécanique et de l'intelligence artificielle, qui s'appuiera sur la dynamique scientifique construite lors de précédentes thèses (Figure 1). Le frottement sec est au cœur d'un grand nombre de préoccupations technologiques et sociétales : il est à l'origine de dépenses énergétiques importantes (24% de l'énergie produite dans le monde) et de l'émission de particules d'usure ayant souvent un impact sur la santé humaine. Pour améliorer notre compréhension et notre contrôle du comportement des contacts mécaniques, ce projet de thèse se propose de construire deux modèles parallèles et indépendants de prédiction du frottement à partir des morphologies de surfaces acquises par imagerie microscopique (MEB). Le premier sera totalement empirique (Deep Learning explicable entraîné sur une base de données d'images expérimentales), et le second sera physique (mise en dialogue d'images expérimentales avec des résultats de simulations numériques particulières, par l'intermédiaire de descripteurs topographiques). La combinaison de ces deux approches constituera un travail très novateur dans le domaine de l'IA appliquée à la mécanique, et permettra d'améliorer à la fois notre compréhension et notre prédiction du frottement sec (Figure 2).



*Figure 1. Extraction de données à partir d'essais tribologiques (résultats issus d'un projet précédent); a. Image MEB de piste d'usure ; b. Zoom sur le centre de piste, utilisé pour extraire des informations texturales ; c. Zoom sur le bord de piste, utilisé pour extraire des informations particulières ; d. Carte de frottement de l'essai complet, en position angulaire sur le disque et en nombre de tours ; e. Signal de frottement lors du dernier tour, et positionnement des points d'observation MEB et de mesure de frottements (en bleu) ; f. Prédiction du frottement sur 14 de ces tests après entraînement d'une forêt aléatoire.*

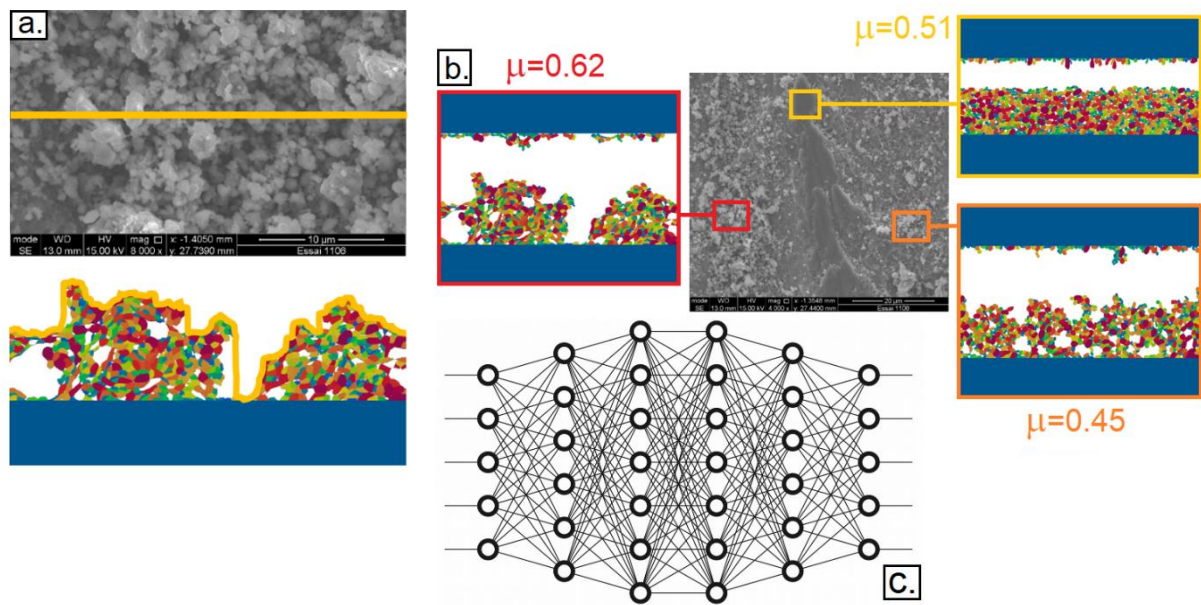


Figure 2. Prédiction du frottement assistée par un modèle physique. a. Extraction de descripteurs topographiques à partir de bases de données expérimentales et numériques (après ouverture de contact) ; b. Cartographie des coefficients de frottement locaux sur une surface frottée, et prédiction du coefficient global par intégration ; c. Architecture de réseau de neurone destiné à la prédiction empirique du frottement.

### Exemples de tâches à effectuer lors de la thèse :

- Réaliser une étude bibliographique détaillée.
- Réaliser des campagnes d'expérimentation tribologiques sur deux montages, dont l'un situé à l'intérieur du microscope électronique à balayage.
- Analyser les données issues de telles campagnes.
- Réaliser des campagnes d'imagerie multi-mode (microscopie optique ou électronique, mesures topographiques, etc.) afin de construire une base de données extensive de surfaces usées.
- Prendre en main, adapter, et entraîner un réseau de neurones convolutif explicable sur cette base de données.
- Extraire des descripteurs morphologiques et topographiques (i) des images acquises après les expériences, et (ii) d'une base de données de simulations numériques d'écoulements de troisième corps.
- Construire un modèle de correspondance entre ces deux sources de données.
- Valoriser scientifiquement les résultats obtenus par des publications et des conférences internationales.

**Lieu d'exercice :** Campus de La Doua, Villeurbanne (69), avec quelques séjours à Saint Etienne (42) ; mobilité internationale de quelques semaines/mois envisageable selon opportunités et envies du (de la) candidat(e)

**Calendrier :** Embauche sur 36 mois, Octobre 2024 à Septembre 2027

**Salaire :** net estimé à environ 2100 €/mois, à préciser (selon grilles fonction publique)

**Profil recherché :** Niveau master ou ingénieur (Bac + 5), avec une formation de bonne qualité en mécanique et/ou en physique, de solides bases en informatique et en traitement des données, et un intérêt pour les technologies d'IA et de Deep Learning.

**Pièces à fournir :** CV, notes de master ou équivalent, lettre de motivation une ou deux lettres de recommandations.

**Personnes à contacter pour convenir d'un entretien :**

Guilhem MOLLON ([guilhem.mollon@insa-lyon.fr](mailto:guilhem.mollon@insa-lyon.fr))

Sylvie DESCARTES ([sylvie.descartes@insa-lyon.fr](mailto:sylvie.descartes@insa-lyon.fr))

Johan DEBAYLE ([debayle@emse.fr](mailto:debayle@emse.fr))

**English version:**

## **Prediction of friction using Deep Learning informed by physics**

### **Summary:**

The Laboratory of Contact and Structure Mechanics (LaMCoS, Lyon, France) and the Laboratory Georges Friedel (LGF, Saint Etienne, France) propose a fully funded PhD thesis, at the intersection of Mechanical Tribology and Artificial Intelligence, which will take advantage of the momentum acquired during previous projects (Figure 1). Dry friction is at the heart of a large number of technological and societal issues: it is responsible for a large amount of energetic expenses (24% of the energy produced in the world) and for the emission of wear particles which often have an impact on human health. To improve our understanding and our control of the behaviour of mechanical contacts, this research project aims at building to parallel and independent models of prediction of friction based on surface morphologies acquired by Scanning Electron Microscopy (SEM). The first one will be fully empirical (explainable Deep Learning on a database of experimental images), and the second will be physical (dialog between experimental images and results of particle-based numerical simulations, through topographic descriptors). The combinations of these two sources of knowledge will be extremely innovative in the framework of AI applied to mechanics, and will make it possible to improve both our understanding and our prediction of dry friction (Figure 2).

### **Examples of research tasks to perform during the PhD thesis:**

- Realize a detailed literature survey.
- Realize experimental tribological campaigns on two different apparatus, one of them being located inside the SEM.
- Analyse the raw data from these campaigns.
- Realize multi-mode imagery campaigns (optical and electronic microscopy, topography, etc.) in order to build an extensive database of worn surfaces.
- Handle, adapt, and train an explainable Convolutional Neural Network on this database.
- Extract morphological and topographic descriptors of (i) the images acquired after experiments, and (ii) a numerical database of simulations of third body flows.
- Build a correspondence model between these two sets of data.
- Communicate on the obtained scientific results through publications and international conferences.

**Location:** Campus of La Doua, Villeurbanne (69), with short stays in Saint Etienne (42) ; international mobility of several weeks/months possible upon opportunities and will of the PhD candidate.

**Schedule:** 36 Moths contract, from October 2024 to September 2027

**Salary:** net salary estimated to ~2100 €/month, to be precised (based upon public service regulations)

**Desired background:** Master of Engineering or of Physics, with a high level training in mechanics and/or physics, solid skills in computer science, programming and data processing, and a personal interest for AI and Deep Learning technologies.

**Documents to provide:** CV, Master grades, Letter of motivation, one or two letters of recommendations.

**Persons to contact to plan an interview:**

Guilhem MOLLON ([guilhem.mollon@insa-lyon.fr](mailto:guilhem.mollon@insa-lyon.fr))

Sylvie DESCARTES ([sylvie.descartes@insa-lyon.fr](mailto:sylvie.descartes@insa-lyon.fr))

Johan DEBAYLE ([debayle@emse.fr](mailto:debayle@emse.fr))