*Auteur de la thèse : Fadlallah Abouhadid (fadlallah.abouhadid@ec-lyon.fr)*

**Aspects moléculaires du frottement limite : couplage entre structure des additifs   
et physico-chimie des surfaces**

**Résumé :**

Ce travail de thèse s'inscrit dans un contexte environnemental de diminution de l'émission de *CO2* et de réduction du frottement au sein des moteurs thermiques ou hybrides. Son objectif est ainsi de contribuer à la compréhension du frottement limite de couches adsorbées de polymères améliorant de l'indice de viscosité et de modificateurs de frottement organiques. Le couplage entre la structure moléculaire des additifs et la nature physico-chimique des surfaces, métalliques ou carbonées, est en particulier analysé.

À partir de solutions élémentaires et pour des surfaces de rugosité nanométrique identique mais de chimie différente, la formation de ces couches auto-assemblées, leur caractérisation mécanique et tribologique dans des conditions stationnaires et transitoires (variables au cours du temps), ont été étudiées grâce au tribomètre moléculaire ATLAS, dérivé d'un appareil à forces de surface développé au LTDS.

Les résultats montrent l'effet de la nature des surfaces sur l'organisation moléculaire des couches adsorbées : en particulier, la fonction chimique *ester* montre une meilleure affinité avec les surfaces carbonées, ce qui conduit à la formation de couches homogènes et stables. Le lien entre organisation moléculaire et frottement est illustré en présence d'un additif modificateur de frottement comprenant une ancre tri-*amine*, qui favorise l'interpénétration des couches limites. Enfin, les couches de polymères modificateurs de viscosité résistent mieux aux sollicitations de cisaillement, avec une moindre dépendance à la chimie de surface. L'origine du frottement de ces couches est discutée en en considérant une contribution interfaciale liée à leurs interactions de contact directes et une contribution liée à leur viscoélasticité. Ces processus sont à l'œuvre indépendamment. Une modélisation du frottement est proposée, décrivant l'effet de la charge normale et celui de la vitesse de glissement, pour ces différentes couches auto-assemblées.

**Mots-clés :** *frottement limite, couche auto-assemblée, polymère améliorant de l'indice de viscosité, modificateur de frottement organique, surfaces carbonées, appareil à forces de surface, nanotribologie*

*Thesis author : Fadlallah Abouhadid (fadlallah.abouhadid@ec-lyon.fr)*

**Molecular aspects of boundary friction: coupled effect between additives**

**and physico-chemistry nature of surfaces**

**Abstract :**

This work is part of a sustainable environment focus aiming to reduce friction and by extension *CO2* emissions, for hybrid and internal combustion engines. Its key objective is thus to contribute to the understanding of the boundary friction of adsorbed layers of polymeric viscosity index improvers and organic friction modifiers. In particular, the coupling between the molecular structure of the additives and the physico-chemical nature of the surfaces, i.e. metallic or carbonated, is analysed.

Starting from elementary solutions and for surfaces with identical nanometric roughness but different chemistry composition, the formation of these self-assembled layers, their mechanical and tribological characterisation under stationary and transient conditions, were studied, using ATLAS, a molecular tribometer derived from a surface force apparatus developed at the LTDS.

The results show the effect of the nature of the surfaces on the molecular organisation of the adsorbed layers: in particular, the *ester* chemical function shows a better affinity with carbonated surfaces, which leads to the formation of homogeneous and stable layers. The link between molecular organisation and friction is illustrated in the presence of a friction modifier containing a tri-*amine* anchor, which promotes the interpenetration of boundary layers. Finally, polymeric viscosity modifier layers are more resistant to shear stresses, and less dependent on surface nature. The origin of the friction of these layers is discussed by considering an interfacial contribution related to their direct contact interactions and a contribution related to their viscoelastic properties. These processes are at work independently. A friction model is proposed, describing the effect of the normal load and that of the sliding speed, for these different self-assembled layers.

**Keywords :** *boundary friction, self-assembled layers, viscosity index improvers, organic friction modifiers, carbonated surfaces, surface forces apparatus, nanotribology*