

Proposition de sujet de stage de Master Recherche 2019

Caractérisation du comportement visco-elasto-plastique d'un lubrifiant à l'échelle moléculaire dans un contact fortement chargé

Contexte

Dans de nombreux systèmes mécaniques, le transfert d'efforts entre deux corps en mouvement relatif s'effectue à travers un fluide lubrifiant. Les très faibles épaisseurs de film (quelques dizaines/centaines de nanomètres) sont couplées à de très fortes pressions (quelques gigapascals). L'évolution du frottement en fonction de la vitesse relative des surfaces montre rapidement un plateau (cf figure gauche : insert), expliqué dans la littérature par un changement de phase du lubrifiant. Des résultats récents obtenus au LamCoS ont mis en évidence des profils de vitesse homogènes et linéaires dans l'épaisseur du lubrifiant (cf figure gauche). Ces résultats posent la question des mécanismes physiques à l'origine du plateau de frottement.

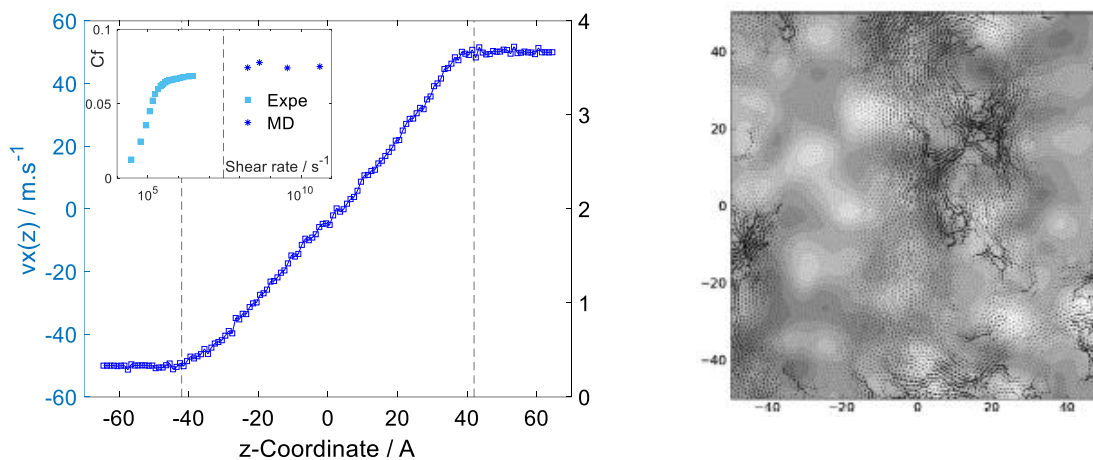


Figure : Gauche : profil de vitesse d'un lubrifiant en conditions nominales vitreuses (insert : coefficient de frottement en fonction du taux de cisaillement) [1]. Droite : cartographie du module de cisaillement sur laquelle sont superposés les déplacements non affines.

Sujet

A cause des conditions extrêmes, les expérimentations sont difficiles à mettre en œuvre. Les recherches se tournent donc vers des méthodes numériques de type Dynamique Moléculaire (DM). L'objectif final est d'identifier les mécanismes physiques à l'origine du plateau de frottement, en prenant en compte les aspects dynamiques, thermiques et rhéologiques. Il s'agira de prendre en main les outils de DM utilisés et développés au LaMCoS (code de calculs LAMMPS et outils de simulation coarse graining). L'enjeu consistera à appliquer aux simulations de DM discrètes des techniques de « coarse graining » permettant de lisser les champs de déplacement et de déformation calculés dans un échantillon [2]. Ces outils permettront de tirer des cartographies qui renseigneront sur la mobilité des molécules et qui mettront en évidence l'origine des déplacements dans un lubrifiant sous fortes pressions.

Profil souhaité et conditions

Le travail se déroulera au LaMCoS, à l'INSA de Lyon.

Le(La) candidat(e) sera idéalement issu(e) d'un parcours (Master et/ou Ingénieur) en physique de la matière condensée, mécanique des fluides/matériaux ou génie mécanique. Un goût pour la recherche et la modélisation numérique est attendu.

Contacts

Laetitia Martinie (laetitia.martinie@insa-lyon.fr), Anne Tanguy (anne.tanguy@insa-lyon.fr) et Gergely Molnar (gergely.molnar@insa-lyon.fr).

[1] A. Porras Vazquez et al. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 20(43), 27280-27293, 2018.

[2] M. Tsamados, A. Tanguy, C. Goldenberg et J-L Barrat., *Phys. Rev. E*, 80, 026112, 2009.

Characterization of visco-elasto-plastic behavior of a lubricant at the molecular level in a highly loaded contact

Context

In many mechanical systems, a lubricant ensures the power transmission between two contacting bodies in relative motion. The very small film thicknesses (a few tens / hundreds of nanometers) are coupled to very high pressures (a few gigapascals). The evolution of the friction as a function of the relative velocity of the surfaces rapidly shows a plateau (see left figure: insert), explained in the literature by a phase change of the lubricant. Recent results obtained in LaMCoS have shown homogeneous and linear velocity profiles in the lubricant thickness (see left figure). These results raise the question of the physical mechanisms originating the friction plateau.

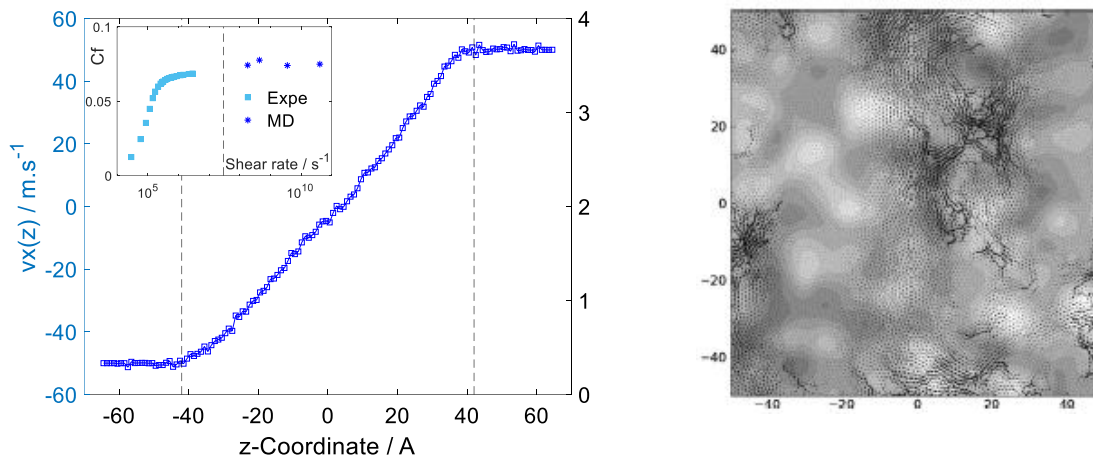


Figure : Left: velocity profile of a lubricant in glassy nominal conditions (insert: friction coefficient as a function of shear rate) [1]. Right: cartography of the shear modulus on which the non-affine displacements are superimposed.

Subject

Due to extreme conditions, experiments are difficult to implement. Therefore, this work focuses on numerical methods as Molecular Dynamics (MD). It aims at identifying the physical mechanisms behind the friction plateau, taking into account dynamic, thermal and rheological aspects. The first step will be to get familiar with the MD tools used and developed in the LaMCoS (computation code LAMMPS and coarse graining simulation tool). Then, the challenge will be to apply to discrete MD simulations coarse graining techniques in order to smooth the displacement and deformation fields computed in a sample [2]. These tools will make it possible to obtain cartographies that will provide information on the mobility of molecules. It will highlight the origin of displacements in a lubricant submitted to high pressure.

Desired profile and conditions

This internship will be held at LaMCoS, INSA Lyon.

The candidate will be involved in a master or engineer degree in condensed matter physics, fluid mechanics, material science or mechanics. He/she should show an interest for numerical models.

Contacts

Laetitia Martinie (laetitia.martinie@insa-lyon.fr), Anne Tanguy (anne.tanguy@insa-lyon.fr) et Gergely Molnar (gergely.molnar@insa-lyon.fr).

[1] A. Porras Vazquez et al. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 20(43), 27280-27293, 2018.

[2] M. Tsamados, A. Tanguy, C. Goldenberg et J-L Barrat., *Phys. Rev. E*, 80, 026112, 2009.