

## Caractérisation d'un plastifiant dans un contact EHD par spectroscopie Brillouin

Un rapport récent a établi qu'environ 23 % de la consommation totale d'énergie dans le monde provenaient de contacts tribologiques, entre autres lubrifiés. La facture énergétique qui en résulte en France s'élève à plusieurs pour cent du PIB. En particulier, les mécanismes les plus critiques impliquent des **contacts fortement chargés**, qui provoquent une **dissipation d'énergie très élevée**.

Une des raisons de ce constat est la mauvaise compréhension du **comportement du lubrifiant** qui sépare les solides en contact. En effet, il est encore aujourd'hui caractérisé de manière très empirique, et sa contribution au frottement, donc à l'énergie dissipée, reste mal comprise. C'est en grande partie dû aux conditions expérimentales sévères qui rendent toute mesure physique du fluide très difficile. Typiquement dans un contact fortement chargé, une très fine épaisseur de fluide ( $\sim 100$  nm) traverse le contact en moins de  $10^{-4}$  s, est soumise à des pressions supérieures au **GPa** et génère des contraintes de cisaillement pouvant dépasser une **centaine de MPa**. Dans ces conditions de fortes pressions, approchant ou dépassant la pression de **transition vitreuse** des lubrifiants, des résultats préliminaires ont montré une corrélation entre la vitrification du lubrifiant, mesurée au repos, et le frottement macroscopique mesuré dans le contact.

Pour réduire le frottement, des **additifs plastifiants** peuvent être ajoutés au lubrifiant. Ils permettent de repousser la transition vitreuse, et donc de potentiellement réduire significativement les pertes d'énergie. Cependant les mesures de frottement disponibles dans la littérature ne permettent pas de comprendre précisément leur rôle dans le contact, ce qui limite l'optimisation de la formulation des huiles additivées.

Ce projet vise à améliorer notre compréhension du comportement des additifs plastifiants dans des contacts lubrifiés fortement chargés, en **régime EHD** (élastohydrodynamique). La démarche envisagée se veut exploratoire.

Ce projet nécessitera une **première étape bibliographique** pour identifier le couple {lubrifiant-plastifiant} à étudier.

L'enjeu expérimental sera ensuite de réaliser des essais sur un **tribomètre** couplé avec un banc de **spectroscopie Brillouin**. Le frottement mesuré macroscopiquement sur le tribomètre pourra donc être directement comparé aux spectres Brillouin mesurés simultanément et représentatifs du comportement local du lubrifiant dans le contact.

Une troisième étape de **calibration** hors contact du système {lubrifiant + plastifiant} par rapport à la pression pourra être enfin envisagée. Elle permettrait d'isoler l'influence de la pression sur le système étudié. Comparée aux mesures de l'étape précédente, cette calibration permettra de mettre en lumière l'influence des processus dynamiques dans le contact.

### **Profil étudiant(e) recherché**

Le(la) candidat(e) retenu(e) bénéficiera d'un contrat d'1 an financé par le groupe TOTAL ENERGIES. Le travail se déroulera au LaMCoS (<http://lamcos.insa-lyon.fr>), à l'INSA de Lyon.

Le(la) candidat(e) retenu(e) aura idéalement réalisé un doctorat expérimental en physique des fluides par des méthodes de spectroscopie. Il(elle) devra avoir de solides bases en optique.

Il(elle) devra se montrer polyvalent(e), et être prêt(e) à s'impliquer dans différents domaines de la physique (lubrification, rhéologie, physique de la matière condensée, ...). Il(elle) devra montrer un goût prononcé pour l'expérimentation.

### **Contacts**

Hakim El Bahi	Tél +33 (0)4 78 02 60 27	hakim.el-bahi@totalenergies.com
Laetitia Martinie	Tél +33 (0)4 72 43 84 48	laetitia.martinie@insa-lyon.fr
David Philippon	Tél. +33 (0)4 72 43 82 89	david.philippon@insa-lyon.fr

## Caractérisation d'un plastifiant dans un contact EHD par spectroscopie Brillouin

A recent report established that around 23% of the world's total energy consumption comes from tribological contacts, including lubrication. The resulting energy bill in France amounts to several percent of GDP. In particular, the most critical mechanisms involve **highly loaded contacts**, which result in **very high energy dissipation**.

One of the reasons for this is a poor understanding of the **behavior of the lubricant** that separates the solids in contact. Even today, it is characterized very empirically, and its contribution to friction, therefore to dissipated energy, remains poorly understood. This is largely due to the severe experimental conditions that make any physical measurement of the fluid very difficult. Typically, in a highly loaded contact, a very thin layer of fluid ( $\sim 100$  nm) passes through the contact in less than  $10^{-4}$  s, experiences pressures of a **GPa** and generates shear stresses that can exceed **a hundred MPa**. At such high pressure, approaching or exceeding the **glass transition** pressure of lubricants, preliminary results have shown a correlation between the lubricant glass transition measured at rest, and the macroscopic friction measured in the contact.

To reduce friction, **plasticizing additives** can be added to the lubricant. They delay its glass transition, and thus potentially significantly reduce energy losses. However, the friction measurements available in the literature do not provide a clear understanding of their role in contact, which limits the optimization of additive oil formulations.

This project aims to improve our understanding of the behavior of plasticizing additives in highly loaded lubricated contacts, in the **EHD** (elastohydrodynamic) regime. The proposed approach is exploratory.

This project will require an **initial bibliographical step** to identify the {lubricant + plasticizer} systems to be studied.

The experimental challenge will then be to perform tests on a **tribometer** coupled with a **Brillouin spectroscopy** setup. The friction measured macroscopically on the tribometer will then be directly compared with the Brillouin spectra measured simultaneously and representative of the local behavior of the lubricant in the contact.

The third step will consist in **calibrating** out of contact the {lubricant + plasticizer} systems with respect to pressure. This should enable to isolate the influence of pressure on the systems studied. Compared with the measurements from the previous step, this calibration will highlight the influence of dynamic processes in the contact.

### **Desired student profile**

The successful candidate will benefit from a 1-year contract financed by the TOTAL ENERGIES group. The work will take place at the LaMCoS (<http://lamcos.insa-lyon.fr>), INSA de Lyon.

The successful candidate will ideally have completed an experimental PhD in fluid physics using spectroscopic methods. He/she should have a solid background in optics.

He/she should be versatile, and willing to get involved in different areas of physics (lubrication, rheology, condensed matter physics, etc.). He/she should have a strong taste for experimentation.

### **Contacts**

Hakim El Bahi	Tél +33 (0)4 78 02 60 27	hakim.el-bahi@totalenergies.com
Laetitia Martinie	Tél +33 (0)4 72 43 84 48	laetitia.martinie@insa-lyon.fr
David Philippon	Tél. +33 (0)4 72 43 82 89	david.philippon@insa-lyon.fr