

## Déformations en cisaillement sous hautes pressions de polyphosphates de zinc et de nanoparticules.

La diminution de la pollution due à l'activité du transport constitue un enjeu important de notre société. Le secteur de l'automobile est tout particulièrement concerné.

La réduction de l'usure dans les moteurs est actuellement assurée par le dithio-dialkyl-phosphate de zinc (ZDDP), additif de lubrification aux propriétés anti-usures et anti-oxydantes remarquables, mais très nocif pour la santé et l'environnement en raison des émissions soufrées et phosphorées dont il est responsable. Compte tenu des réglementations internationales toujours plus sévères en matière d'émissions polluantes, le développement de nouveaux additifs de lubrification apparaît donc comme une priorité.

Le sujet de thèse que nous proposons en collaboration entre le Laboratoire de Tribologie et de Dynamique des Systèmes (LTDS) de l'Ecole Centrale de Lyon (ECL) et le Laboratoire des Sciences de la Terre (LST) de l'ENS Lyon s'articule autour d'un nouvel équipement qu'est la cellule à enclumes de diamant avec enclumes rotatives (cellule rotationnelle). L'objectif à travers de cette cellule est de mener des études *in-situ* permettant d'appréhender le plus précisément possible les mécanismes d'action des additifs de lubrification. L'accent sera mis sur l'étude des polyphosphates de zinc, matériaux modèles du tribofilm de ZDDP ainsi que sur les nanoparticules, matériaux à fort potentiel d'un point de vue tribologique.

Concernant les polyphosphates de zinc, des expériences de spectroscopie Raman *in-situ* effectuées avec la cellule rotationnelle seront réalisées afin d'identifier précisément l'effet combiné de la pression et du cisaillement sur l'évolution structurale de ces composés (polymérisation, amorphisation, transitions de phases). Des expériences de Tribologie-Raman *in-situ* seront également menées sur ces composés. Elles viendront en complément de celles réalisées avec la cellule rotationnelle et permettront de confronter les résultats issus de la modélisation expérimentale fine de la sollicitation mécanique à ceux obtenus dans des conditions proches de la réalité. Des campagnes d'expériences d'absorption X *in-situ* pourront être envisagées afin de mettre en évidence un éventuel changement de coordination du cation métallique dans les conditions du frottement. La nouvelle cellule pourra en effet être montée sur la ligne ID 24 de l'ESRF de Grenoble.

Concernant les nanoparticules, l'accent sera mis sur l'effet du taux de cisaillement sur i) la cinétique d'exfoliation des fullerènes inorganiques de type WS<sub>2</sub> et MoS<sub>2</sub>, ii) la détérioration des nanotubes de carbone.

L'objectif final visé est une nouvelle avancée significative dans la compréhension du mode d'action des additifs de lubrification dans le but de leur remplacement par des solutions moins polluantes.

Contacts : Fabrice Dassenoy (LTDS/ECL): [fabrice.dassenoy@ec-lyon.fr](mailto:fabrice.dassenoy@ec-lyon.fr)

Bruno Reynard (LST/ENS) : [bruno.reynard@ens-lyon.fr](mailto:bruno.reynard@ens-lyon.fr)

Le Laboratoire de Tribologie et de Dynamique des Systèmes (LTDS) de l'Ecole Centrale de Lyon (ECL) et le Laboratoire des Sciences de la Terre (LST) de l'ENS Lyon ont utilisé la cellule à enclumes de diamant dans le but de mieux appréhender les mécanismes d'action des additifs de lubrification [1-3]. L'optimisation des propriétés de ces additifs de lubrification requiert une meilleure compréhension de leur transformation et de leur cinétique de transformation non seulement sous pression mais aussi sous l'action combinée de la pression et du cisaillement. Le LST développe en collaboration avec Villetaneuse une toute nouvelle cellule à enclume de diamant rotationnelle permettant de cisailier un échantillon sous

très fortes contraintes (GPa). En faisant appel à la même approche analytique in-situ que celle présentée précédemment, les mécanismes d'action des additifs de lubrification classiques et originaux (polyphosphates de zinc et nanoparticules) pourront être beaucoup mieux appréhendés. La confrontation entre les résultats expérimentaux et ceux issus d'études théoriques sera alors possible. L'étude des propriétés lubrifiantes de nanoparticules sera également abordée, l'accent sera mis sur l'effet du taux de cisaillement sur i) la cinétique d'exfoliation des fullerènes inorganiques de type  $WS_2$  et  $MoS_2$ , ii) la détérioration des nanotubes de carbone [1-2,4].