

# MESURE DU CISAILLEMENT DE COUCHES PHOSPHOLIPIDES CONFINÉES PAR RECOUVREMENT DE FLUORESCENCE APRES PHOTOBLANCHIMENT PERIODIQUE (FRAPP)

Li FU<sup>1</sup>, Anne RUBIN<sup>1</sup>, Damien FAVIER<sup>1</sup>, Thierry CHARITAT<sup>1</sup>, Christian GAUTHIER<sup>1</sup>

*Université de Strasbourg – Institut Charles Sadron/UPR 22 CNRS – Strasbourg – France*

## MOTS CLES

Couche phospholipide, Confinement, Plan de glissement, Humidité relative

## INTRODUCTION

Les recherches sur la lubrification en régime limite se sont beaucoup développées avec l'émergence et le développement des systèmes micromécaniques modernes, comme les systèmes micro et nano-électromécaniques (MEMS/NEMS) [1]. En même temps, les contacts biologiques tels que les surfaces de cartilage articulaire des genoux humains opèrent souvent dans des conditions difficiles : la compression de l'articulation sous charge élevée et à faible vitesse conduit à un régime de lubrification limite [2]. La nature a produit des systèmes de lubrifiant à base d'eau qui surclassent de loin les meilleurs dispositifs artificiels [3]. Un coefficient de frottement aussi bas que 0,002 a été rapporté pour un contact de surfaces de cartilage [4]. Les structures de la bicouche phospholipide, qui sont soumises à une hydratation stérique et des fluctuations thermiques, jouent un rôle important dans les mécanismes de lubrification dans quasiment tous les contacts biologiques. Néanmoins, il y a peu de travaux qui ont montré des résultats quantitatifs sur les aspects tribologiques des bicouches phospholipides car c'est un réel challenge instrumental.

## ETUDE DU CISAILLEMENT DE COUCHES PHOSPHOLIPIDES CONFINÉES

La question fondamentale est de savoir s'il est possible de déterminer expérimentalement le taux de cisaillement qui contrôle le cisaillement moyen  $\tau_{\text{moy}}$  dans le contact. Pour y répondre nous avons réalisé un nouveau couplage expérimental NanoTribo-FRAPP [5] entre :

- un nanotribomètre intégrant la vision in situ du contact qui pilote le confinement [6] ;
- un montage de FRAPP (Fluorescence Recovery After Patterned Photobleaching) qui permet l'étude de la diffusion de molécules.

Dans cette étude, la molécule utilisée est le DSPC (1,2-dioctadecanoyl-sn-glycero-3-phosphocholine), avec 1% de molécules fluorescentes NBD PE (1,2-dipalmitoyl-sn-glycero-3-phosphoethanolamine-N-(7-nitro-2-1,3-benzoxadiazol-4-yl)). Deux systèmes ont été étudiés : la monocouche et la tri-couche. Elles sont déposées sur des lames de verres standards pour microscope par la méthode de Langmuir-Blodgett.

On observe que les deux systèmes conduisent à une grande réduction du frottement. La tri-couche rend le coefficient de frottement plus faible que la monocouche sous la même pression. Le couplage NanoTribo-FRAPP, on peut avoir accès au profil de vitesse des couches, et les plans de cisaillement entre les couches ont été localisés dans les différentes conditions.

Des mesures de réflectivité neutrons menées en parallèle sur des monocouches et des tricouches ont montré une nette influence des conditions d'humidité sur la structure de ces dernières. Pour la tri-couche, une couche d'eau entre la deuxième et la troisième couche de molécules DSPC semble jouer un rôle important dans la réponse en cisaillement. Le montage de NanoTribo-FRAPP va être équipé d'une chambre climatique afin d'étudier les plans de glissement des couches phospholipidiques en fonction du taux d'humidité relative.

## CONCLUSION

L'étude du cisaillement de couches phospholipides confinées par le nouveau montage NanoTribo-FRAPP permet d'identifier simultanément i) le coefficient de frottement apparent d'un contact microscopique dans les différentes conditions, ii) le profil de vitesse des couches interfaciales à l'échelle nanométrique.

Ces premiers essais conduisent une étude qui permettra de mieux comprendre l'évolution de la structure des couches phospholipides supportées en fonction de l'humidité relative et son rôle dans la lubrification limite de ce système.

## Références

- [1] H. Liu, B. Bhushan (2003) « *Nanotribological characterization of molecularly thick lubricant films for applications to mems/nems by afm* », *Ultramicroscopy*, **97**(1), pp. 321-340.
- [2] T. Murakami, Y. Sawae, K. Nakashima, S. Yarimitsu, and T. Sato. (2007) « *Micro- and nanoscopic biotribological behaviours in natural synovial joints and artificial joints* » *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part J-Journal of Engineering Tribology*, **221**(J3), pp. 237–245.
- [3] M. Urbakh, J. Klafter, D. Gourdon, and J. Israelachvili (2004) « *The nonlinear nature of friction* » *Nature*, **430**(6999), pp.525–528.
- [4] M. Daniel (2004) « *Boundary cartilage lubrication : review of current concepts* », *Wiener Medizinische Wochenschrift*, **164**(5-6), pp. 88–94.
- [5] L. Fu, D. Favier, T. Charitat, C. Gauthier, and A. Rubin (2016), « *A new tribological experimental set-up to study confined and sheared monolayers* », accepted for publication in *Review of Scientific Instruments*.
- [6] C. Gauthier and R. Schirrer (2000) « *Time and temperature dependence of the scratch properties of poly(methylmethacrylate) surfaces* », *Journal of Materials Science*, **35**(9), pp. 2121–2130.