

Etude des propriétés mécaniques de films minces par une technique de gonflement

DIRECTRICE DE THÈSE : ANNE RUBIN

TEL : 03 88 41 40 28 ; E-MAIL : ANNE.RUBIN@ICS-CNRS.UNISTRA.FR

CO-DIRECTEUR DE THESE : CHRISTIAN GAUTHIER

INSTITUT CHARLES SADRON, 23, RUE DU LÈSS, 67034 STRASBOURG

TEL : 03 88 88 41 40 85 ; E-MAIL : CHRISTIAN.GAUTHIER@ICS-CNRS.UNISTRA.FR

CO-ENCADRANT : MATHIEU SOLAR

TEL : 03 88 41 41 78 ; E-MAIL : MATHIEU.SOLAR@ICS-CNRS.UNISTRA.FR

La physique des films minces et leurs comportements rhéologiques sous contraintes sont fortement influencés par les phénomènes de surfaces. Deux systèmes expérimentaux ont été récemment développés à l'ICS pour des films, solides et liquides, dont les échelles font intervenir les tensions interfaciales.

Le premier dispositif est dédié à l'étude du caractère viscoélastique de films de polymère ultra-mince (10-100 nm). Le montage consiste à appliquer, par différence de pression, une contrainte contrôlée à un film suspendu au-dessus d'une grille de trous de taille micrométrique selon la méthode proposée par le Prof. G. McKenna [1]. Aux faibles taux de flexion du film correspondant à des valeurs faibles de la pression de gonflement, un profil sphérique des bulles est observé par techniques interférométriques. Dans ce régime, le film peut être considéré comme élastique peu visqueux et la tension de surface n'influence pas le profil. Quelques solutions théoriques classiques existent en élasticité linéaire isotrope et constituent un excellent point de référence. Néanmoins pour des pressions de gonflement plus importantes, appliquées sur des temps de mise en charge plus longs, de nombreux phénomènes viennent contribuer à la non-linéarité du problème. Le second dispositif est dédié à l'étude de films liquides [2] pour lesquelles la stabilité contre la rupture est assurée par des agents stabilisants (tensio-actifs, protéines, lipides, polymères, etc.), qui créent une monocouche à la surface.

Dans les deux cas, les propriétés mécaniques et la complaisance sont obtenues par gonflement. L'étape actuelle est d'imposer au film une vibration sur une gamme de fréquences contrôlées à l'instar d'une DMA. L'apport d'une modélisation plus fine et d'une analyse numérique par éléments finis est donc essentielle pour comprendre ces comportements rhéologiques en étudiant des films de polymères, qui vont solidifier pendant la mesure et simuler des films d'une mousse qui est en train de solidifier. Il est alors souhaitable d'analyser, i) le fluage volumique du film, les décollements possibles du film en certains endroits du substrat et la contribution grandissante des énergies de surface à mesure que le film gonfle (i.e., les causes possibles de l'observation d'un profil de bulles perdant sa sphéricité pour le premier cas); ii) la rhéologie de la monocouche d'agents stabilisant un film liquide.

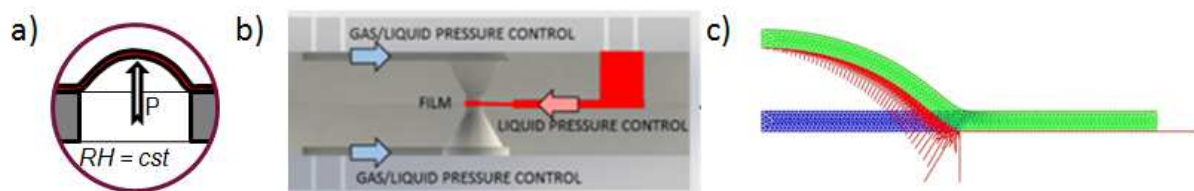


Figure : a) gonflement de films ultra-minces de polymères ; b) "balance à films liquides" avec contrôle de l'épaisseur ; c) débuts de simulations par éléments finis du procédé de caractérisation mécanique [3]. Un film mince parfaitement élastique est considéré, et est gonflé par une pression suiveuse (flèches rouges). Ce film repose sur un substrat rigide et adhère parfaitement à ce substrat.

[1] P. A. O'Connell, G. B. McKenna, Science 18, 1760 (2005).

[2] C. Stubenrauch, R. von Klitzing, J. Phys.: Condens. Matter 15 R1197 (2003).

[3] Cast3m (CEA), www-cast3m.cea.fr.