

Proposition de sujet de thèse ED CNAM (date des candidatures 17 juin, auditions 28 juin)

Démouillage de films minces de polymères au sein d'une matrice immiscible

Direction de thèse : G. Miquelard-Garnier, co-encadrement : J. Peixinho

Un phénomène bien connu de la littérature est le démouillage de films ultra-minces de polymères amorphes. Lorsque ces films sont déposés sur un substrat avec lequel ils n'ont pas d'affinités et chauffés au-dessus de leur température de transition vitreuse, ils finissent par se « trouser » spontanément. Ces trous grandissent ensuite avec une certaine vitesse jusqu'à coalescer, la matière initialement contenue dans le film se retrouvant localisée dans des gouttelettes micrométriques. Les mécanismes de rupture, comme les cinétiques de croissance, ont été dans les cas usuels étudiés depuis une vingtaine d'années et les premiers travaux théoriques de F. Brochard. [1]

L'équipe Polymères & Composites a développé depuis 2015 un dispositif permettant d'étudier le démouillage de films ultra-minces entre deux couches du même polymère (ici le polyméthacrylate de méthyle), immiscible avec celui constituant le film (ici le polystyrène). Ce système expérimental « tricouches » a montré un comportement physique sensiblement différent de ceux discutés plus haut. [2, 3] Il nous permet d'améliorer notre compréhension des mécanismes physiques mis en jeu lors d'un procédé innovant développé au laboratoire, la coextrusion multicouches, et notamment les défauts et instabilités qui apparaissent lorsque le procédé est poussé à ses limites. [4] Précédemment, un modèle simple a pu être développé, permettant de décrire dans le cas symétrique (même épaisseur pour les 2 couches externes) la cinétique de démouillage, en comparant force capillaire et dissipation visqueuse. Il a notamment été montré que celle-ci s'étend sur des distances très importantes. [2, 3]

Dans le cadre de ce travail on se propose de tester plus systématiquement ce système et ainsi raffiner notre premier modèle. Par exemple, on s'intéressera à l'étude du cas asymétrique. Que se passe-t-il lorsque les 2 couches externes sont d'épaisseurs différentes ? On pourra notamment corrélérer les résultats expérimentaux obtenus à une étude théorique. [5] D'autre part, l'un des paramètres intervenant dans le modèle développé est la tension interfaciale. On cherchera d'une part à la faire varier systématiquement par l'ajout aux interfaces de copolymères bien définis mais aussi à la mesurer expérimentalement en utilisant une platine rhéo-optique récemment achetée par le laboratoire. Le troisième point consistera à étudier l'effet de taille finie du système en s'intéressant à des substrats de module différents, pouvant donner lieu à du glissement.

Cette étude permettra notamment d'acquérir des connaissances fondamentales sur la physique des films minces et des interfaces polymères fondus, mais également de mieux comprendre les évolutions de morphologies de mélange dans un procédé de mise en œuvre des thermoplastiques ou encore des aspects de microfluidique de systèmes multiphasés.

Ce travail est l'objet d'une collaboration notamment avec T. Salez (LOMA, Bordeaux) et J.D. McGraw (ESPCI, Paris) qui apporteront leur aide sur l'aspect modélisation physique et s'inscrit dans le cadre plus large de la compréhension fine du procédé de coextrusion multicouches porté par C. Sollogoub. Pour l'aspect « tensioactif », on pourra bénéficier de l'expertise Arkema via I. Iliopoulos.

[1] F. Brochard-Wyart, P. Martin, C. Redon, Langmuir, 1993

[2] Y. Zhu, A. Bironeau, F. Restagno, C. Sollogoub, G. Miquelard-Garnier, Polymer, 2016

[3] M. Chebil, J.D. McGraw, T. Salez, C. Sollogoub, G. Miquelard-Garnier, Soft Matter, 2018

[4] A. Bironeau, T. Salez, G. Miquelard-Garnier, C. Sollogoub, Macromolecules, 2017

[5] R. Lenz, S. Kumar, Journal of Colloid and Interfacial Science, 2007