

# Utilisation du flambement d'une membrane pour l'étude des contraintes de séchage

François Boulogne<sup>1,2</sup>, Yong Lin Kong<sup>2</sup>, Janine K. Nunes<sup>2</sup> & Howard A. Stone<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Physique des Solides, CNRS, Univ. Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Orsay 91405, France

<sup>2</sup> Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Princeton University, Princeton, NJ 08544

francois.boulogne@u-psud.fr

Le séchage d'une suspension colloïdale fait partie intégrante de nombreux procédés technologiques qui mettent en jeu des substrats de plus en plus complexes tels que des élastomères ou la peau d'être-vivants. Lors du séchage d'une suspension colloïdale, des contraintes de tension émergent, ce qui peut générer la formation de fractures, la délamination du dépôt ou encore la déformation du substrat. Par ailleurs, ces dernières années, il a été montré que la tension de surface d'un liquide peut engendrer la déformation de films minces [1], en particulier sous forme de flambement d'anneaux [2] ou de disques [3,4] flottant à la surface d'un liquide.

Dans notre étude, nous proposons d'utiliser la mécanique de films minces et en particulier le flambement dont la théorie a été développée récemment [3,4], pour sonder les contraintes qui émergent de suspensions en consolidation [5]. Pour cela, nous utilisons des disques d'élastomères flottant sur un bain d'eau et nous déposons une goutte aqueuse contenant des particules de silice nanométriques à une fraction volumique initiale de 15 %.

En ce qui concerne les contraintes de séchage, il est maintenant connu qu'elles diminuent avec l'augmentation de la taille des particules [6]. Désormais, avec le système que nous avons développé, la précision nous permet de sonder l'effet de la polydispersité de la suspension sur les contraintes. Nous avons mis en évidence que l'ajout d'une faible quantité de particules 10 fois plus grosses à une suspension permet d'obtenir des contraintes équivalentes à une suspension composée uniquement de ces grosses particules. Ceci nous a montré que pour des particules ayant une certaine distribution en taille, la queue de distribution pilote les contraintes de séchage, et non la valeur moyenne souvent considérée. Ces résultats sont appuyés par l'analyse des mécanismes physiques générant ces contraintes dont les prédictions sont en accord avec les observations.

Nous pensons que ces résultats sont d'un enjeu majeur pour permettre de mieux contrôler les propriétés des dépôts. En effet, nous illustrons l'effet de l'ajout d'une petite quantité de grosses particules sur le phénomène de délamination qui s'avère être fortement réduit par l'ajout de 0.3 % de ces grosses particules. Ainsi, cette stratégie possède l'avantage de conserver à l'identique la composition chimique de la suspension, tout en ajustant les forces de tension dans les dépôts.

## Références

1. B. Roman and J. Bico, *Journal of Physics : Condensed Matter*, **22**, 493101 (2010).
2. M. Pineirua, N. Tanaka, B. Roman and J. Bico, *Soft Matter*, **9**, 10985–10992 (2013).
3. J. Huang, M. Juskiewicz, W. De Jeu, E. Cerda, T. Emrick, N. Menon and T. Russell, *Science*, **317**, 650–653 (2007).
4. B. Davidovitch, R. Schroll, D. Vella, M. Adda-Bedia and E. Cerda, *PNAS*, **108**, 18227–18232 (2011).
5. F. Boulogne, Y.L. Kong, J.K. Nunes and H.A. Stone, *Physical Review Letters*, **116**, 238001 (2016).
6. F. Boulogne and H.A. Stone, *EPL*, **108**, 19001 (2014).