

Dégonflement de surfaces élastiques sphériques

Catherine Quilliet, François Quémeneur, Philippe Marmottant, & Brigitte Pépin-Donat

¹ Lab. Spectrométrie Physique, Univ. J. Fourier Grenoble I & CNRS

² DSM/INAC/SPrAM/LEMOH, CEA Grenoble

Catherine.Quilliet@ujf-grenoble.fr

La déformation de coques sphériques par dégonflement est un problème suffisamment complexe pour qu'il n'ait existé, jusqu'à récemment, que peu de résultats pour les grandes déformations. Je vais présenter une étude numérique de surfaces sphériques avec élasticité de courbure et élasticité de déformation dans le plan, auxquelles on impose une diminution de leur volume. Cette étude permet de retrouver les lois d'échelle issues des travaux de Landau sur les petites déformations de coques sphériques minces d'un matériau isotrope (flambage avec apparition d'une dépression de taille caractéristique \sqrt{dR} , où d est l'épaisseur et R le rayon de la coque, pour une surpression extérieure $P_c \propto Y_{3D} \left(\frac{d}{R}\right)^2$, où Y_{3D} est le module d'Young du matériau). Pour les grandes déformations, deux types de conformations sont numériquement obtenus : pavage métastable de dépressions sur toute la surface sphérique, ou croissance d'une dépression unique avec développement de plis radiaux dans la concavité. Ces deux types de déformations ont été observés dans différents systèmes expérimentaux à des échelles variées (du micron au millimètre). Dans les deux cas, on peut via des calculs simples relier la taille typique des déformations aux paramètres élastiques et géométriques des surfaces 2D modèles, et par conséquent à ceux des objets 3D qu'elles modélisent.

Les surfaces modélisant les coques minces de matériau isotrope ne couvrent pas tout le spectre de paramètres élastiques 2D envisageables (en particulier, pour le coefficient de Poisson : $\nu_{2D} < \frac{1}{2}$). Je présenterai donc également la première étude systématique effectuée sur des surfaces dites "peu compressibles" dont le coefficient de Poisson est compris entre $\frac{1}{2}$ et 1. Le cas limite $\nu_{2D} = 1$ a été, lui, intensivement étudié pour la compréhension des formes prises par les vésicules de membranes de phospholipides en phase fluide, système physico-chimique modèle fructueux des globules rouges. L'étude des surfaces peu compressibles présentée dans cette communication a d'une part généré des formes inédites, se présentant dans la même succession lorsque les trois principaux paramètres du problème sont variés : taille de la sphère, coefficient de Poisson et rapport entre le module d'Young 2D de la surface et sa constante de courbure. D'autre part, elle a permis de mettre en évidence l'apparition d'une seconde longueur caractéristique (la première étant la généralisation de \sqrt{dR} , propre aux coques minces de matériau isotrope, à l'ensemble des surfaces étudiées) pour les surfaces peu compressibles, dont la dépendance en le coefficient de Poisson a pu être établie.

Les surfaces peu compressibles peuvent modéliser des coques de matériau non isotrope, et je montrerai comment la comparaison entre formes numériques et formes expérimentalement observées sur des vésicules phospholipidiques en phase "gel" (solide 2D) dégonflées a permis de cerner les paramètres élastiques de la membrane "solide".

Références