

Réduction de la tension et augmentation de la rigidité d'une membrane lipidique soumise à un champ électrique

Arnaud Hemmerle¹, Thierry Charitat¹, Jean Daillant²

¹ UPR 22/CNRS, Institut Charles Sadron, Université de Strasbourg, 23 rue du Loess, BP 84047, F-67034 Strasbourg Cedex 2, France.

² Synchrotron SOLEIL, L'Orme des Merisiers, Saint-Aubin, BP 48, F-91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

arnaud.hemmerle@gmail.com

Les cellules sont délimitées par une membrane constituée d'une double couche lipidique, incluant notamment de nombreuses protéines. Les bicouches de phospholipides sont des membranes très simplifiées, dont l'étude permet de mieux comprendre les propriétés de ces membranes biologiques.

Pour accéder aux propriétés d'une membrane unique, nous avons étudié un système modèle original. Il consiste en une première bicouche dite flottante, pratiquement libre de fluctuer au-dessus d'une seconde bicouche adsorbée sur un substrat solide [1]. Les caractéristiques de cette « double bicouche » ont été mesurées par diffusion de rayons X en incidence rasante, livrant des informations inédites sur les propriétés mécaniques des membranes aux petites échelles : tension de surface, module de courbure, importance des interactions électrostatiques... [2]

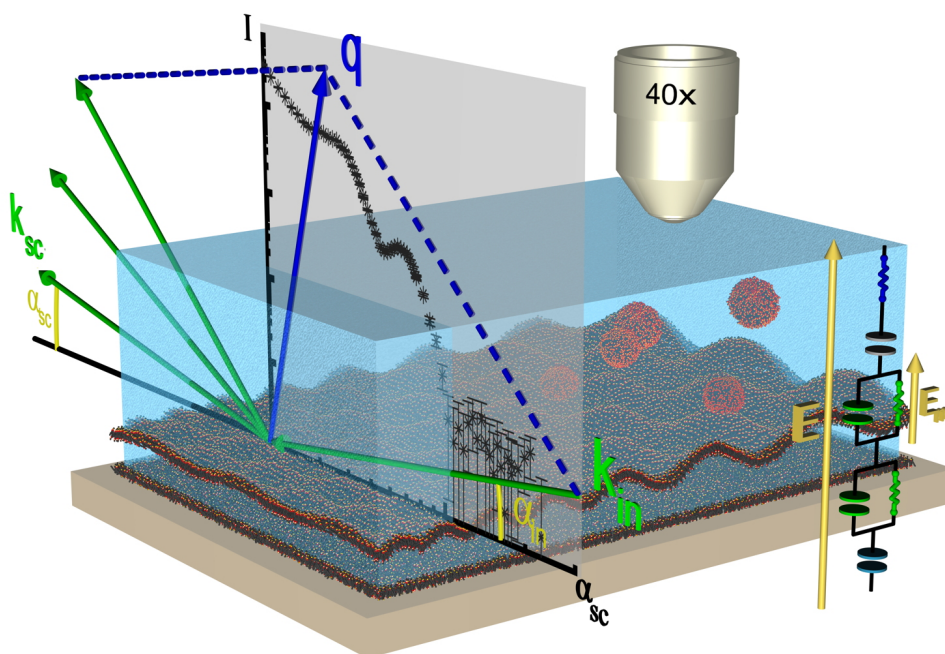


Figure 1: Représentation schématique de l'étude menée sur les effets d'un champ électrique sur une double bicouche supportée.

Nous avons récemment utilisé cette technique expérimentale pour étudier les effets d'un champ électrique alternatif sur une membrane lipidique (voir la figure 1). Les champs électriques peuvent avoir une forte influence sur la structure et le comportement des membranes lipidiques, et sont de ce fait utilisés dans de nombreuses applications en biotechnologie. Par exemple, la technique de l'électroporation permet d'introduire des molécules complexes dans une cellule en augmentant sa porosité par le biais d'un champ électrique puissant.

Nous montrons ici qu'un champ électrique alternatif induit une diminution de la tension de la membrane, éventuellement jusqu'à des valeurs de tension négatives, tandis que sa rigidité de courbure augmente considérablement.

Ces mesures ont été effectuées pour différentes valeurs de la tension et de la fréquence du champ électrique. Nous montrons qu'il est possible d'isoler les différentes contributions électrocinétiques afin d'accéder à l'action du champ local sur la membrane flottante. Grâce à cette analyse fine, nous pouvons accéder indépendamment aux effets du champ sur la double couche électrique, et ceux agissant directement sur la structure et l'élasticité de la membrane. Nous montrons également que seul un modèle théorique intégrant les effets non-linéaires du champ sur la double couche électrique [3] peut rendre compte de nos résultats expérimentaux.

Enfin, nous décrivons une instabilité observée à basse fréquence sur une simple bicouche supportée, dont le principal mode de déstabilisation a une longueur d'onde comparable à la taille des vésicules obtenues par des expériences d'électroformation sur des systèmes similaires.

[1] Malaquin, L.; Charitat, T. & Daillant, J., *Supported bilayers: combined specular and diffuse x-ray scattering*, EPJE, **2010**, 31, 285-301

[2] Hemmerle, A.; Malaquin, L.; Charitat, T.; Lecuyer, S.; Fragneto, G. & Daillant, J., *Controlling interactions in supported bilayers from weak electrostatic repulsion to high osmotic pressure*, PNAS, **2012**, 109, 19938-19942

[3] Ziebert, F. & Lacoste, D., *A Poisson-Boltzmann approach for a lipid membrane in an electric fields*, New Journal of Physics, **2010**, 12, 095002