

Instabilité de dérive d'agrégats de canaux ioniques

M. Leonetti¹ & F. Homblé²

¹ IRPHE, Aix-Marseille Université, CNRS, Technopôle de Château-Gombert, BP 146, 13384 Marseille Cedex 13 France

² Structure et Fonction des Membranes Biologiques, Centre de Biologie Structurale et Bioinformatique, Campus Plaine (CP206/2), B-1050 Bruxelles, Belgique

leonetti@irphe.univ-mrs.fr

Résumé. De nombreuses cellules ou organismes sont traversés par des circulations ioniques stationnaires. Elles jouent un rôle important dans divers phénomènes tels que la polarisation, l'acquisition de nutriments, la croissance, la morphogenèse et quelques fois, en motilité. Il existe des cas où l'émergence de circulations ioniques stationnaires est découplée d'un événement cytologique particulier ou d'une inhomogénéité visible au microscope optique.

Un premier mécanisme [1,3], intuité par le biologiste Jaffe [?] est une auto-organisation des canaux ioniques membranaires : couplage positif entre le champ électrique produit par ces protéines et leur agrégation par électrophorèse. L'instabilité a été caractérisée en géométrie circulaire (impossible dans le cadre du modèle du câble) avec un modèle électro-diffusif original. Au delà de l'analyse non linéaire autour du seuil, nous avons déterminé analytiquement et numériquement plusieurs instabilités secondaires et notamment, une instabilité de brisure de parité et une oscillation globale de la densité de canaux ioniques. Dans le cas sous-critique, l'instabilité de dérive peut permettre le transfert d'informations le long d'une structure cellulaire. D'autre part, cette étude explique la labilité observée des courants ioniques dans le Fucus, un modèle biologique du développement chez les plantes [5,6].

Abstract. Most cells, organs and organisms display some kind of symmetry which defines the developmental axis and morphological patterns. Symmetry is generally acquired at an early stage of development. Here, we will be mainly concerned with the emergence of symmetry at the very beginning of plant development, just after fertilization. Eggs of fucoid brown algae like Fucus are released in the seawater as single cells. Unfertilized eggs have no cell wall, a spherical shape and their cytological components are evenly distributed. The first event of polarity is the emergence of a dipolar circulation of calcium and potassium ions through the cell. Its axis is labile during the first hours.

To explain such a symmetry-breaking, Larter and Ortoleva [1,2,3] proposed a mechanism of self-electro-aggregation of channels. This instability has been characterized in a circular geometry using an electro-diffusive model. Beyond the weak non linear analysis, we determine analytically and numerically four secondary instabilities and notably, a parity-breaking instability and a global oscillation of ionic channel density [4]. In the subcritical case, the drift instability can be used to transfer some informations along cells. In another hand, these results can explain the lability of the dipolar transcellular ionic currents in the Fucus [5,6].

Références

1. R. LARTER AND P. ORTOLEVA, A study of instability to electrical symmetry breaking in unicellular systems, *J. Theor. Biol.*, **96**, 175-200 (1982).
2. L. JAFFE, Electrophoresis along cell membranes, *Nature* **265**, 600-602 (1977).
3. P. FROMHERZ AND W. ZIMMERMANN, Stable spatially periodic patterns of ion channels in biomembranes, *Phys. Rev. E* **51**, R1659-R1662 (1995).
4. M. LEONETTI, J. NUEBLER AND F. HOMBLE, Parity-Breaking instability and global oscillation in patterns of ion channels, *Phys. Rev. Lett.* **96**, 218101 (2006).
5. F. HOMBLE AND M. LEONETTI, Origin of symmetry breaking in fucoid zygotes, *soumis à Trends in Plant Sciences* (2007).
6. WEDLICH-SOLDNER, R. AND LI, R., Spontaneous cell polarization : undermining determinism, *Nature Cell Biol.* **5**, 267-270 (2003).