

Génération hydrodynamique d'ombiliques

Pawel Pieranski

Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, Bât. 510, 91405 Orsay
pawel.pieranski@u-psud.fr

Paul Manneville que nous honorons aujourd'hui sait bien depuis ses premiers travaux [1] que la nématodynamique est très riche en phénomènes surprenants et difficiles à prévoir car elle implique un couplage non linéaire entre les champs de la vitesse $\mathbf{v}(\mathbf{r}, t)$ et du directeur $\mathbf{n}(\mathbf{r}, t)$ lequel, de surcroît, peut comporter des singularités topologiques - les disinclinaisons. La génération d'ombiliques par l'écoulement de Poiseuille en est l'exemple le plus récent.

Les ombiliques sont les défauts topologiques ponctuels du champ vectoriel $\mathbf{c} = \cos\theta(\cos\varphi, \sin\varphi)$ qui caractérise la distorsion dans une couche mince de nématique homéotrope d'anisotropie diélectrique négative soumise à un champ électrique E plus fort que le seuil E_c de la transition de Fredericks. Remarquons qu'en posant $\cos\theta = \Psi$ on peut représenter le champ vectoriel bidimensionnel \mathbf{c} par le champ complexe $\Psi e^{i\varphi}$ et de ce fait les ombiliques sont analogues aux vortex dans les supraconducteurs ou aux dislocations vis dans la phase smectique A chirale inventée par P.G. de Gennes [2].

Au début de l'exposé nous allons générer les ombiliques en direct de façon contrôlée au moyen de petits aimants de terres rares. Cette expérience "de classe" a été élaboré récemment dans le cadre d'un projet TIPE [3].

Nous allons montrer ensuite qu'on peut générer les ombiliques aussi par un écoulement de Poiseuille appliqué à un échantillon soumis au champ électrique $E > E_c$ et dont le champ de la phase $\varphi(\mathbf{r})$ a été déformé préalablement de façon adéquate. Par exemple, comme lors de la découverte de ce nouvel effet, on peut "enrouler" la phase par un champ magnétique tournant, localisé à l'origine O, en obtenant $\varphi = qr$. Dans ce cas particulier, l'écoulement de Poiseuille homogène reverse le sens de l'enroulement ($qr \Rightarrow -qr$) dans une moitié de l'échantillon. Le raccord entre les deux enroulements opposés est alors assuré par une paroi formée d'ombiliques. Ces parois d'ombiliques sont analogues aux joints grains formés de dislocations vis dans la phase smectique A chirale à joints de grains (TGB).

Pour terminer, nous allons discuter le renversement de l'enroulement de la phase par l'écoulement de Poiseuille. Ce processus fait intervenir la formation des parois de Bloch et la double transition $Bloch \Rightarrow Ising \Rightarrow Bloch$. A son issue, le sens de l'enroulement des parois de Bloch dépend de l'angle, appelons-le α , qu'elles formaient avec la direction de l'écoulement. Sur une paroi de Bloch courbe, son sens d'enroulement se renverse quand l'angle α passe par $\pi/2$ et l'on y voit apparaître un point de Néel, c'est-à-dire un ombilique, comme l'avait démontré J.-M. Gilli, M. Morabito et T. Frisch [4].

L'analyse théorique détaillée de ce mécanisme présente des difficultés considérables à cause des couplages non linéaires entre les champs de vitesses et du directeur.

Références

1. Manneville P. et Dubois-Violette E., Shear flow instability in nematic liquids : theory steady simple shear flows, *J. de Phys.* **37**,285-296,1976.
2. de Gennes P.G., An analogy between superconductors and smectics A, *Sol. State Com.*,**10**,753-756,1972.
3. Pieranski P., Yang B., Burtz L.-J., Camu A., Simonetti F., Generation of umbilics by magnets and flows, *Liquid Crystals iFirst*,1-16,2012.
4. Gilli J.M., Morabito M., Frisch T., Ising-Bloch transition in a nematic liquid crystal, *J. de Phys. II*,**4**,319 - 331,1994.