

Etude numérique d'un modèle ferroélectrique tridimensionnel borné

Pierre-William MARTELLI, Université de Lorraine, IECL, CNRS UMR 7502.

Séraphin MEFIRE, Université de Lorraine, IECL, CNRS UMR 7502.

Igor A. Luk'yanchuk, Université de Picardie, Amiens, LPMC.

Mots-clés : Milieux électroactifs 3D, Ferroélectricité, Equations de Ginzburg-Landau, Electrostatique, Eléments finis.

On s'intéresse à un système résultant d'un couplage des équations de l'Electrostatique et de Ginzburg-Landau. Ce système modélise un dispositif ferroélectrique tridimensionnel borné où le matériau ferroélectrique, représenté par l'ouvert V_f , est entouré par un milieu paraélectrique, désigné par l'ouvert V_p . Le matériau étant uniaxial, les deux premières composantes de la polarisation électrique et celles du champ électrique sont reliées linéairement aussi dans V_f . La dernière composante de la polarisation, notée P , ainsi qu'un potentiel de courant φ , dont le champ électrique dérive, constituent les inconnues du système. Ces inconnues satisfont les équations suivantes,

$$\begin{cases} tP - \nabla \cdot \xi \nabla P + \frac{1}{P_0^2} P^3 = -\frac{\kappa_{\parallel}}{4\pi} \partial_z \varphi & \text{dans } V_f, \\ -\nabla \cdot \varepsilon_f \nabla \varphi = -4\pi \partial_z P & \text{dans } V_f, \\ -\nabla \cdot \varepsilon_p \nabla \varphi = 0 & \text{dans } V_p, \end{cases} \quad (1)$$

ainsi que des conditions de sauts à l'interface paraélectrique-ferroélectrique. Dans ce système, $t \leq 0$ correspond à la température relative du dispositif ferroélectrique, κ_{\parallel} représente un paramètre positif et P_0 désigne la polarisation saturée du matériau à basse température. Le tenseur ξ contient des longueurs de corrélations, tandis que le tenseur ε_f permet de décrire la permittivité électrique du matériau V_f et ε_p celle du milieu V_p .

Les équations de (??) ont été considérées, dans un cadre bidimensionnel et avec des conditions aux limites périodiques, pour établir dans [?] certaines propriétés universelles de domaines ferroélectriques. Le travail que nous présenterons s'inscrit dans un contexte tridimensionnel, associé aux conditions aux limites de type Neumann (pour P) et relevant par ailleurs d'une application de champs électriques sur le bord du dispositif.

Nous commencerons par présenter les aspects théoriques relatifs à ce système, à savoir principalement l'existence de solutions dans le cas où les tenseurs ξ , ε_f et ε_p sont bornés et coercifs. Nous décrirons ensuite l'approximation par éléments finis du système, et la méthode de résolution du problème discret non-linéaire associé.

Nous commenterons plusieurs résultats numériques (y compris lorsque κ_{\parallel} est nul). Ces résultats viennent d'abord illustrer les caractéristiques physiques prévisibles, comme la texture uniforme que prend la polarisation pour de hautes tensions. Ils mettent aussi en relief des propriétés internes relatives à certaines configurations de V_f (comme en présence du nitrite de sodium), dont en particulier le comportement de l'hystérésis de polarisation. Nous achèverons la présentation par quelques perspectives de l'étude menée.

Références

- [1] L.D. LANDAU AND E.M. LIFSHITZ, *Course of theoretical physics, V. 8, Elsevier, New York, 1985.*
- [2] I.A. LUK'YANCHUK, L. LAHOUCHE AND A. SENÉ, *Universal properties of ferroelectric domains*, Phys. Rev. Lett., 102(14), 2009.

Pierre-William MARTELLI, Université de Lorraine, Institut Elie Cartan de Lorraine (IECL), CNRS UMR 7502, Vandœuvre-lès-Nancy, F-54506, France.

pierre-william.martelli@univ-lorraine.fr

Séraphin MEFIRE, Université de Lorraine, Institut Elie Cartan de Lorraine (IECL), CNRS UMR 7502, Vandœuvre-lès-Nancy, F-54506, France.

seraphin.mefire@univ-lorraine.fr

Igor A. Luk'yanchuk, Université de Picardie, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (LPMC), Amiens, F-80039, France.

lukyanc@ferroix.net