

Modélisation et étude expérimentale des déformations longitudinale et transversale de piézocéramiques soumises à une contrainte mécanique

M. Domenjoud^a, M. Gratton^b, L. Blanc^a et L.P. Tran-Huu-Hue^c

a. Université de Tours, GREMAN UMR CNRS 7347, ENIVL, rue de la chocolaterie, 41034 BLOIS

b. ENI Val de Loire, LMR, ENIVL, rue de la chocolaterie, 41034 BLOIS

c. ENI Val de Loire, GREMAN UMR CNRS 7347, ENIVL, rue de la chocolaterie, 41034 BLOIS

Résumé :

Aujourd'hui, les matériaux piézoélectriques sont très largement utilisés dans les domaines de l'acoustique et de la microélectronique. Ces dispositifs sont régulièrement soumis à différentes sollicitations, telles que les précontraintes externes, qui changent les propriétés de ces matériaux. Récemment, nous avons développé un modèle décrivant les phénomènes hystérétiques de piézocéramiques. Afin d'affiner nos hypothèses, ce travail étudie expérimentalement l'évolution des déformations longitudinale et transversale de piézocéramiques du type mou (Pz21) et du type dur (Pz26) sous contrainte mécanique. Les résultats obtenus montrent que la déformation de ces matériaux sous contrainte mécanique ne peut être considérée isochore. De plus, l'évolution du coefficient de Poisson effectif semble reliée à l'évolution des murs de domaines.

Mots clefs : Piézoélectrique, déformation, hystérétique, piézocéramique, contrainte mécanique, isochore.

1 Introduction

Aujourd'hui, les matériaux piézoélectriques capables de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique (et réciproquement) sont très largement utilisés pour des applications de transduction ultrasonore, ainsi que pour des applications de capteurs et d'actionneurs. L'effet d'une contrainte externe, qu'elle soit de nature électrique ou mécanique, peut conduire ces matériaux, soit à une diminution, soit à une amélioration des performances du dispositif [1]. Dans le but de comprendre et prédire l'évolution des constantes de matériaux piézoélectriques sous contrainte mécanique, nous avons récemment développé un modèle décrivant les phénomènes hystérétiques de piézocéramiques au travers de l'évolution des murs de domaines [2].

2 Résultats expérimentaux

Les deux céramiques PZT utilisées sont de type Pérovskite, de classe de symétrie transverse isotrope. Elles ont été fabriquées par la société Ferroperm (Danemark) et sont étudiées sous forme cubique (15 mm de côté).

Tableau I : Propriétés des Pz21 et Pz26.

	Pz21	Pz26
Coefficient piézoélectrique $-d_{311}$ (10^{-12} C/N)	250	130
Coefficient piézoélectrique d_{333} (10^{-12} C/N)	640	328
Densité volumique (kg/m^3)	7800	7700
Coefficient élastique de souplesse s_{3333} (10^{-12} m^2/N)	18	19.6
Coefficient élastique de souplesse $-s_{1133}$ (10^{-12} m^2/N)	6.85	7.05

Les faces en compression sont métallisées et les charges électriques générées lors de la compression mécanique sont récupérées au travers d'une capacité de 10 μF . La contrainte est appliquée sous l'action d'une machine de traction (Instron 8801) utilisée en mode compression, et pilotée en force, pouvant atteindre -100 kN. La planéité est assurée par un plateau d'alignement de marque Testwell de 56 mm de diamètre, traité 58 HRC. Les jauges de type rosette et de marque Vishay sont collées sur chacune des quatre faces latérales [3]. L'évaluation des déformations longitudinale et transversale est obtenue par moyennage des données respectives de chaque jauge.

Les résultats des déformations longitudinale et transversale étant obtenus pour chacun des matériaux, le coefficient de Poisson effectif en fonction de la contrainte mécanique est calculé comme le rapport des déformations transversale et longitudinale. Ces derniers sont représentés sur la figure 1.

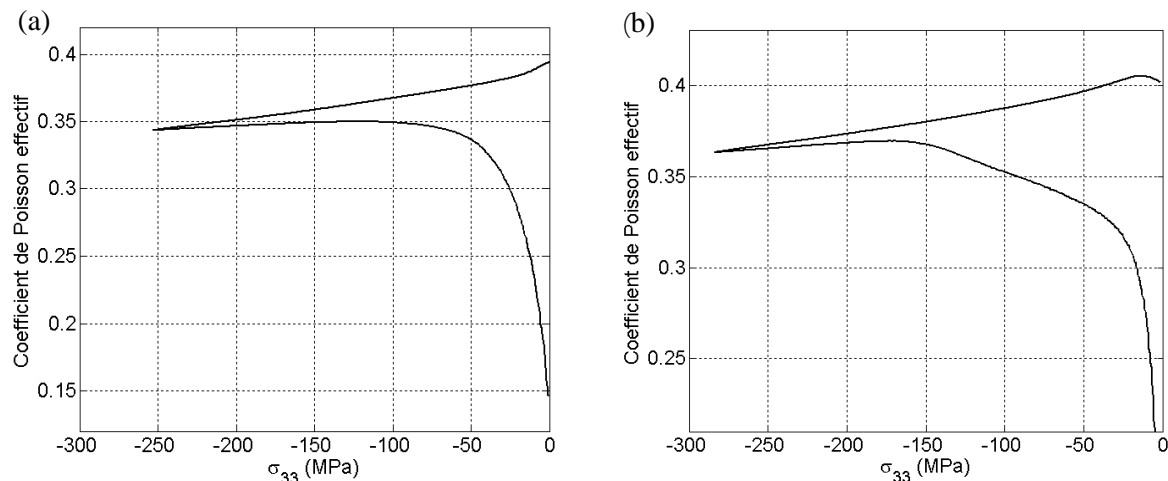


FIG. 1 – Evolution du coefficient de Poisson effectif du Pz21 (a) et Pz26 (b) sous contrainte mécanique.

L'étude de la figure 1 montre que le coefficient de Poisson évolue de manière significative dans les deux céramiques. Ainsi, la déformation de ces matériaux sous contrainte mécanique ne peut être considérée isochore. L'évolution de ces coefficients est rapide jusqu'à un niveau de contrainte homogène à leur contrainte coercitive [3], puis se stabilise jusqu'à la contrainte de saturation et évolue à nouveau en fin de cycle. Ce mode d'évolution est analogue à celui des mouvements de domaines observés lors de l'évolution de la polarisation et de la déformation rémanente sous contrainte électrique et mécanique [2].

3 Conclusion

Ce travail expérimental a montré que les évolutions de déformations longitudinale et transversale des piézocéramiques sous contrainte mécanique ne peuvent être considérées isochores. Cette étude nous apporte une meilleure compréhension des phénomènes hystérétiques dans les matériaux de type piézocéramiques et permet une meilleure modélisation des déformations sous contrainte de ces matériaux.

Références

- [1] Q.M. Zhang and J. Zhao, "Electromechanical properties of lead zirconate piezoceramics under the influence of mechanical stresses", *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Contr.*, vol. 46, p. 1518-1526, 1999.
- [2] M. Domenjoud, M. Lematre, L.P. Tran-Huu-Hue and G. Feuillard, "Modelling of hysteretic Behaviour of Piezoceramic Materials under External Electrical and Mechanical Stress", *Advances in Applied Ceramics*, vol. 112, p. 103-107, 2013.
- [3] M. Domenjoud, "Caractérisation des propriétés électro-acoustiques de structures piézoélectriques soumises à une contrainte statique de type électrique ou mécanique", Université François-Rabelais de Tours, 2012.