

N° d'ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب عين تموشنت

Centre Universitaire Belhadj Bouchaib-Ain Témouchent



Institut de Technologie  
Departement de Genie Civil  
Laboratoire des Structures Intelligentes



## THESE

Présentée pour l'obtention du **diplôme de DOCTORAT 3<sup>eme</sup> Cycle LMD**

**Domaine** : Science et Technologie

**Filière** : Génie Civil

**Spécialité** : Structure

**Par** : ELLALI Mokhtar

### Intitulé de la thèse

## Analyse du flambement thermique des matériaux FGM piézoélectriques

Soutenue publiquement, le / / , devant le jury composé de :

AISSA MAMOUN Sidi Mohamed	Pr	Président	Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib/ Ain Témouchent.
AMARA Khaled	Pr	Directeur de thèse	Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib/ Ain Témouchent.
BOUAZZA Mokhtar	Pr	Co- Directeur de thèse	Université Tahri Mohammed bechar
Fahsi Bouazza	MCA	Examineur	Université DJILALI Liabès/ Sidi-Bel-Abbès
Meradjah Mustapha	MCA	Examineur	Université DJILALI Liabès/ Sidi-Bel-Abbès
TAHAR BERRABAH Amina	MCA	Examinatrice	Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib/ Ain Témouchent.

Année Universitaire : 2018/2019

## المخلص

في هذا العمل نركز على تحليل الالتواء للصفائح والروافد المتدرجة وظيفيا مدمجة مع مجسات كهرو ضغطية على السطح، حيث تتعرض هذه الأخيرة إلى حمولات حرارية وقوى الشد الخاصة بالمجسات الكهروضغطية، خصائص المواد المتدرجة وظيفيا موزعة بشكل مستمر على كامل السمك حيث يتم الحصول على معادلات التوازن والإستقرار للصفحة أو الرافدة المتدرجة وظيفيا كهرو ضغطية عن طريق نظرية تشوه القص.

الجديد في هذا العمل هو الحصول على الإلتواء الأعظمي للصفائح أو الروافد المتدرجة وظيفيا كهرو ضغطية. حيث يتم دراسة مختلف العوامل المؤثرة على الإلتواء الحراري الأعظمي مثل نوع الحمولة، الخصائص الهندسية، المؤشر الأسي ، وشدة التوتر المطبقة على المجسات كهرو ضغطية .

**الكلمات الدالة:** المواد المتدرجة وظيفيا كهرو ضغطية،الصفائح،الروافد،الإلتواء الحراري،نظرية تشوه القص.

## **Résumé**

Dans ce travail on s'intéresse à l'analyse du flambement des plaques et des poutres fonctionnellement graduées intégrées aux actionneurs piézo-électriques liés en surface et est soumise à l'action combinée des charges thermiques et des charges de traction constantes dues à l'actionneur appliqué. Les propriétés du matériau fonctionnellement gradué supposées varier à travers l'épaisseur de façon continue. Les équations d'équilibre et de stabilité des poutres et des plaques FGM piézoélectrique sont obtenues basée sur la théorie de déformation de cisaillement. La nouveauté du présent travail est d'obtenir la solution de température critique de flambement des plaques et des poutres FGM intégrées avec des couches piézoélectriques.

Un effort particulier est porté sur les divers paramètres qui influent sur la charge critique du flambement thermique des plaques FGM piézo-électriques, tels que : type de chargement, paramètres géométriques, l'index de la loi de puissance ainsi que les effets de la tension appliquée de l'actionneur.

**Mots clé :** Matériaux FGM piézoélectriques ; plaques ; poutres ; flambement thermique ; théorie de déformation de cisaillement.

## **Abstract**

This work focuses on the analysis of the buckling of functionally graduated plates and beams integrated into surface-bonded piezoelectric actuators and is subjected to the combined action of thermal loads and constant tensile loads due to the applied actuator. The properties of the functionally graduated material assumed to vary through the thickness continuously. The equations of equilibrium and stability of piezoelectric FGM beams and plates are obtained based on the theory of shear deformation. The novelty of this work is to obtain the critical buckling temperature solution for FGM plates and beams integrated with piezoelectric layers.

Particular attention is paid to the various parameters that influence the critical thermal buckling load of piezoelectric FGM plates, such as: loading type, geometric parameters, power law index and the effects of the applied actuator voltage.

**Keywords :** Piezoelectric FGM materials ; plates ; beams ; thermal buckling ; shear deformation theory.