



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Madame SOKAYNA BAID

Discipline : Sciences de l'Ingénieur
Spécialité : Génie mécanique

Sujet de la thèse

**Flambage des plaques épaisses en matériaux FGM et sandwich:
Approche sans maillage de type Hermite**

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physique, Mathématiques et Informatique"

Thèse présentée et soutenue **le mercredi 15 juillet 2026 à 09h** au centre de conférence à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ÉTABLISSEMENT	
ABDELHAMID TOUACHE	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
KHALID BOUIHAT	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Berrechid	Rapporteur
ABDELHAK NAFI	PES	Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Meknès	Rapporteur
REDOUANE BOUJMAL	MCH	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
ABDELOUAHHAB JABRI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
SAID MESMOUDI	MCH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Berrechid	Examineur
OMAR ASKOUR	MCH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Safi	Examineur
YOUSSEF HILALI	MC	Faculté des Sciences et Techniques de Settat	Invité
OUSSAMA BOURIHANE	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de Thèse

Laboratoire de recherche : Laboratoire de Génie Mécanique
Établissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Résumé de la thèse

Les matériaux à gradient fonctionnel (FGMs) suscitent un intérêt croissant dans l'industrie en raison de leur capacité à supporter simultanément des sollicitations thermiques et mécaniques sévères. Malgré ces atouts, la conception de composants en FGMs reste perfectible pour garantir que les pièces obtenues satisfont pleinement aux exigences fonctionnelles en service. En résistance des matériaux, la modélisation des structures sous forme de plaques constitue une alternative efficace à la modélisation tridimensionnelle, souvent coûteuse en termes de calcul et génératrice de problèmes numériques de grande taille. Bien que les théories de plaques soient aujourd'hui très développées, des améliorations demeurent possibles, tant sur le plan théorique, en développant des cinématiques mieux adaptées aux différents modes de déformation, que sur le plan numérique, en optimisant l'approximation des modèles mathématiques associés.

Cette thèse s'intéresse à plusieurs aspects de la modélisation numérique du flambage des plaques en FGMs. La première contribution propose une analyse détaillée des principales théories cinématiques utilisées pour étudier ce phénomène, notamment la théorie classique des plaques (CPT) et la théorie de déformation en cisaillement d'ordre trois (TSDT). Une présentation exhaustive des différentes méthodes sans maillage est également fournie, en mettant en évidence leurs avantages et leurs limites. L'approche HRPIM-HOC a ensuite été retenue pour discrétiser les équations différentielles et obtenir des solutions numériques de haute précision. Une étude empirique a permis d'identifier les fonctions de base radiale les plus adaptées ainsi que les paramètres optimaux pour la construction des fonctions de forme. L'ensemble de ces développements a été implémenté dans un code MATLAB, permettant une analyse paramétrique complète et une comparaison systématique entre les deux théories.

La deuxième contribution porte sur la modélisation du flambage des plaques rectangulaires en FGMs et en structures sandwich FGM, en combinant l'approche numérique d'ordre élevé aux théories CPT et TSDT. Plusieurs configurations de plaques simplement appuyées ou encastrées, soumises à une compression uniaxiale ou biaxiale, ont été étudiées afin de valider la méthode et d'en évaluer les performances. Les résultats montrent que la combinaison HRPIM-HOC fournit une prédiction très précise des charges critiques de flambage, confirmant ainsi la robustesse et l'efficacité de l'approche.



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

La troisième contribution étend ce cadre théorique à l'étude approfondie du flambage des plaques circulaires en FGM et en FGM sandwich, incluant des configurations monocouches, symétriques et asymétriques, soumises à une compression radiale sous diverses conditions aux limites. Les résultats obtenus révèlent que la TSDT fournit des prédictions significativement plus proches des modèles théoriques et des solutions par éléments finis, confirmant ainsi sa précision et sa robustesse pour l'analyse des plaques circulaires, y compris pour des géométries et des distributions de matériaux complexes.

En résumé, cette thèse démontre que la combinaison de la méthode HRPIM avec l'algorithme de continuation d'ordre élevé (HOC) constitue un cadre numérique fiable, flexible et précis, capable d'étudier avec succès le flambage de plaques en FGMs et en FGM sandwich pour diverses configurations géométriques, conditions de chargement et propriétés matérielles. Les résultats confirment également la supériorité de la TSDT pour la prédiction des comportements critiques, offrant ainsi une base solide pour des études ultérieures et des applications industrielles avancées.

Mots clés : Flambage, Stabilité, Théorie des plaques, Plaques circulaires, Méthodes sans maillage, Fonctions à base radiale RBF, Méthode d'interpolation radiale par points RPIM, Matériaux à gradient fonctionnel, Matériaux sandwich