



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

Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Monsieur AYOUB EL AMRANI

Discipline : Sciences de l'Ingénieur
Spécialité : Génie civil et Mécanique des Matériaux

Sujet de la thèse

Contrôle des instabilités et renforcement des ponts suspendus par des méthodes d'optimisation de forme

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et informatique"

Thèse présentée et soutenue le **samedi 04 janvier 2025 à 10h** à l'Ecole Normale Supérieure de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ETABLISSEMENT	
Tajdine LAMCHARFI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Zakia HAMMOUCH	PES	Ecole Normale Supérieure de Meknès	Rapporteur
Imad MANSSOURI	PES	Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Meknès	Rapporteur
Ahmed SALI	MCH	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz de Fès	Rapporteur
Karim El KHADIRI	MCH	Ecole Normale Supérieure de Fès	Examineur
Karoum LIMAME	PES	Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation Fès	Examineur
Bouchta EL AMRANI	PES	Ecole Normale Supérieure de Fès	Directeur de Thèse

Laboratoire de recherche : laboratoire Mathématiques, Modélisation et Physique Appliquée
Etablissement : Ecole Normale Supérieure de Fès



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

Résumé de la thèse

Le travail comporte quatre parties. Nous proposons, dans la première, l'effet de la structure FGM du tablier sur le pont suspendu. Une étude statique d'une plaque à FGM (Matériaux à gradients fonctionnels) rectangulaire, simplement appuyée sur ces quatre côtés, en adoptant une théorie raffinée d'ordre supérieur où on ne cherche que quatre inconnues sans facteur correcteur de la contrainte de cisaillement avec le respect de la nullité de ces contraintes sur les faces limites haute et basse, nous aurons à déterminer la contribution de ces contraintes dans la déflexion de la plaque ainsi leurs effet sur la contrainte axiale sur les interfaces entre les couches (pour éviter des problèmes des imperfections comme la délamination).

Dans la deuxième partie, l'effet du couplage extension-flexion sur la stabilité élastique (le flambement) des plaques stratifiées par des matériaux composites. Ces plaques seront chargées sous des charges mécaniques uni-axial ou bi-axial dans le plan, plus particulièrement dans les cas spécialement orthotrope ou antisymétrique croisé angulaires. L'objectif principal c'est la recherche d'une limite où nous pouvons approximer le comportement en stabilité élastique des plaques antisymétriques croisées angulaires par le comportement simple des plaques spécialement orthotrope. De manière critique, une étude paramétrique est faite, il s'agit de la recherche de la charge critique de flambement en fonction du mode de déformation, du rapport d'aspect, du rapport d'anisotropie de la plaque...etc. Nous utilisons la théorie de déformation en cisaillement du premier ordre (FSDT) avec un facteur de correction de 5/6.

Dans la troisième partie, nous avons analysé le comportement thermo-élastique de l'élément plaque d'une structure disposée dans un environnement climatiquement agressif, nous utilisons la théorie raffinée des plaques épaisses à quatre variables pour prendre l'effet de cisaillement en considération. La théorie proposée est moins couteuse au niveau du calcul et plus précise de sorte qu'elle intègre l'effet de cisaillement dans la formulation. La plaque étudiée est en matériaux composites stratifiés, par conséquent, une étude paramétrique est nécessaire pour voir l'effet de différents type paramètres et de couplage sur la valeur critique de température provoquant l'instabilité thermo-élastique de la plaque et aussi sur la fréquence naturelle de vibration libre.

Dans la quatrième partie nous fournissons une formulation à la fois précise et fiable pour simuler les interactions des deux sous-systèmes train-pont et adapter aux lignes ferroviaires de grande vitesse. Le train est modélisé par une série de masses suspendues, où on tient en



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

compte la dissipation d'énergie et le système de suspension pour chaque véhicule du train. Par contre, le pont supportant les rails avec des élévations irrégulières sera modélisé par une poutre d'Euler-Bernoulli. La formulation mathématique du problème d'interaction entre les deux sous-systèmes nécessite l'écriture de deux séries d'équations interagissant entre eux par l'intermédiaire des forces de contact. Avec une formulation en élément finis à une dimension, une série d'équations est construite en modélisant la structure poutre.

Mots clés :

Plaque à FGM, Contrainte de cisaillement – Déflexion – loi de puissance – Fonction de forme
- Théorie raffiné d'ordre supérieur, -Contrainte de cisaillement – Déflexion – loi de puissance
– Fonction de forme - Théorie raffiné d'ordre supérieur-Instabilité – Charge thermique –
Flambement – Matériel composite–Vibration libre – Plaque stratifiée – Série de Navier, Pont
à poutre; Stabilité des ponts ferroviaires; Train à grande vitesse; Masse suspendue mobile ;
interaction pont-véhicule ; Méthode des différences finies