

PROJET DE RECHERCHE CONTRAT DOCTORAL - 2021

Intitulé du sujet de thèse :

Instabilités des structures minces hétérogènes et interaction flambage / vibrations

Unité de recherche : LEM3

École doctorale :

☒ ED C2MP : Chimie, Mécanique, Matériaux, Physique

☐ ED IAEM : Informatique, Automatique, Electronique-Electrotechnique, Mathématiques :

Financement :

☒ Financement à 100% (1 contrat doctoral)

☐ Financement à 50% (½ contrat doctoral) + 50% Région Grand EST (une demande doit être déposée dans l'AAP 2021 et implique un classement en liste principale par le Labo)

Démarrage de la thèse : septembre 2021

EQUIPE D'ACCUEIL

Intitulé de l'équipe d'accueil (acronyme + intitulé) : [Mécanique des Matériaux, des Structures et du Vivant \(MMSV\)](#)

Laboratoire d'accueil : LEM3-UMR 7239 CNRS

Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux

<http://www.lem3.univ-lorraine.fr/>

Directeur de la thèse	ZAHROUNI Hamid, professeur hamid.zahrouni@univ-lorraine.fr Tél: (33) 03 72 74 78 15
Codirecteur de la thèse	MATHIEU Norman (MCF) norman.mathieu@univ-lorraine.fr Tél : +33 (0)3 72 74 78 18
Candidature à déposer à l'adresse suivante : http://doctorat.univ-lorraine.fr/fr/les-ecoles-doctorales/c2mp/offres-de-these/instabilites-des-structures-minces-heterogenes-et	

Intitulé du sujet de thèse :

Instabilités des structures minces hétérogènes et interaction flambage / vibrations

Mots clés : Instabilités, flambage, vibrations, matériaux hétérogènes, méthode asymptotique numérique, réduction de modèles

Description du Sujet :

Les structures minces de type coque sont utilisées dans différentes industries comme l'aérospatiale, l'automobile et dans bien d'autres grâce à leur rapport élevé résistance / poids. Ces structures sont très sensibles aux instabilités comme le flambage et sont sujettes à une réduction drastique de la charge critique en présence de défauts géométriques ou de défauts provenant d'autres natures. Pour cette raison, elles ont été intensivement étudiées d'un point de vue expérimental et de la modélisation analytique ou numérique. Des applications diverses concernent les coques multicouches comme la protection thermique des réservoirs de lanceurs de satellites ou bien encore les cartes de circuits imprimés.

Le flambage est généralement provoqué par des forces mécaniques de compression appliquées à la structure, et dans de nombreux cas, la structure subit des vibrations induites par son environnement (vibration du lanceur induite par le moteur, vibrations induites par un séisme pour les structures de génies civil...). Ces vibrations peuvent coupler différentes fréquences et générer des déformations qui précipitent le phénomène d'instabilité et allant dans certains cas, jusqu'à l'effondrement de la structure.

Dans ce travail de thèse, on s'intéresse à l'étude des coques minces soumises à l'interaction d'une vibration avec un chargement mécanique pouvant induire l'instabilité de la structure. On considère des structures minces hétérogènes. Un code de calcul par éléments finis multi-échelle adapté aux coques minces sera développé pour la prise en compte des détails géométriques et matériels à travers l'épaisseur de la coque. Des techniques numériques de résolution des problèmes résultant de cette modélisation seront développées sur la base des méthodes asymptotiques numériques associées aux techniques de réduction de modèles pour gagner en efficacité et robustesse des algorithmes de résolution. Une collaboration au sein du laboratoire nous permettra de considérer des matériaux à architecture contrôlée et d'analyser l'apport de la fabrication additive dans la conception et l'optimisation de ces structures. Un banc d'essais et une méthodologie expérimentale seront mis au point, sur la plateforme « vibrations », pour aider à la validation des modèles numériques qui seront développés dans le cadre de ce travail de thèse.

Profil du candidat : Master 2 ou ingénieur. Mécanique des matériaux et des structures, Méthodes Numériques.

Références de l'équipe :

- R. Xu, J. Yang, W. Yan, Q. Huang, G. Giunta, S. Belouettar, H. Zahrouni, T. Ben Zineb, H. Hu. Data-driven multiscale finite element method: From concurrence to separation. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Volume 363, 1 May 2020, Article Number: 112893
- P. Ventura, M. Potier-Ferry, H. Zahrouni. A secure version of asymptotic numerical method via convergence acceleration. *Comptes Rendus. Mécanique*, Tome 348 (2020) no. 5, pp. 361-374
- O. Askour, A. Tri, B. Braikat, H. Zahrouni, M. Potier-Ferry. Bifurcation indicator for geometrically nonlinear elasticity using Method of Fundamental Solutions. *Comptes Rendus – Mécanique*, [Volume 347, Issue 2](#), February 2019, Pages 91-100
- R. Xu, Y. Hui, H. Hu, Q. Huang, H. Zahrouni, T. Ben Zineb, M. Potier-Ferry. A Fourier-related FE2 multiscale model for instability phenomena of long fiber reinforced materials. [Composite Structures, Volume 211](#), 1 March 2019, Pages 530-539
- R. Xu, C. Bouby, H. Zahrouni, T. Ben Zineb, H. Hu, M. Potier-Ferry. A Multiscale Analysis on the Superelasticity Behavior of Architected Shape Memory Alloy Materials. *Materials* 2018, 11(9), 1746; doi:10.3390/ma11091746
- K. Kpogan, A. Tri, A. Sogah, N. Mathieu, H. Zahrouni, M. Potier-Ferry. Combining MFS and PGD methods to solve transient heat equation. *Numerical methods for partial differential equations*. Vol. 34 (1), pages 257–273, 2018
- K. Soho, X. Lemoine, F. Abed-Meraim, H. Zahrouni. [Multiscale finite element simulation of forming processes based on crystal plasticity](#). *International Journal of Material Forming*. Vol. 10, Number 1, pages 29-42. 2017
- K. Kpogan, H. Zahrouni, M. Potier-Ferry, H. Ben Dhia. Buckling of rolled thin sheets under residual stresses by ANM and Arlequin method. [International Journal of Material Forming](#). Vol. 10 (3), pages 389-404, 2017
- G. Robin, N. Mathieu, M. Jrad, E.M. Daya, F. Choquart. The effect of the geometric parameters of the corrugation shape on the vibration analysis of 3D structured beams. *Mechanics Research Communications*, Elsevier, 2017, 84, pp.65-71
- G. Robin, M. Jrad, N. Mathieu, A. Daouadji, E.M. Daya. Vibration analysis of corrugated beams: The effects of temperature and corrugation shape. *Mechanics Research Communications*, Elsevier, 2016, 71, pp.1-6
- Y. Cong, S. Nezamabadi, H. Zahrouni, J. Yvonnet. Multiscale computational homogenization of heterogeneous shells at small strains with extensions to finite displacements and buckling. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Volume 104, Issue 4, 2015, Pages 235–259
- S. Nezamabadi, M. Potier-Ferry, H. Zahrouni, J. Yvonnet. Compressive failure of composites: A computational homogenization approach. *Composite Structures*. Vol. 127, pp. 60–68, 2015
- S. Nezamabadi, H. Zahrouni, J. Yvonnet, M. Potier-Ferry. *Multiscale analysis of instabilities in heterogeneous materials using ANM and multilevel FEM*. *European Journal of Computational Mechanics* [Volume 21, Issue 3-6](#), 2012, pages 280-289