

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMAS-2025-16**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Châtillon (Poitiers)

Département/Dir./Serv. : DMAS-LEM

Tél. : 01 46 73 44 43

Responsable(s) du stage : Ruffini Antoine/
Durinck Julien

Email : antoine.ruffini@onera.fr /
julien.durinck@univ-poitiers.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : 4 - Physique et comportement des matériaux : de l'atome à la microstructure

Type de stage : Fin d'études bac+5 Master 2 Bac+2 à bac+4 Autres

Intitulé : Étude des effets de surfaces sur le flambage (et l'auto-flambage) de nano-plaques

Sujet : Les plaques minces sont couramment utilisées dans les systèmes nano-électro-mécaniques (NEMS) pour lesquels le contrôle de la réponse mécanique est d'une importance primordiale, en particulier lorsque les fonctionnalités des dispositifs reposent précisément sur cette réponse. Pour les systèmes très minces présentant une taille caractéristique inférieure à quelques nanomètres, la prise en compte des effets de surface est cruciale puisqu'il est maintenant établi que ces effets modifient de manière significative la rigidité effective des plaques, leur rigidité en flexion ou encore leur seuil critique de flambage (ou de flambement).

De nombreux travaux ont déjà été consacrés à l'étude des effets de surface sur la réponse mécanique de nano-plaques (p. ex. [1-3]). La quantification expérimentale de ces effets sur des dispositifs nanométriques réels étant très délicate, la plupart de ces travaux sont soit purement numériques, soit purement théoriques. Par conséquent, plusieurs descriptions théoriques continues ont été proposées, dont certaines souffrent d'un manque de validation par confrontation directe avec les expériences ou avec des simulations atomistiques dans lesquelles l'influence des surfaces est naturellement prise en compte. Ce manque de confrontation conduit aujourd'hui à des interprétations controversées des effets de surfaces sur le flambage notamment des nano-plaques. L'objectif du stage est donc de rétablir ce dialogue pour mieux comprendre la relation entre les hypothèses impliquées dans les descriptions théoriques continues et les données directement extraites de simulations atomistiques.

Dans ce travail de stage, nous proposons de reprendre le modèle élastique continu des plaques minces dit de Föppl-von Kármán [4] en tenant compte des effets de surfaces, de manière à relier sans ambiguïté les grandeurs du modèle décrivant le flambage à celles mesurables dans les expériences réelles et/ou atomistiques. Une fois ce travail réalisé, nous effectuerons des simulations atomistiques du flambage de couches minces [5] et les résultats obtenus seront ensuite confrontés aux prédictions théoriques. Les simulations atomistiques seront réalisées à l'aide du logiciel LAMMPS sur différents matériaux modèles ayant une cristallographie cubique (Pt, Al, Si). Un des objectifs de ce travail est de parvenir à reproduire et caractériser l'auto-flambage d'une plaque mince à l'aide de ces simulations.

Ce travail de recherche se déroulera dans le cadre d'une collaboration entre les laboratoires LEM (Châtillon) et Pprime (Poitiers).

[1] Y. Yue, C. Ru, K. Xu, Modified von kármán equations for elastic nanoplates with surface tension and surface elasticity, International Journal of Non-Linear Mechanics 88 (2017) 67–73.

[2] F. Kamali, F. Shahabian, Analytical solutions for surface stress effects on buckling and post-buckling behavior of thin symmetric porous nano-plates resting on elastic foundation, Archive of applied mechanics 91 (6) (2021) 2853–2880.

[3] C. Ru, A strain-consistent elastic plate model with surface elasticity, Continuum Mechanics and Thermodynamics 28 (1) (2016) 263–273.375.

[4] L. D. Landau, L. P. Pitaevskii, A. M. Kosevich, E. M. Lifshitz, Theory of elasticity: volume 7 (Vol. 7) Elsevier (2012).

[5] A. Ruffini, J. Durinck, J. Colin, C. Coupeau, J. Grilhé, Gliding at interface during thin film buckling: A coupled atomistic/elastic approach, Acta materialia 60 (3) (2012) 1259–1267.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Non

Durée du stage : Minimum : 4 mois Maximum : 6 mois

Période souhaitée : mars 2025 – août 2025

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :

Connaissances théoriques en physique des matériaux (surfaces et interfaces solides, cristallographie...) et en mécanique (élasticité, modèles poutre et/ou plaque...);
Attrait pour la simulation numérique

Ecoles ou établissements souhaités :

Universités ou grandes écoles qui dispensent des enseignements approfondis en sciences des matériaux (physique, mécanique).