

Titre en français : Vibrations de plaques sous écoulement : effets de pré-contraintes ou de pré-déformations

Titre en anglais : Fluid-induced vibrations of flexible plates: effects of pre-stress and pre-deformation

Nom du directeur de thèse : Christophe Eloy

Co-direction : François Nadal, Céline Baranger (CEA)

Tel : +33 (0)6 95 98 44 11

E-Mail : christophe.elay@centrale-marseille.fr

Laboratoire : IRPHE

Financement : acquis

Type de financement : CEA

Résumé en français :

Le sujet de thèse porte sur l'étude des vibrations de plaques soumises à un écoulement, en prenant en compte les effets de pré-contraintes ou de pré-déformations. Lorsqu'une structure élastique est soumise à un écoulement dont la vitesse dépasse un certain seuil, elle peut entrer en vibration, ce qui peut être utile (récupération d'énergie, locomotion animale) ou nuisible (flottement d'une aile d'avion). Les modèles théoriques de cette instabilité ont été étudiés pour des rapports d'aspect de plaque grands et petits, et plus récemment pour des rapports intermédiaires et des configurations confinées. Ces travaux ont été complétés par des études expérimentales et numériques qui se sont concentrées sur la description du seuil de l'instabilité et des caractéristiques des modes instables. Cependant, peu d'études ont été menées sur la manière dont l'instabilité est modifiée lorsque l'on s'éloigne d'une configuration idéale, par exemple si l'écoulement n'est pas parallèle à la plaque ou si la structure présente des pré-contraintes ou une pré-déformation.

Les objectifs de cette thèse sont de caractériser la réponse en vibration induite par l'écoulement d'une plaque pré-contrainte ou pré-déformée, et de contrôler cette réponse en modulant les paramètres mécaniques ou géométriques le long de la plaque. Trois cas de vibrations induites par un écoulement uniforme seront étudiés : une plaque pré-flambée, une plaque encastrée formant un angle avec l'écoulement, et une plaque pré-déformée sinusoïdalement. Pour ces trois cas, l'objectif est de déterminer comment la pré-déformation ou les pré-contraintes affectent l'instabilité de flottement.

Les trois cas de vibrations induites par l'écoulement seront étudiés en utilisant une approche méthodologique qui associe des études théoriques analytiques dans la limite des faibles non-linéarités, des études numériques et des expériences menées en soufflerie ou en canal hydrodynamique. La nouveauté de ce projet de thèse est de proposer une étude du flottement dans des cas où la structure est pré-contrainte ou pré-déformée. Ce projet trouve des applications dans l'armement (bruit mécanique en vibration, signature sonore ou furtivité, détection sous-marine, fatigue oligocyclique ou à grand nombre de cycles, et endommagement des structures) et dans le domaine civil (récupération d'énergie des courants marins, aéronautique, architecture navale, etc.).

Résumé en anglais :

This thesis focuses on the study of vibrations induced by fluid flow in plates, considering the effects of pre-stress or pre-deformation. An elastic structure can vibrate when the velocity of the flow in which it is placed exceeds a certain threshold. These vibrations can be harmful, such as fluttering of an airplane wing or vibration of a heat exchanger, or useful, such as energy recovery or animal locomotion. The canonical configuration studied is that of a flat elastic plate placed in an axial flow, known as the flutter instability problem of a flag. Theoretical models of this instability have been categorized into two types based on the aspect ratio of the plate.

In this study, three cases of vibrations induced by uniform flow will be investigated: (1) a pre-buckled plate, (2) a clamped plate forming an angle with the flow, and (3) a sinusoidally pre-deformed plate. The aim is to determine how pre-deformation or pre-stress affects the flutter instability, with the ultimate goal of predicting and controlling the vibration behavior. The three cases will be approached using analytical theoretical studies within the limit of weak nonlinearity, numerical simulations, and experiments carried out in a wind tunnel or a hydrodynamic channel.

This thesis proposes a study of the flutter instability under pre-stress or pre-deformation, in cases where the structure is not in an ideal configuration. The study aims to understand how pre-existing mechanical or geometric parameters affect the flutter instability and to provide insights into how to mitigate or control it. The study has applications in the field of defense (mechanical noise in vibration, acoustic signature or stealth, underwater detection, oligocyclic or high-cycle fatigue, and damage to structures) and in the civil domain (energy recovery from ocean currents, aeronautics, naval architecture, etc.).

Profil du candidat recherché :

Le candidat sera titulaire d'un Master ou équivalent en mécanique, mathématiques appliquées ou physique

Publications sur le sujet :

- Alben, S., & Shelley, M. J. (2008). Flapping states of a flag in an inviscid fluid: bistability and the transition to chaos. *Phys. Rev. Lett.*, 100, 074301.
- Doaré, O., Sauzade, M., Eloy, C., Flutter of an elastic plate in a channel flow: Confinement and finite-size effects. *J. Fluids Struct.*, 27, 76-88 (2011).
- Eloy, C., Kofman, N., Schouveiler, L., The origin of hysteresis in the flag instability. *J. Fluid Mech.*, 691, 583-593 (2012).
- Eloy, C., Lagrange, R., Souilliez, C., Schouveiler, L., Aeroelastic instability of cantilevered flexible plates in uniform flow. *J. Fluid Mech.*, 611, 97 (2008).
- Eloy, C., Souilliez, C., Schouveiler, L., Flutter of a rectangular plate. *J. Fluids Struct.*, 23, 904-919 (2007).
- Kornecki, A., Dowell, E. H. & O'Brien, J. (1976). On the aeroelastic instability of two-dimensional panels in uniform incompressible flow. *J. Sound Vib.*, 47, 163-178.

- Lemaitre, C., Hémon, P. & de Langre, E. (2005). Instability of a long ribbon hanging in axial air flow. *J. Fluids Struct.*, 20, 913–925.
- Lighthill, M. J. (1971). Large-amplitude elongated-body theory of fish locomotion. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 179, 125-138.
- Michelin, S., Llewellyn Smith, S. G., & Glover, B. J. (2008). Vortex shedding model of a flapping flag. *J. Fluid Mech.*, 617, 1-10.
- Païdoussis, M.P. (2004). *Fluid-Structure Interactions*, Vol. 2. Academic Press.
- Shelley, M. J., & Zhang, J. (2011). Flapping and bending bodies interacting with fluid flows. *Ann. Rev. Fluid Mech.*, 43, 449-465.
- Theodorsen, T. (1935). General theory of aerodynamic instability and the mechanism of flutter. NACA Report 496.
- Watanabe, Y., Suzuki, S., Sugihara, M. & Sueoka, Y. (2002). An experimental study of paper flutter. *J. Fluids Struct.*, 16, 529–542.
- Zhang, J., Childress, S., Libchaber, A. & Shelley, M. (2000). Flexible filaments in a flowing soap film as a model for one-dimensional flags in a two-dimensional wind. *Nature*, 408, 835–839.

Insertion professionnelle après thèse : publique et/ou privée