

VIBRATIONS DE PLAQUES SOUS ÉCOULEMENT : EFFETS DE PRÉ-CONTRAINTES OU DE PRÉ-DÉFORMATIONS

Une structure élastique peut entrer en vibration lorsque la vitesse de l'écoulement dans lequel elle est placée dépasse un certain seuil ; c'est ce que l'on appelle les vibrations induites par l'écoulement. Ces vibrations peuvent être nuisibles (flottement d'une aile d'avion, vibration d'un échangeur thermique, ...), ou, au contraire, utiles (récupération d'énergie, locomotion animale, ...). La configuration canonique généralement étudiée est celle d'une plaque élastique plane placée dans un écoulement axial. C'est le problème de l'instabilité de flottement d'un drapeau (Paidoussis, 2004 ; Shelley, & Zhang, 2011).

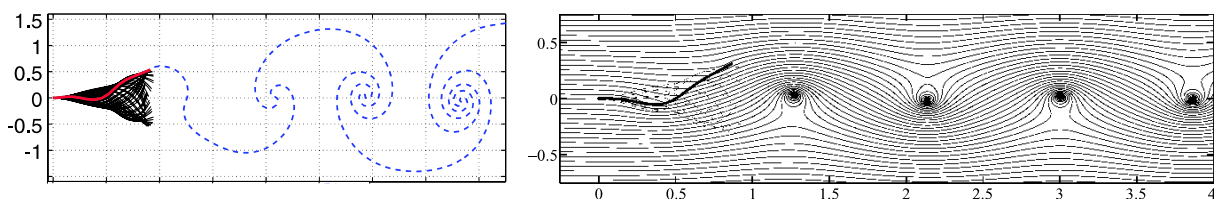
Les modèles théoriques de cette instabilité peuvent être classés en deux catégories en fonction du rapport d'aspect de la plaque. Pour de grands rapports d'aspect, c'est-à-dire lorsque la dimension transverse de la plaque est grande devant sa dimension longitudinale, le problème est quasi bidimensionnel. Dans ce cas, Kornecki *et al.* (1976) ont montré que l'écoulement peut être modélisé en utilisant la théorie instationnaire des ailes portantes. Quand le rapport d'aspect est petit en revanche, les forces aérodynamiques peuvent être calculées en utilisant la théorie des corps élancés (Lighthill 1960 ; Datta & Gottenberg 1975 ; Lemaitre *et al.* 2005). Ces études, réalisés pour ces deux cas asymptotiques, ont été plus récemment généralisées à des rapports d'aspect intermédiaires (Eloy *et al.* 2007) et à des configurations confinées (Doaré *et al.* 2011).

Les objectifs de cette thèse sont les suivants : **caractériser** la réponse en vibration induite par l'écoulement d'une plaque pré-contrainte ou pré-déformée et **contrôler** cette réponse en modulant les paramètres mécaniques ou géométriques le long de la plaque. Dans le cadre de cette étude, nous nous intéresserons à trois cas de vibrations induites par un écoulement uniforme : (1) une plaque pré-flambée, (2) une plaque encastrée formant un angle avec l'écoulement et (3) une plaque pré-déformée sinusoidalement. Pour ces trois cas, nous souhaitons déterminer comment la pré-déformation ou les pré-contraintes affectent l'instabilité de flottement. L'objectif est de pouvoir être en mesure de prédire le comportement en vibration afin de l'éviter ou de le contrôler.

La caractérisation de l'instabilité se fera de manière expérimentale et théorique dans le domaine subsonique (incompressible) et sera prolongée via des méthodes numériques dans le domaine supersonique (compressible). Dans un premier temps, la dynamique de la structure élastique sera introduite dans le code de calcul Navier-Stokes compressible utilisé au CEA via les conditions aux limites du domaine fluide, sous forme analytique uniquement (pas de couplage direct du code Navier Stokes avec un code de mécanique du solide de type Élément-Finis).

Encadrants IRPHE : Christophe Eloy (Christophe.Eloy@irphe.univ-mrs.fr)

Encadrants CEA : François Nadal (francois.nadal@cea.fr) , Céline Baranger



Champ d'écoulement généré par une instabilité de drapeau (fluttering) dans le cas standard d'une plaque alignée avec l'écoulement incident. A gauche : trajectoire lagrangienne (Alben & Shelley, 2008) ; à droite : lignes de courant (Michelin *et al.*, 2008).

Bibliographie

- Arellano Castro, R., Guillaumot, L., Cros, A., Eloy, C., Non-linear effects on the resonant frequencies of a cantilevered plate. *J. Fluids Struct.*, 46, 165-173 (2014).
- 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).
- Paraz, F., Schouveiler, L., Eloy, C., Thrust generation by a heaving flexible foil: Resonance, nonlinearities, and optimality. *Phys. Fluids*, 28, 011903 (2016).
- Yu, Z., Eloy C., Extension of Lighthill's slender-body theory to moderate aspect ratios. *J. Fluids Struct.*, 76, 84-94 (2018).