

# FLAMBEMENT DE STRUCTURES ÉLANCÉES SOUS L'EFFET D'UN ÉCOULEMENT AXIAL

J. Adjiman, P. Moussou (EDF / R&D / AMA)

## CONTEXTE ET OBJECTIF

Dans le cadre des actions de R&D en soutien à la modélisation des déformations de composants en alliage de Zr sous l'effet de diverses sollicitations, la prise en compte de l'effet de l'écoulement fluide couplé à la structure nécessite des développements méthodologiques. En amont d'études industrielles, il s'agit de déterminer dans quelle mesure une représentation du fluide en écoulement potentiel est pertinente. Pour ce faire, une étude d'une géométrie analytique documentée dans la littérature et facilement reproductible expérimentalement constitue un jalon dans la construction d'un modèle plus complexe.

L'objectif consiste à déterminer les types de déformations d'une plaque rectangulaire flexible sous écoulement parallèle, ainsi que la vitesse critique de départ en instabilité fluide, appelée ici flambement par analogie avec les plaques en compression.

## COMPORTEMENT D'UNE PLAQUE FLEXIBLE SOUS ÉCOULEMENT AXIAL

Le flambement d'une plaque sous l'effet d'un écoulement axial peut se comprendre comme la compétition entre une force fluide qui tend à éloigner la plaque de sa position d'équilibre, et la raideur en flexion de la plaque, qui tend à l'y ramener. Lorsque la plaque est légèrement déformée, la force mécanique de rappel est proportionnelle à l'amplitude de la déformation uniquement, tandis que la force fluide est proportionnelle au carré de la vitesse d'écoulement et à l'amplitude de la déformation; il existe par conséquent une vitesse critique à partir de laquelle la plaque n'est plus en équilibre stable dans sa configuration non déformée (Figure 1).

Des expériences ont été pratiquées en soufflerie, en collaboration avec l'ENSTA ParisTech, sur une feuille de mylar de 10 µm d'épaisseur soumise à une vitesse fluide allant jusqu'à 25 m/s (Figure 2). Elles servent de validation à la démarche de modélisation.

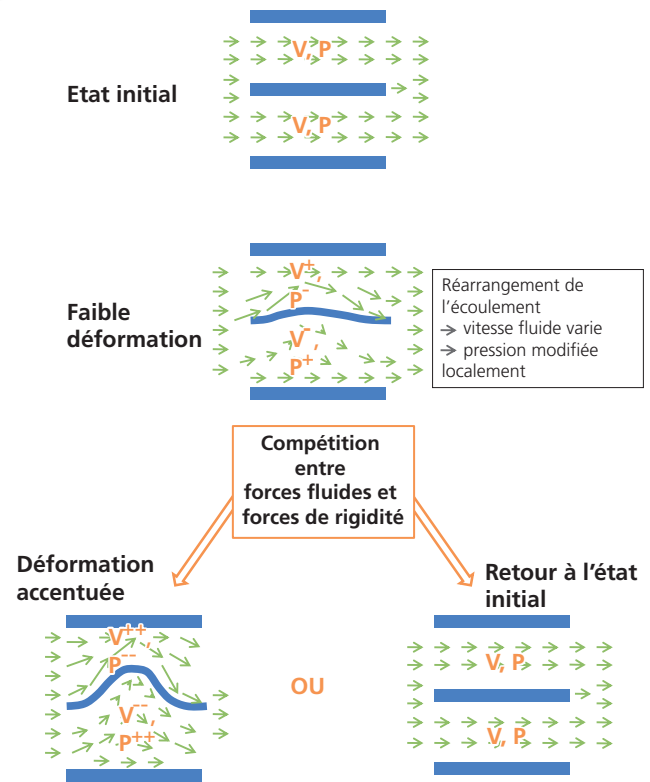


Figure 1 : Mécanisme du flambage fluide.

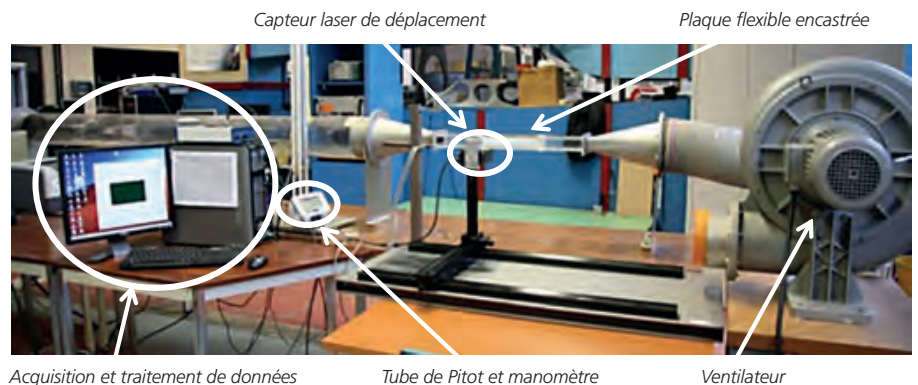
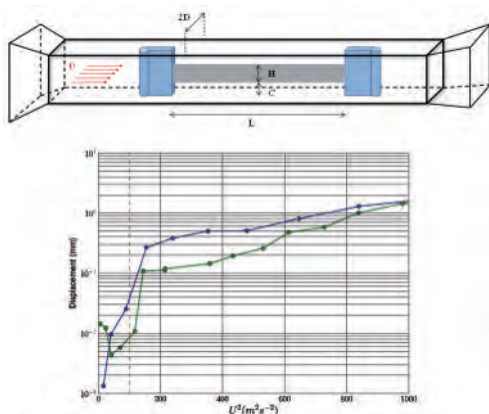


Figure 2 : Dispositif expérimental.

# FLAMBEMENT DE STRUCTURES ÉLANCÉES SOUS L'EFFET D'UN ÉCOULEMENT AXIAL

J. Adjiman, P. Moussou (EDF / R&D / AMA)

## PRINCIPE DU CALCUL ET MISE EN OEUVRE

Le calcul consiste à résoudre le problème de Laplace ( $\Delta\Phi = 0$ ) dans une enceinte rectangulaire représentant la veine d'essai, au milieu de laquelle est disposée une plaque déformée selon un de ses modes propres. La vitesse du fluide est le gradient du potentiel calculé, et les conditions aux limites s'expriment comme un flux de vitesse imposé à l'entrée, et un flux nul sur les parois de l'enceinte et sur la plaque. Par application de la relation de Bernoulli stationnaire, il est alors possible de calculer la pression.

La procédure de calcul consiste dans un premier temps à créer des maillages successifs correspondant à une série de modes de la plaque, et à déterminer les champs de vitesses ainsi que les champs de pression correspondants. Dans un deuxième temps, elle consiste à projeter les différents champs de pression sur la base des modes propres, et à résoudre l'équilibre statique dans cette base, ce qui fournit les vitesses de départ en instabilité (Figure 3). L'ensemble de ces calculs a pu être réalisé en langage de commande Python, avec pilotage du maillage, calcul du potentiel avec Code\_Aster et résolution des équations d'équilibre au moyen du module Numpy.

## RÉSULTATS

Les calculs sont effectués au moyen d'un maillage comportant 35694 éléments, ils s'exécutent en 30 minutes sur un poste de travail scientifique en traitant les dix premiers modes. La Figure 4 reproduit les résultats de calculs (losanges verts) comparés aux points expérimentaux (cercles rouges): le calcul potentiel permet de prédire avec une précision satisfaisante les conditions de départ en instabilité. On constate de plus que les effets de contournement de la plaque doivent être pris en compte.

La représentation en 3D de l'écoulement au moyen du fluide potentiel est donc satisfaisante, et pourra être mise à l'épreuve sur des géométries plus complexes.

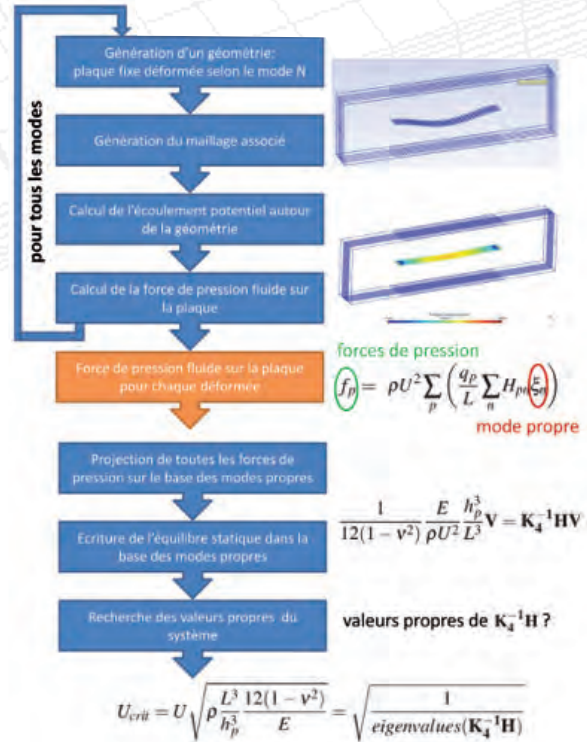


Figure 3: Méthode de calcul.

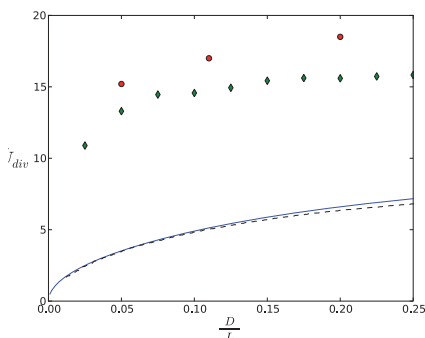


Figure 4: Résultats numériques (◆) et expérimentaux (●), comparés à la littérature scientifique en 2D.

