Proposition de stage au Département Aérodynamique, Énergétique et Propulsion (DAEP)

Analyse de stabilité d'un profil d'aile NACA 4412 à bas nombre de Reynolds pour différentes valeurs d'angle de flèche

Contacts : Gabriele Nastro (gabriele.nastro@isae-supaero.fr),
Maxime Fiore (maxime.fiore@isae-supaero.fr),
Jérémie Gressier (jeremie.gressier@isae-supaero.fr)

Lieu : Département Aérodynamique, Énergétique et Propulsion (DAEP), ISAE-SUPAERO, Toulouse

Durée : 4-6 mois, démarrage selon la disponibilité du candidat au cours de l'année 2024

Mots clés : analyse de stabilité linéaire, profil NACA 4412, bas nombre de Reynolds

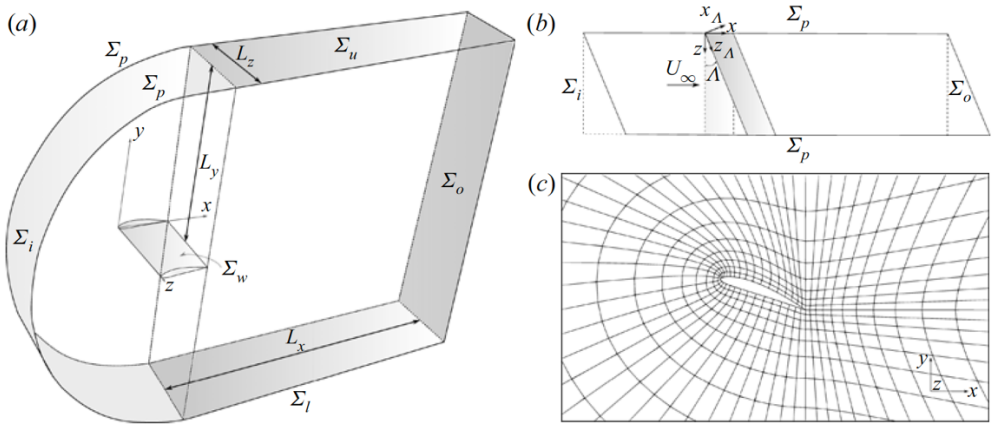

Figure 1 : Configuration d'aile en flèche, domaine de simulation et maillage, issu de Nastro et al. [1]

Résumé :
La nature et la sensibilité de modes d'instabilités globales se développant en aval de profils d'ailes dans des cas de décrochages est un sujet d'intérêt actuel. En particulier, l'effet de la mise en flèche du profil sur le mode dominant correspondant au mode de von Kármán a été étudié dans de récentes recherches. Nastro *et al.* [1] ont conduits des analyses de stabilité globales (tri-dimensionnelles) sur un profil NACA 4412 à bas nombre de Reynolds et pour trois différentes valeurs de flèches (voir figure 1). Ces auteurs ont en particulier montré que la mise en flèche induisait une force dans la direction de l'envergure qui avait tendance à stabiliser le mode de von Kármán, avec en en particulier une diminution de l'amplification du mode dominant lorsque la valeur de flèche augmentait.

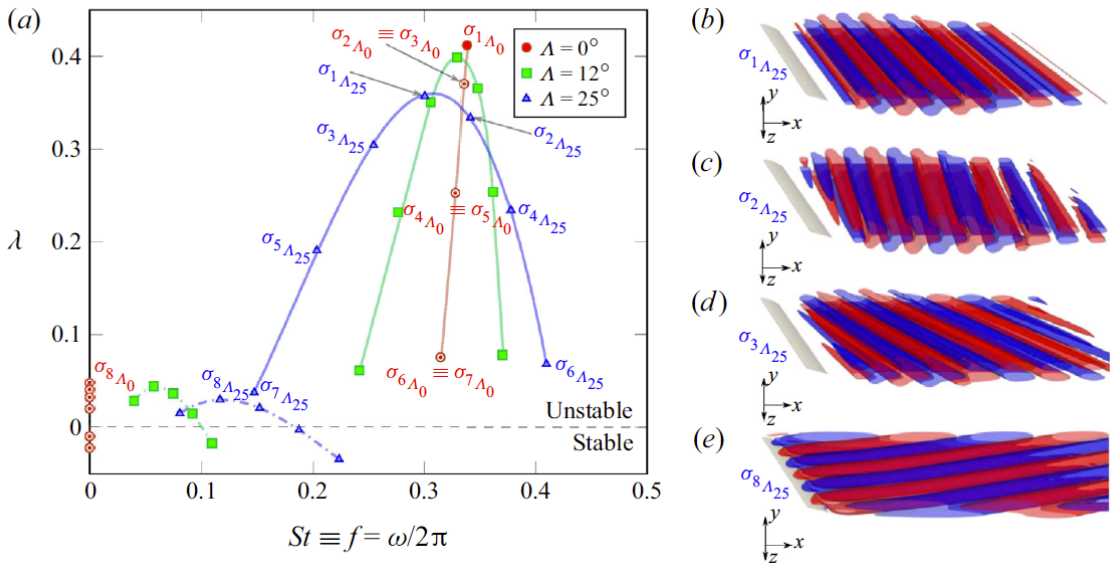

Figure 2 : Diagramme (pulsation, amplification) provenant d'une analyse de stabilité globale pour trois différentes valeurs de mise en flèche et vecteurs propres correspondants (droite), issu de Nastro *et al.*[1]

Des simulations du profil NACA 4412 de type DNS (direct numerical simulation) seront réalisés en amont du stage pour différentes valeurs de flèche afin de générer les écoulements de base utilisés par le code de stabilité. A partir de ces données, l'objectif de ce stage serait de réaliser des analyses de stabilité biglobales (bi-dimensionnelles) sur cette configuration pour une plus grande variété d'angle de flèches que ce qui avait été réalisé en stabilité globale [1] afin de vérifier certains comportements des modes d'instabilité, notamment certains comportements polynomiaux observés dans cette précédente étude en analyse globale (tri-dimensionelle).

Ensuite, l'objectif de ce stage serait d'étendre le code de stabilité pour les équations de Navier-Stokes en régime compressibles afin d'évaluer l'effet de la compressibilité sur la stabilisation/déstabilisation de ces modes de von Kármán.

Profil souhaité :

Connaissances dans le domaine de la mécanique des fluides et/ou des mathématiques appliquées. Bases de codage ou plus généralement de programmation.

<u>Bibliographie</u>

[1] Nastro, G., Robinet, J., Loiseau, J., Passaggia, P., & Mazellier, N. (2023). Global stability, sensitivity and passive control of low-Reynolds-number flows around NACA 4412 swept wings. *Journal of Fluid Mechanics, 957*, A5. doi:10.1017/jfm.2023.41

Internship at the Department of Aerodynamics, Energetics and Propulsion (DAEP), ISAE-Supaero

Stability analysis of a NACA 4412 profile at low Reynolds number for different sweep angles

Contact: Gabriele Nastro (gabriele.nastro@isae-supaero.fr),
Maxime Fiore (maxime.fiore@isae-supaero.fr),
Jérémie Gressier (jeremie.gressier@isae-supaero.fr)

Location: Département Aérodynamique, Énergétique et Propulsion (DAEP), ISAE-SUPAERO, Toulouse

Duration: 4-6 months, start when the candidate is available along the year 2024

Keywords: Linear stability analysis, NACA4412 profile, low Reynolds number

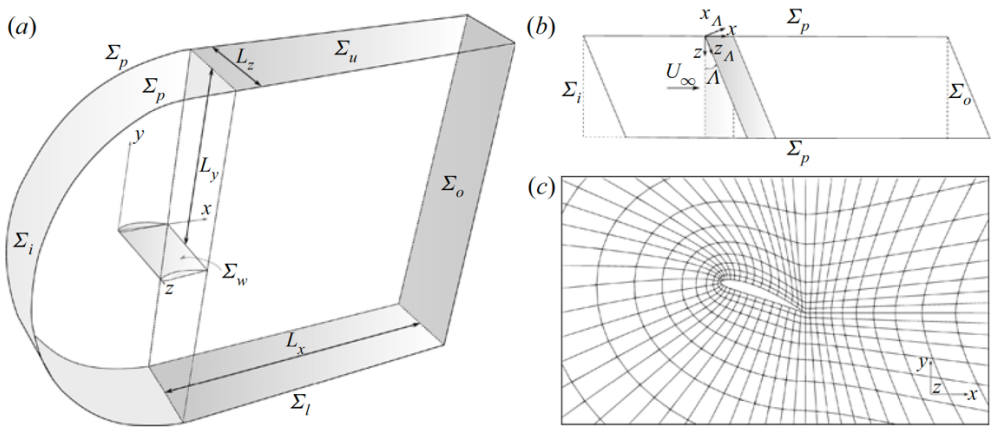

Figure 1: Swept wing configuration with NACA 4412 profile, simulation domain, meshing strategy, from Nastro *et al.* [1]

Resume:
The nature and sensitivity of global instability modes developing downstream of airfoil profiles experiencing separation is a subject of current research. In particular, the effect of sweeping on the dominant instability mode (von Kármán) has been studied in recent research. Nastro *et al.* [1] have conducted global linear stability analysis over a NACA 4412 profile at low Reynolds number for three different values of sweeping. The authors have in particular shown

that the sweeping induced a spanwise force that stabilizes the most unstable von Kármán mode, with a decrease of the amplification of this mode with an increasing sweeping.

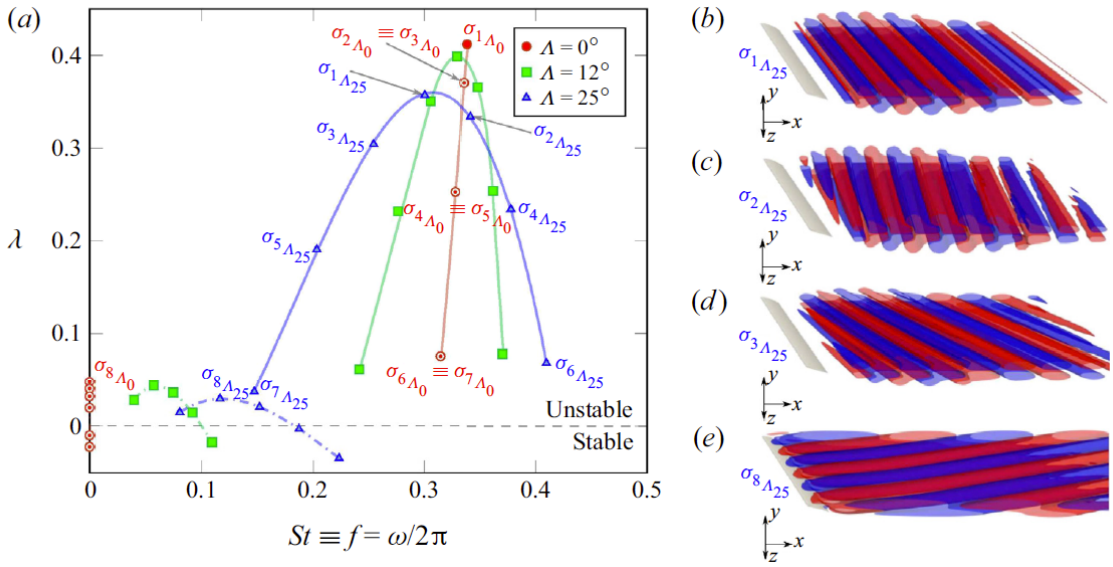

Figure 2 : Diagram (pulsation, amplification) obtained from a linear stability analysis (global analysis) for three different sweep angle (left) and associated eigenvectors (right), from Nastro *et al.*[1]

DNS simulations of the NACA4412 profile will be performed before the beginning of the internship with different sweep angles in order to generate base states used by the stability solver. From these data, the objective of this internship is to perform biglobal stability analysis (two-dimensional) of this configuration for a larger number of sweep angles than what had been performed in global stability in order to check some behaviors of the most unstable modes (polynomial behaviors).

Then, the objective of the internship is to extend the biglobal stability code to the compressible regime in order to evaluate the effect of compressibility on the stabilization/destabilization of the modes in the incompressible regime.

Knowledge:
Basic understanding of fluid mechanics and/or applied mathematics. Basis in coding or programmation

<u>Bibliography</u>

[1] Nastro, G., Robinet, J., Loiseau, J., Passaggia, P., & Mazellier, N. (2023). Global stability, sensitivity and passive control of low-Reynolds-number flows around NACA 4412 swept wings. *Journal of Fluid Mechanics, 957*, A5. doi:10.1017/jfm.2023.41