

## Proposition de stage Master 2

# Aéroélasticité d'ailes laminaires en régime transsonique proche du tremblement *Aeroelasticity of transonic laminar airfoils close to shock-buffet*

### Responsables et Contacts

**Olivier MARQUET**  
Ingénieur-Chercheur, ONERA/DAAA  
Courriel : [olivier.marquet@onera.fr](mailto:olivier.marquet@onera.fr)  
Tél : 01 46 23 51 97

**Christian TENAUD**  
Directeur de Recherche CNRS, EM2C  
Courriel : [christian.tenaud@centralesupelec.fr](mailto:christian.tenaud@centralesupelec.fr)  
Tél : 01 75 31 64 23

**Florent RENAC**  
Ingénieur-Chercheur, ONERA/DAAA  
Courriel : [florent.renac@onera.fr](mailto:florent.renac@onera.fr)

Date démarrage : mars 2025

Lieu : Laboratoire EM2C (CNRS/CentraleSupélec) et DAAA, ONERA-Meudon

Financement : Ce stage est financé par l'Institut d'Aéronautique et d'Astronautique de l'Université Paris Saclay

### Résumé

Étudier l'influence de la torsion et flexion d'un profil d'aile sur le tremblement de choc par des analyses de stabilité linéaire aéroélastique dans le cadre d'une modélisation RANS de l'écoulement compressible turbulent.

### Description du projet

La forme des ailes dites laminaires permet de retarder la transition à la turbulence dans les couches limites et ainsi de diminuer la traînée de frottement. C'est l'une des solutions aérodynamiques pour réduire l'empreinte carbone de la future génération d'avions civils. Mais l'aéroélasticité de ces ailes est encore mal connue et les vibrations en flexion et torsion des ailes induites par la présence d'un choc peuvent être dangereuses pour l'intégrité de l'avion.

Le stage participe, ainsi, à une meilleure compréhension de ce phénomène par une approche numérique. Il vise à explorer ce phénomène surprenant observé pendant la fin de thèse de Matthias Plath co-encadrée par Christian Tenaud (EM2C/CNRS/CentraleSupélec), Florent Renac (ONERA/DAAA) et Olivier Marquet (ONERA/DAAA). Dans la plupart des études sur le sujet, la torsion et la flexion d'une aile en régime transsonique ont tendance à élargir la région de l'espace des paramètres (nombre de Mach et angle d'attaque) dans laquelle des vibrations de grandes amplitudes de l'aile sont simulées numériquement. La frontière de cette région peut être efficacement étudiée par des analyses de stabilité linéaire aéroélastique qui permettent d'identifier trois modes d'instabilité. Pour des ailes de

faible masse et très flexible, il est possible de stabiliser ces trois modes, indiquant que la région d'instabilité dans l'espace des paramètres peut être diminuée. Ce résultat, très surprenant, sera étudié en détail dans le stage par une approche théorique/numérique en utilisant une suite d'outils de simulation déjà développée et validée se basant sur une discrétisation Galerkin-Discontinue et un modèle statistique de turbulence (RANS) transitionnelle.

## Références

- Giannelis, N. F., Vio, G. A., & Levinski, O. (2017). A review of recent developments in the understanding of transonic shock buffet. *Progress in Aerospace Sciences*, **92**: 39-84.
- Gao, C., Zhang, W., Li, X., Liu, Y., Quan, J., Ye, Z., & Jiang, Y. (2017). Mechanism of frequency lock-in in transonic buffeting flow. *Journal of Fluid Mechanics*, **818**: 528-561.
- Plath, M., Renac, F., Marquet, O., & Tenaud, C. A High Order Local Correlation Based Transition Model for Transonic Airfoil Flows. *Computers & Fluids*, **285**: 106461.

## Profil du candidat

Formation en mécanique des fluides et en mathématiques appliquées ; compétences en programmation seront les bienvenues.

Élève venant des grandes écoles ou d'un Master en mécanique et/ou mathématiques appliquées, avec un bon dossier académique.

## *Aeroelasticity of transonic laminar airfoils close to shock-buffet*

Starting date: March 2025

Location: EM2C Lab. (CNRS/CentraleSupélec) et DAAA, ONERA-Meudon

Funding: This internship is funded by the Institut d'Aéronautique et d'Astronautique of the Université Paris Saclay.

## Abstract

*Study the influence of torsion and bending of a wing airfoil on shock damping by aeroelastic linear stability analyses within the framework of RANS modeling of turbulent compressible flow.*

## Project description

*The shape of laminar wings delays the transition to turbulence in the boundary layers, thus reducing friction drag. This is one of the aerodynamic solutions for reducing the carbon footprint of future-generation civil aircraft. However, the aeroelasticity of these wings still needs to be better understood, and the bending and twisting vibrations of the wings induced by the presence of an impact can be dangerous for the integrity of the aircraft.*

*The internship will contribute to a better understanding of this phenomenon through a numerical approach. It aims to explore this surprising phenomenon observed during Matthias Plath's final thesis, co-supervised by Christian Tenaud (EM2C/CNRS/CentraleSupélec), Florent Renac (ONERA/DAAA) and Olivier Marquet (ONERA/DAAA). In most*

*studies, twisting and bending a wing in the transonic regime tends to enlarge the region of parameter space (Mach number and angle of attack) in which significant amplitude wing vibrations are numerically simulated. The boundary of this region can be effectively investigated by aeroelastic linear stability analyses, which identify three instability modes. For low-mass, highly flexible wings, it is possible to stabilize all three modes, indicating that the instability region in parameter space can be reduced. This surprising result will be investigated in detail during the internship, using a theoretical/numerical approach and an already developed and validated suite of simulation tools based on a Galerkin-Discontinuous discretization and a transitional statistical turbulence model (RANS).*

### Candidate profile

Background in fluid mechanics and applied mathematics, programming skills welcome.

Graduate or master's degree in mechanics and/or applied mathematics with good academic records.