

Aéroélasticité des avions *Plane Aeroelasticity*

Code cours *Course code:* **AAV**

| | | | |
|--|---|--|---------|
| Coordonnateurs <i>Lecturers</i> | : C. Laure, I. Barber (Intervenante extérieure <i>Guest speaker</i>) | Cours <i>Lectures</i> | : 12h30 |
| Période <i>Year of study</i> | : 3 ^{ème} année <i>3rd year</i> | T.D. <i>Tutorials</i> | : |
| Semestre <i>Semester</i> | : 5 ^{ème} semestre <i>5th semester</i> | T.P. <i>Laboratory sessions</i> | : |
| Evaluation <i>Assessment method(s)</i> | : 1 examen écrit <i>1 written exam</i> | Projet <i>Project</i> | : |
| Langue d'instruction <i>Language of instruction</i> | : Français <i>French</i> | Non encadré <i>Unsupervised</i> | : |
| Type de cours <i>Type of course</i> | : Electif <i>Elective</i> | Horaire global <i>Total hours</i> | : 12h30 |
| Niveau <i>Level of course</i> | : Second cycle universitaire <i>Graduate</i> | Travail personnel <i>Homework</i> | : |

Compétences attendues : Comprendre les phénomènes fondamentaux d'aéroélasticité sur les aéronefs, grâce une approche industrielle.

Pré-requis : Mécanique du vol, Aérodynamique, Résistance des matériaux, Vibrations

Contenu :

L'aéroélasticité est l'étude des couplages entre l'écoulement aérodynamique de l'air autour de la structure et le comportement de la celle-ci : les forces aérodynamiques déforment la structure qui, du fait de sa forme différente, modifie l'écoulement et les forces aérodynamiques en résultant. Non seulement ces couplages modifient les efforts de dimensionnement de la structure, mais ils peuvent aussi générer des phénomènes statiques et dynamiques potentiellement divergents. Le cours est consacré à l'étude de ces phénomènes sur les avions, avec une approche industrielle du domaine.

- Partie 1 : Rappel des notions fondamentales

Après la visualisation d'un film présentant les missions et activités des personnes travaillant dans le domaine de l'aéroélasticité, la première partie consiste en un rappel très succinct de quelques notions fondamentales des domaines aérodynamique et structure, indispensables à l'étude de l'aéroélasticité : coefficients de pression, pression dynamique, bases modales ...

- Partie 2 : Couplages divergents statiques et dynamiques

La seconde partie traite des couplages divergents statiques et dynamiques, dont en particulier le flutter (flottement), instabilité dynamique conduisant à la destruction de la structure en quelques secondes : l'excitation aérodynamique entraîne une déformation de la structure qui crée un écoulement aérodynamique amplifiant le mouvement de la structure... Après la mise en équation du phénomène, on s'attache à comprendre les notions d'amortissement et de raideur aérodynamiques et leur influence sur ce phénomène. Enfin, la démarche appliquée dans l'industrie aéronautique pour étudier et repousser ce phénomène (avec une marge suffisante) en dehors du domaine de vol est décrite : calculs éléments finis aux différents stades d'avancement d'un programme avion, essais de vibrations au sol et enfin essais en vol.

- Partie 3 : Charges et efficacités des gouvernes

La dernière partie s'intéresse aux conséquences de l'aéroélasticité sur les charges de dimensionnement de la structure et sur l'efficacité des gouvernes : potentielle perte d'efficacité pouvant aller jusqu'à l'inversion de l'effet recherché. Le braquage d'une gouverne crée un moment aérodynamique qui modifie la forme de la structure (par exemple, la forme de la voilure dans le cas du braquage d'un aileron) et peut rendre moins efficace ce braquage, voire conduire à un moment inverse de celui souhaité.

Enfin, la performance d'un avion dépend de sa forme en vol, différente de celle au sol, rendant nécessaire le calcul de la forme au sol qui donnera la forme en vol la plus performante.

Bibliographie :

R.L. Bisplinghoff and H. Ashley, Principles of Aeroelasticity, Dover Publications, 1962

E.H. Dowell, H.C. Curtiss, R.H. Scanlan, F. Sisto, A modern course in Aeroelasticity, Sijtoff and Nordhoff, 1978

Expected competencies: Understand fundamental phenomena in aeroelasticity of aircraft, thanks to an industrial approach.

Prerequisites: Flight mechanics, Aerodynamics, Resistance of materials, Vibrations

Content:

Aeroelasticity is the study of couplings between the aerodynamic flow of air around a structure and the behavior of the structure itself: aerodynamic forces deform the structure, which, because of its different shape, modifies the resulting flow and aerodynamic forces. Not only do these couplings modify the structure's design forces, they can also generate potentially divergent static and dynamic phenomena. The course is devoted to the study of these phenomena on aircraft, with an industrial approach to the field.

- Partie 1 : Rappel des notions fondamentales

The first part will remember the fundamentals of both aerodynamic and structural domains, essential for the study of aeroelasticity: pressure coefficients, dynamic pressure, modal bases...

- Partie 2 : Couplages divergents statiques et dynamiques

The second part will treat diverging static and dynamic couplings. Flutter is a divergent phenomenon leading to the destruction of the structure in a few seconds. The aerodynamic excitation leads to a deformation of the structure that creates an airflow amplifying the movement of the structure ... After setting equation of the phenomenon, we will seek to understand the concepts of aerodynamic damping and stiffness and their influence on this phenomenon. For a better physical understanding, the coupling will also be analyzed on a system with two degrees of freedom: bending and torsion of a wing. Finally, the approach applied in the aviation industry to study and push away this phenomenon (with an adequate margin) outside the flight envelope will be presented.

- Partie 3 : Charges et efficacités des gouvernes

This last part will focus on the effects of aeroelasticity on the design loads of the structure and the effectiveness of control surfaces: potential loss of efficiency up to its inversion. Deflection of a control surface creates an aerodynamic moment that changes the shape of the structure (for instance the shape of the wing in the case of the aileron deflection) and may make this deflection less effective and even lead to a moment opposite to that desired.

Finally, the performance of an aircraft depends on its shape in flight, different from the one on ground, necessitating the calculation of the shape on the ground that will lead to the most efficient shape in flight.

Recommended reading:

R.L. Bisplinghoff and H. Ashley, Principles of Aeroelasticity, Dover Publications, 1962

E.H. Dowell, H.C. Curtiss, R.H. Scanlan, F. Sisto, A modern course in Aeroelasticity, Sijtoff and Nordhoff, 1978