

UM5MEF03 – Aéroélasticité (Aeroelasticity)

A. Vincenti - J-C Chassaing

2026-09-28 10:15:05 +0200

Informations générales

Title (EN)	Aeroelasticity
Titre (FR)	Aéroélasticité
Nom du ou de la responsable de l'UE	A. Vincenti - J-C Chassaing
Nombre d'heures de cours / Amount of class hours	18
Volume h TD / Amount of exercise hours	10
Volume h Projet / Amount of project hours	2
ECTS	3
Semestre	Automne (S3)
Semester	Sept-Jan (S3)
Periode (pour les cours M2)	Sept-Nov
Quarter (for M2 classes)	P1
Langue	Anglais
Language	Anglais
Localisation	Campus PMC
Lien vers l'emploi du temps / trad en	Campus PMC
Code de l'UE	UM5MEF03
Année / Year	Master 2

Informations pédagogiques

Contenu (FR)

Ce cours offre une introduction rigoureuse aux fondements de l'aéroélasticité et à leur simulation numérique à travers l'étude du profil typique à deux degrés de liberté et de modèles continus (poutres, plaques). Les étudiants exploreront d'abord les instabilités aéroélastiques classiques (divergence statique et flottement) avant d'aborder la modélisation de la structure par éléments

finis et aérodynamique instationnaire via la théorie de Theodorsen . Le programme couvre ensuite les méthodes industrielles de résolution du flottement dans le domaine fréquentiel (méthodes K et p-k). La dernière partie du cours s'ouvre sur l'aéroélasticité transitoire et stochastique : elle donne aux étudiants les outils mathématiques (intégrale de Duhamel, fonctions de Wagner, Sears et Küssner, spectres de turbulence) pour modéliser la réponse dynamique d'un aéronef face à des manœuvres arbitraires et des rafales atmosphériques, en lien direct avec les critères de certification aéronautique. Enfin, les notions fondamentales sont abordées dans un projet numérique dédié à la prédiction du flottement d'une structure soumise à un écoulement supersonique.

Content (EN)

This course provides a rigorous introduction to the fundamentals of aeroelasticity and their numerical simulation through the study of the typical two-degree-of-freedom airfoil and continuous models (beams, plates). Students will first explore classical aeroelastic instabilities (static divergence and flutter) before addressing finite element structural modeling and unsteady aerodynamics via Theodorsen's theory. The curriculum then covers industrial methods for solving flutter in the frequency domain (K and p-k methods). The final part of the course opens on transient and stochastic aeroelasticity: it provides students with mathematical tools (Duhamel integral, Wagner, Sears and Küssner functions, turbulence spectra) to model the dynamic response of an aircraft facing arbitrary maneuvers and atmospheric gusts, in direct connection with aviation certification criteria. Finally, fundamental concepts are addressed in a dedicated numerical project focused on flutter prediction for a structure subjected to supersonic flow

Mots clés (FR)

Couplage fluide-structure, instabilité aérolastique, prédiction du sifflement, modélisation des rafales, analyse modale, aérodynamique instationnaire

Keywords (EN)

Fluid-structure coupling, aeroelastic instability, flutter prediction, gust modeling, modal analysis, unsteady aerodynamics

Prérequis (FR)

- Capacité à modéliser et analyser des systèmes mécaniques discrets dynamiques.
- Connaissances des principes fondamentaux en mécanique des structures (analyse modale).
- Notions fondamentales en mécanique des fluides incompressible

Pre-requisites (EN)

- Ability to model and analyze discrete, vibrating mechanical systems.
- Knowledge of basic structural principles.
- Fundamentals in fluid mechanics

Modalité d'évaluation

- Examen 1 (J-C Chassaing) - partie Modélisation aérolastique : 40%
- Examen 2 (A. Vincenti) - partie Modélisation numérique : 40%
- Projet numérique (A. Vincenti et J-C Chassaing) : 20%

Assessment

- Exam 1 (J-C Chassaing) - Aeroelastic modeling : 40%
- Exam 2 (A. Vincenti) - numerical modeling : 40%
- Numeric project (A. Vincenti et J-C Chassaing) : 20%

Acquis d'Apprentissage Visés

A l'issue de l'apprentissage de cet enseignement , vous disposerez des compétences suivantes:

- Expliquer les mécanismes responsables des instabilités aérolastiques couramment observées telles que la divergence, le flottement, l'efficacité de portance, l'inversion de l'aileron et la coalescence de modes.
- Dériver les équations du mouvement aérolastiques statiques et dynamiques pour des systèmes aérolastiques décrits soit par des systèmes masse-ressort, soit par des modèles éléments finis
- Résoudre la réponse aérolastique en termes de diagramme de flottement vitesse-amortissement et vitesse-fréquence (notebook Python)
- Modéliser les forces aérodynamiques instationnaires en réponse à des rafales aérodynamiques discrètes et continues (turbulence). *Résoudre le problème du flottement de panneau supersonique (analyse modale et temporelle) à l'aide d'une analyse par éléments finis (notebook Python)

Learning outcomes

After completing this course, you will be able to:

- * Explain the mechanisms responsible for commonly observed aeroleastic instabilities such as divergence, flutter, lift efficiency, aileron reversal and modal coalescence
- * Derive static and dynamic aeroelastic equations of motion for aeroelastic systems described by mass-spring or finite element models
- * Solve for aeroelastic response in terms of velocity-damping and velocity-frequency flutter diagrams
- * Model unsteady aerodynamic forces and aerodynamic gust past an oscillating plate
- * Solve the supersonic panel flutter problem in time domain using FE analysis (Python notebook)

Bibliographie

- E Delangre, Dynamique et Vibrations. Editions de l'Ecole Polytechnique, 2008
- Dowell. E.H., et al. A Modern Course in Aeroelasticity. Kluwer Academic Publishers, 3rd Edition, 1995
- Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads, Jan R. Wright, Jonathan E. Cooper, John Wiley & Sons, 2014



Figure 1: Figure

Version PDF