

Présentation du cours M2/MFE/NS614 : Aéroélasticité en Aéronautique

jean-camille.chassaing@upmc.fr

IJLRA, UPMC-CNRS (2008-2009)



NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection
<http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/photo/index.html>

NASA Photo: EDD1-0209-5 Date: July 14, 2001 Photo by: Nick Galante/PMRF
The Helios Prototype flying wing is shown near the Hawaiian islands of Niihau and Lehua during its first test flight on solar power from the U.S. Navy's Pacific Missile Range Facility.



Plan du cours (30^H)

Les différents chapitres

- 1 Présentation de la thématique scientifique
- 2 Aéroélasticité **statique** des ailes
- 3 Prédiction du **flottement**
- 4 Aérodynamique **instationnaire** des profils
- 5 **LCO**, bifurcations, chaos et **contrôle actif**
- 6 Méthodes numériques et **couplage fluide-structure**
- 7 Aéroélasticité des **turbomachines**

Contenu des chapitres

Chap. I - Présentation de la thématique scientifique

- ① Classification des instabilités F/S et illustrations
- ② Principaux paramètres aéroélastiques :
 - Fréquence réduite, nombre de Strouhal
 - Rapport de masse
 - Nombre de Reynolds de vibration
 - Nombre de Scruton
- ③ Exemples d'excitation fluide-structure :
 - Flottement de la soufflante d'un turboréacteur
 - Lacher tourbillonnaire d'un arrière corps
 - Transfert d'énergie entre le fluide et la structure d'une aile
- ④ Notion d'opérateurs aéroélastiques

Contenu des chapitres

Chap. II - Aéroélasticité statique des voilures

- ① Introduction
- ② Configuration en torsion
- ③ Configuration torsion+aileron
 - Divergence
 - Perte d'efficacité des gouvernes
 - Vitesse critique d'inversion
 - Critère d'efficacité
- ④ Divergence des ailes
 - Modèles simplifiés de surface portante
 - Ailes droites
 - Effet de flèche

Contenu des chapitres

Chap. III - Flottement des voilures

- 1 Introduction et philosophie générale
- 2 Profil en tangage et pilonnement: définitions et conventions
- 3 Les équations du mouvement
- 4 Méthode p en écoulement stationnaire
- 5 Méthode de Theodorsen
- 6 Méthode $v-g$
- 7 Frontière de flottement en écoulement compressible
- 8 Méthode $p-k$
- 9 Influence des paramètres aéroélastiques
- 10 Flottement des ailes droites - méthode de Ritz

Contenu des chapitres

Chap. IV - Aérodynamique instationnaire des profils

- ① Rappels élémentaires de Mécanique des Fluides
- ② Opérateur incompressible en oscillations harmoniques
 - Ecoulement incompressible
 - Ecoulement supersonique
- ③ Opérateurs pour les rafales aérodynamiques:
 - Problème de Kussner
 - Problème de Wagner
 - Problème de Sears
 - Rafales continues
- ④ Mouvements et rafales arbitraires
 - Fonctions indicielles
 - Intégrales de Duhamel

Contenu des chapitres

Chap. V - Comportement aéroélastique non-linéaire des profils et contrôle

- ① **Analyse du comportement non-linéaire**
 - Méthode analytique fréquentielle
 - Résolution numérique dans le domaine temporel
 - Cycles limites, bifurcation de Hopf, comportement chaotique
 - Diagrammes de phase, diagrammes de bifurcation

- ② **Un exemple de contrôle aéroélastique**

Contenu des chapitres

Chap. VI - Couplage fluide/structure et CAE

- ① Opérateur Mécanique
- ② Opérateur Aérodynamique
 - déformation du maillage
 - méthode non-linéaire en temps sur maillage mobile
 - méthode linéarisée et harmonique en temps
- ③ Couplage des opérateurs
 - couplage faible
 - couplage fort

Contenu des chapitres

Chap. VII - Aéroélasticité des turbomachines

- 1 Diagramme de Campbell
- 2 Réponse forcée
- 3 Carte de marge au flottement
- 4 Modes en onde-d'influence et en onde-tournante
- 5 Angle de déphasage inter-aubes
- 6 Coefficient d'amortissement aérodynamique
- 7 Stabilité aéroélastique d'une turbine axiale
- 8 Désaccordage des aubages

Position du cours dans le cursus universitaire

Pré-requis

- **Mécanique des solides** : Eqs. de Lagrange, théorie des poutres
- **Mécanique des fluides** : Ecoulements incompressibles, théorie des profils minces, mécanique du vol





Disciplines associées

- Aéroacoustique
- Turbulence
- Aérodynamique des turboréacteurs

Perspectives

- **Stage M2** : Snecma, Turbomeca, EDF, ...
- **Thèse de Doctorat** : Université, ONERA, cerfacs, ...

Pour aller plus loin...

-  R. Bisplinghoff and H. Ashley and R. L. Halfman
Aeroelasticity.
Dover Publications, 1955
-  Fung Y.C.
An Introduction to the Theory of Aeroelasticity.
Dower, 1969.
-  R. Bisplinghoff and H. Ashley
Principles of Aeroelasticity.
Dover Publications, 1962
-  Dowell. E.H., Crawley E.F., Curtiss Jr. H.C., Peters D.A., Scanlan R.H., and Sisto F.A.
A Modern Course in Aeroelasticity.
Kluwer Academic Publishers, 3rd Edition, 1995.