

Aeroacoustique

Niveau M2 - Semestre S1 - Crédits 3 ECTS -

MU5MEF11

Présentation pédagogique :

L'aéroacoustique étudie le bruit d'origine aérodynamique (dans l'air) ou hydrodynamique (dans l'eau). Le préfixe *aéro* indique qu'il s'agit d'une branche de la mécanique des fluides. Les caractéristiques de l'écoulement qui produit le rayonnement acoustique sont en effet déterminantes. La partie acoustique caractérisée par des fluctuations compressibles de faible amplitude à caractère propagatif fait de l'aéroacoustique une science à la croisée entre l'acoustique et la mécanique des fluides. Le bruit généré par le rétroviseur d'une voiture ou par le train d'atterrissage d'un avion en sont de bons exemples.

Objectifs de l'Unité d'Enseignement :

L'objectif de ce cours est de donner aux étudiants les connaissances de base pour comprendre les difficultés spécifiques à la résolution des problèmes d'aéroacoustique. Dans ce cours, on s'intéresse d'abord à la génération de bruit par un écoulement turbulent libre. L'ordre de grandeur des différents mécanismes impliqués est donné, ce qui permet de développer la théorie de Lighthill. On montre également que les effets de l'écoulement moyen sont importants pour comprendre la propagation des ondes sonores et identifier les sources sonores. L'effet de diffraction dû à la présence de surfaces solides est discuté avec des exemples tels que le bruit éolien (produit par le vent sur un objet), le bruit d'un profil d'aile en écoulement ou les phénomènes de rétroaction (cavité). Une interprétation physique des mécanismes sous-jacents est fournie. Le cours se termine par une introduction à l'aéroacoustique numérique (CAA) et quelques illustrations des progrès récents dans les domaines aéronautique et des transports terrestres sont présentés.

Contenu de l'Unité d'Enseignement :

1. Introduction
 - Présentation de problèmes en aéroacoustique
 - Solutions de l'équation d'onde avec des fonctions de Green
 - Analogie de Lighthill (exercice sur le bruit de cavitation)
 - Illustration avec le bruit d'appariement de tourbillons
2. Propagation acoustique en écoulement
 - Extension de l'opérateur d'onde, effet Doppler
 - Exercice sur des sources supersoniques
3. Génération de bruit en présence de parois solides
 - Analogie de Curle et Ffowcs Williams-Hawkings (exercice sur le principe de réflexion de Powell)
 - Illustration sur le bruit de cylindre ou de profil (TP matlab)
 - Théorie du bruit des tourbillons de Powell-Howe
 - Phénomènes de rétroaction aéroacoustique pour des écoulement cisailés impactants
4. Aéroacoustique numérique (CAA)
 - Méthodes hybrides en deux étapes, méthodes statistiques
 - Enjeux du calcul direct du bruit
 - Illustrations pour le bruit de jets, de cavité ou de couches limites

Pré-requis : Mécanique des Fluides, Notions d'acoustique, d'algèbre linéaire.

Références bibliographiques :

- D. Crighton, A. Dowling, J. Ffowcs Williams, M. Heckel & F. Leppington, Modern methods in analytical acoustics, Springer Verlag, 1994
- M.S. Howe, Acoustics of fluid-structure interactions, Cambridge University Press, 1998
- W.K. Blake, Mechanics of flow-induced sound and vibration (vol. 1 & 2), Academic Press, 2017 (2nd ed.)
- S. Clegg & W. Devenport, Aeroacoustics of low Mach number flows, Academic Press, 2017

Ressources mises à disposition des étudiants : polycopié, notes de cours, programme Matlab, articles

Evaluation :

- Examen écrit (2h) (50%)
- Travail personnel : projet Matlab sur l'analogie acoustique (50%)

Responsable : Xavier GLOERFELT

Aeroacoustics

Level M2 - Semester S1 - Credits 3 ECTS - Code 5AF19

Scope : Aeroacoustics studies the aerodynamically (in air) or hydrodynamically (in water) generated noise. The *aero* prefix indicates that it is a branch of fluid mechanics. The features of the flow field creating the acoustic radiation are indeed essential. The acoustic part characterized by small amplitude compressible fluctuations with a propagative nature makes aeroacoustics at the crossroads of acoustics and fluid mechanics. The noise generated by the rear mirror of a car or by the landing gear of a plane are good examples.

Objective : The objective of this course is to give to the students the basic knowledge to understand the specific difficulties in solving problems in aeroacoustics. In this course, attention is paid first to the generation of noise by a free turbulent flow. The order of magnitude of the various involved mechanisms are given, which allows to derive the Lighthill's theory. It is also shown that the effects of mean flow are important with regard to the propagation of sound waves and the identification of sound sources. The diffraction effect due to the presence of solid surfaces are discussed with examples such as aeolian sound produced by the wind when it passes over objects, trailing edge noise from an airfoil or cavity tones. A physical interpretation of underlying mechanisms is provided. The course ends with an introduction to computational aeroacoustics (CAA) and some illustrations from recent advances in aeronautics and ground transportation are presented.

Objective : Pré-requis. Mécanique des Fluides, notions d'algèbre linéaire. prerequisite

Key Topics :

1. Introduction
 - Presentation of some aeroacoustic problems
 - Solutions of the wave equation with Green's function
 - Lighthill's analogy (exercice on cavitation noise)
 - Illustration with vortex pairing noise
2. Sound propagation in flow
 - Extended wave convection, Doppler effect
 - Exercice with supersonic sources
3. Noise generation from wall-bounded flows
 - Curle's and Ffowcs Williams-Hawkings' analogies (exercice on Powell's reflection principle)
 - Illustrations with cylinder and airfoil noise (matlab practical work)
 - Powell-Howe's vortex-sound theory
 - Aeroacoustic feedback illustrated by self-sustained oscillations in impinging shear flows
4. Computational aeroacoustics (CAA)
 - Two-step hybrid strategies, statistical methods
 - Issues unique to direct computation of noise
 - Examples of applications for jets, cavities, boundary layers

Prerequisite : Fluid Mechanics, Notions in Acoustics, Calculus and linear algebra.

Recommended reading :

- D. Crighton, A. Dowling, J. Ffowcs Williams, M. Heckel & F. Leppington, Modern methods in analytical acoustics, Springer Verlag, 1994
- M.S. Howe, Acoustics of fluid-structure interactions, Cambridge University Press, 1998
- W.K. Blake, Mechanics of flow-induced sound and vibration (vol. 1 & 2), Academic Press, 2017 (2nd ed.)
- S. Clegg & W. Devenport, Aeroacoustics of low Mach number flows, Academic Press, 2017

Material for students : course notes, Matlab scripts, articles

Evaluation :

- Written exam (2h) (50%)
- Homework : Matlab project on acoustic analogy (50%)

Lecturer : Xavier GLOERFELT