

DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE
POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

— MEC6617 —
TURBULENCE

Professeur : Jérôme Vétel
Bureau : C-305.6
Téléphone : 340-4711, poste 2961
Courriel : jerome.vetel@polymtl.ca
Site Internet : moodle.polymtl.ca

« I am an old man now, and when I die and go to Heaven there are two matters on which I hope for enlightenment. One is quantum electrodynamics and the other is the turbulent motion of fluids. And about the former I am rather optimistic. »

H. LAMB, 1932

Objectifs du cours

La plupart des écoulements monophasiques, polyphasiques et réactifs, générés de façon naturelle ou produits par un système industriel, sont turbulents. Mais bien que la turbulence concerne la majorité des cas pratiques, ce phénomène échappe encore à toute description théorique globale et reste un des mystères encore irrésolus de la physique actuelle. Pour l'ingénieur, il est pourtant nécessaire d'atteindre un niveau raisonnable de compréhension afin de pouvoir prédire les caractéristiques moyennes des écoulements turbulents.

L'objectif de ce cours de 3 crédits est d'acquérir les notions fondamentales nécessaires pour appréhender la turbulence et ses propriétés essentielles, notamment par des approches statistiques. Le passage par les notions théoriques est inévitable mais l'accent sera mis sur les aspects physiques, ainsi que sur l'approche expérimentale, par exemple au travers de visualisations, plutôt que sur les développements mathématiques qui peuvent être compris indépendamment. Si le temps nous le permet, les principales techniques de mesures seront présentées dans les locaux du *Laboratoire de Dynamique des Fluides (LDyF)*, situé au C-318.21.

Thèmes abordés

Nous traiterons en particulier les thèmes suivants :

- les approches statistiques;
- les écoulements turbulents libres (jets et sillages);

- les écoulements turbulents de paroi (couches limites);
- la dynamique tourbillonnaire;
- la turbulence homogène et isotrope (théorie de Kolmogorov);
- le traitement du signal et les techniques de mesures;
- la modélisation et la simulation de la turbulence.

Préalables

Ce cours s'adresse à des étudiant(e)s de 2^e et 3^e cycles ayant des connaissances de base en dynamique des fluides.

Canaux de communication

Le site Internet du cours sur Moodle fait partie intégrante du plan de cours. Il faudra vous y référer pour télécharger les documents de cours, récupérer les énoncés de devoirs, les données du projet, etc. N'hésitez pas à me joindre par [courrier électronique](#) ou passez me voir à mon bureau, n'importe quand. Si je n'y suis pas, il est possible que je sois au IADyF, situé à proximité (frappez à la porte et quelqu'un viendra vous ouvrir).

Évaluation

La turbulence est en quelque-sortes une science inachevée et ce cours présente les principaux développements théoriques qui ont tenté de la décrire. L'esprit du cours est donc davantage de présenter la phénoménologie de la turbulence plutôt que de fournir des vérités, et dans ce sens l'évaluation ne comprend pas d'examen et se base plutôt sur des quiz, des devoirs et un projet, comptant respectivement pour 20 %, 50 % et 30 % de la note finale.

Quiz

Les quiz ont lieu au début de chaque cours et durent une dizaine de minutes. Chaque quiz comporte des questions simples sur le cours précédent. L'objectif de ces quiz est de sonder votre compréhension sur les notions qui auront été vues. Il devrait y en avoir une dizaine selon le degré d'avancement du cours. La note sera basée sur les $n - 1$ meilleurs d'entre eux.

Devoirs

Il y a 3 ou 4 devoirs à réaliser en équipe de deux portant sur des aspects théoriques et pratiques. Certains demandent de la programmation avec le langage de votre choix. Vous serez informés en temps utile des dates de disponibilité des énoncés sur Moodle ainsi que des dates de remise.

Projet

Un projet sera effectué en équipe de deux. Il s'agira d'appliquer certaines notions du cours à des données expérimentales qui ont été obtenues sur des bancs de mesure du LDV . Il faudra en particulier utiliser des techniques de traitement des signaux, codées à l'aide d'un langage de programmation, pour extraire des informations pertinentes sur la physique d'un jet turbulent.

Références

Le cours est uniquement basé sur les documents au format pdf disponibles sur Moodle. Ces documents reprennent des passages ou s'inspirent fortement des cours suivants :

BONNET, J.-P. & PERAULT, L. 1996 *Turbulence*. Cours ENSMA, Poitiers, France.

BORÉE, J. 2011 *Turbulence*. Cours ENSMA, Poitiers, France.

JACQUIN, L. & TABELING, P. 2006 *Turbulence et tourbillons*. Cours École Polytechnique, Palaiseau, France.

et des livres suivants :

BAILLY, C. & COMTE-BELLOT, G. 2003 *Turbulence*. CNRS Éditions.

VAN DYKE, M. 1982 *An album of fluid motion*. The Parabolic Press.

Pour des lectures complémentaires, cette liste d'ouvrages de dynamique des fluides et de turbulence est proposée :

BATCHELOR, G. K. 1967 *An introduction to fluid dynamics*. Cambridge University Press.

CHASSAING, P. 2000 *Turbulence en mécanique des fluides*. Éditions Cépaduès.

DAVIDSON, P. A. 2004 *Turbulence — An introduction for scientists and engineers*. Oxford University Press.

GUYON, É., HULIN, J.-P. & PETIT, L. 2012 *Hydrodynamique physique*. CNRS Éditions.

POPE, S. B. 2000 *Turbulent Flows*. Cambridge University Press.

SCHLICHTING, H. & GERSTEN, K. 2000 *Boundary-layer theory*. Springer.

TENNEKES, H. & LUMLEY, J. L. 1972 *A first course in turbulence*. MIT Press.

TRITTON, D. J. 1988 *Physical fluid dynamics*. Oxford University Press.

WHITE, F. M. 2005 *Viscous fluid flow*. McGraw-Hill.