

Physique fondamentale et applications

Master 1

Fiche descriptive UE

Intitulé UE	Instabilités et turbulence	
Crédits ECTS	5	
Responsable de l'UE/Equipe pédagogique	Jacques Le Bourlot	
Volume horaire	<ul style="list-style-type: none"> • Cours / TD: 39h (10 x 2h + 10 x 2h) • TP: 9h (3 x 3h toutes les 3 semaines) 	
Semestre	S2	
Pré-requis	Hydrodynamique de M1/S1 ou équivalent	
Programme	• texte ci-dessous.	Voir
Ouvrages de référence	<ul style="list-style-type: none"> • Char-ru, François, «Instabilités hydrodynamiques», 2007, EDP Sciences / CNRS éditions. • David-son, P.A., "Turbulence, An introduction for Scientists and Engineers", 2nd édition, 2015, Oxford University Press. • de Langre, Emmanuel, «Fluides et Solides», 2015, Editions de l'Ecole Polytechnique. 	
Modalité d'évaluation	1 Exam mi-parcours (40%)+ 1 Exam final (40%) + Evaluation TP (20%).	

Proposition de programme "Instabilités et Turbulence"

Jacques Le Bourlot - Janvier 2019

Le programme comporte deux grandes parties:

- Instabilités (y compris « interactions fluides-structures »): semaines 1 à 7. On rappelle d'abord les notations de base et le principe d'une étude perturbative (semaines 1 et 2), puis on décline plusieurs thèmes: Gravitation, Solides/fluides, Atmosphère terrestre, Parois, Chocs.
- Turbulence: semaines 8 à 13. On présente d'abord la théorie classique (Kolmogorov), puis la façon de traiter le problème de la fermeture dans un contexte d'applications, les insuffisances de Kolmogorov, l'importance de l'intermittence, et enfin le transport turbulent.

Le découpage proposé est préliminaire, et sera ajusté en temps réel. En fonction du temps disponible et de l'intérêt des étudiants, le programme pourra être allégé sur certains points. Par exemple, la partie sur les chocs peut être facilement enlevée. Inversement, il est possible de proposer d'autres illustrations d'instabilités suivant les opportunités et/ou l'actualité.

3 séances de TPs numériques sont prévues, basées sur l'utilisation du code pédagogique Pyro2: <http://python-hydro.github.io/pyro2/>

1 Programme (par semaine)

1. Rappels et Notations. Equations hydrodynamiques, équations fluides-structure.
2. Instabilités de Kelvin-Helmholtz et de Rayleigh-Taylor. Apparition naturelle de rouleaux dans un écoulement irrotationnel.
3. Instabilité gravitationnelle. Effondrement. Critère de Jeans. Perturbation de l'équation d'onde plane par un terme gravitationnel, puis influence de la rotation.
4. Aéroélasticité, phénomènes de flottement et de flambage. Couplages forts (instabilité du drapeau)
5. Fluides en rotation. Approximation géostrophique. Vent thermique. Ondes de Rossby. Cyclones.
6. Ecoulement de Poiseuille. Instabilités de couches limites.
7. Déferlement d'une perturbation. Chocs. Relations de Rankine-Hugoniot.
8. Séparation écoulement stationnaire + fluctuations. Problème de la fermeture. Théorie de Kolmogorov. Lois d'échelle. Cascade de Richardson.
9. Fermetures empiriques. Le modèle $k-\epsilon$. Codes numériques industriels. Simulation numérique.

10. Loi (logarithmique) des parois. Couche limite turbulente. Représentation spectrale.
11. Fonctions de structure de vitesse. Echelle de Taylor. « Loi » des $2/3$ et des « $4/5$ ». Loi des « $-5/3$ ».
12. Ecart à Kolmogorov. Notion d'intermittence. Modèles d'intermittence. Le β -modèle. Effets d'une dissipation concentrée de l'énergie.
13. Transport de scalaires passifs. Advection diffusion. Applications aux polluants.

1.1 Extensions possibles

Par exemple:

- Réaction-diffusion. Propagation d'ondes de concentration.
- Effets de sillage et d'instationnarité de l'écoulement.
- Double diffusion. Instabilité thermo-haline. Circulation océanique.
- Instabilité d'un front de flamme (Darrieus-Landau).