**Instabilités des écoulements**

**Niveau** M2 - **Semestre** S1 - **Crédits**  3 ECTS - **Code** MU5MEF12

**Présentation pédagogique.**

Ce module vise à fournir une description complète de la modélisation des phénomènes d’instabilités responsable de la transition vers la turbulence. Nous nous intéresserons aux pertes de symétrie progressives des écoulements transitionnels, à la stabilité linéaire de points fixes, de cycles limites des équations de Navier-Stokes. D’un point de vue modélisation mathématique des instabilités, la notion d’instabilité convective, se développant spatialement ou absolue, se développant temporellement sera étudiée pour des écoulements localement parallèles ou quasi-parallèles. Enfin la notion d’instabilité globale, temporellement auto-entretenue, pour des écoulements possédant spatialement inhomogènes dans 2 ou 3 directions. La résolution numérique de ces différentes méthodes sera abordée et illustré pour des écoulements types comme l’écoulement cisaillé, la couche limite, l’écoulement autour d’un cylindre ou d’une sphère.

**Contenu de l’Unité d’Enseignement.**

* Rappels généraux sur les systèmes dynamiques, notions de bifurcations, de points fixes, de cycles limites,...
* Définition d’un écoulement de base et son calcul. Définition de la notion de stabilité (linéaire, asymptotique, de Lyapunov,...)
* Analyse de stabilité d’un écoulement cisaillé, stabilité convective/absolue, équation de Rayleigh, théorème de Rayleigh, Fjørtoft.
* Analyse de stabilité d’un écoulement de couche limite, théorème Squire, équation d’Orr-Sommerfeld, équation d’Orr-Reynolds. Resolution numérique d’un problème aux valeurs propres.
* Notion de Receptivité, de résolvent,
* Stabilité d’un écoulement autour d’un cylindre, notion de stabilité globale, temporellement auto-entretenue. Notion de sensibilité.
* Stabilité d’un écoulement autour d’une sphère, méthode résolution sans matrice.
* Stabilité d’un écoulement périodique, méthode de Floquet, stabilité secondaire, application à la couche limite.
* Définition de la normalité d’un opérateur, méthode adjointe.
* Perturbation optimale, stabilité non modale, notion de croissance transitoire.
* Application à un écoulement de couche limite.
* Description des la transition vers la turbulence d’une couche limite.
* Et la stabilité d’un écoulement turbulent ?

**Pré-requis**. Mécanique des Fluides, notions d’algèbre linéaire.

**Références bibliographiques.**

* Charru, Hydrodynamic Instabilities, Cambridge Univ. Press
* Drazin, Introduction to Hydrodynamic Stability, Cambridge Univ. Press
* Huerre & Rossi, Hydrodynamic Instabilities in Open Flows, Cambridge Univ. Press
* Schmid & Henningson, Stability and Transition in Shear Flows, Springer-Verlag

**Ressources mises à disposition des étudiants**. Supports de cours, sujets de TD.

**Connaissances scientifiques développées dans l’unité**.

* Compréhension des phénomènes d’instabilité
* Description des mécanismes de transition vers la turbulence pour quelques écoulements types.
* Résolution d’un problème aux valeurs propres de grande dimension.

**Compétences développées dans l’unité.**

* Modélisation et résolution d’un problème de stabilité des écoulements du simple au complexe
* Analyse physique des écoulements, classification des instabilités.

**Compétences méthodologiques et transversales**

* Projet de groupe sur la stabilité linéaire d’un écoulement en aérodynamique ou hydrodynamique.

**Volumes horaires présentiel et hors présentiel.**

Heures présentielles totales : 30 h réparties en **24** h de CM, 4 h TD et 2 h contrôle des connaissances. Travail personnel attendu : 40 h.

**Évaluation.** Contrôle continu (/50) et examen écrit (/50)

**Responsables.** Jean-Christophe ROBINET