

# Hydrodynamique à Petits et Grands Nombres de Reynolds

Niveau M1 - Semestre S1 - Crédits 6 ECTS - Code MU4MEF02

## Présentation pédagogique.

Ce module vise à présenter un panorama de la mécanique des fluides depuis les écoulements dominés par la viscosité (écoulement bactéries, synthèse fibre optique) jusqu'à ceux dominés par l'inertie (aérospatial, énergie, dynamique des crues, écoulements astrophysiques). Après avoir revu les concepts fondamentaux (conditions limites, équations de bilans, forces, modes de transport), ce cours s'attachera à comprendre les techniques d'approximation d'écoulements, en vue de pouvoir prédire des observables comme la force exercée par un film de lubrification ou la vitesse d'un anneau tourbillonnaire. Ces concepts seront illustrés par des études de travaux historiques, de résolution de problèmes et d'expériences numériques sous Python.

## Contenu de l'Unité d'Enseignement.

- Rappels généraux de mécanique des fluides.
- Conditions limites. Surfaces libres. Tension de surface
- Perturbations régulières (champs, données, géométrie)
- Écoulements à faibles Re. Réversibilité. Traînée. (étude des tourbillons de Moffatt / du couteau de Taylor.)
- Films minces. Lubrification. Les courants de gravité.
- Cas d'étude : le dépôt liquide de Landau et Levich
- Notion de couche limite de Prandtl.
- Écoulements inertiels à hauts Re. Description potentielle. Transformation conforme. Digitation de Saffman-Taylor
- La séparation. Condition de Kutta. La traînée aérodynamique.
- Influence de la rotation. Écoulements planétaires.
- Dynamique de la vortacité.
- Introduction à la turbulence.

**Pré-requis.** Descriptions d'écoulement : outils cinématiques (point de vue eulérien), champ de vitesse, ligne de courant, incompressibilité. Bilans de matière / de quantité de mouvement sur des volumes / localement. Contraintes : description tensorielle, calcul de forces. Transport diffusif / convectif (flux). Approximation écoulement parfait. Solutions exactes de Navier-Stokes (plan parallèle).

**Références bibliographiques.** Germain, P. (1986). *Mécanique*. Ellipses. Guyon, E., Petit, L., & Hulin, J. P. (1991). *Hydrodynamique physique*. CNRS Interéditions. Batchelor, G. K. (1967). *An introduction to fluid dynamics*. Cambridge University Press. Lighthill, J. (1986). *An informal introduction to theoretical fluid mechanics*. Prandtl, L. & Tietjens, O. K. G. (1957). *Fundamentals of hydro-and aeromechanics*. Dover.

**Ressources mises à disposition des étudiants.** Polycopié et supports de cours, sujets de TD, notebooks Python, exercices d'entraînement, annales, vidéos.

## Connaissances scientifiques développées dans l'unité.

- Bilans de matière et quantité de mouvement. Conditions limites. Description du mouvement des interfaces notamment en présence de phénomènes capillaires.
- Écoulements à faibles nombre de Reynolds
- Films minces : lubrification et couches limites.
- Écoulements inertiels ( $Re \gg 1$ ). Phénomène de séparation. Traînée.
- Forces hydrodynamiques.

## Compétences développées dans l'unité.

- Analyse phénoménologique d'écoulements.
- Modélisation d'écoulements non triviaux.
- Approximation d'écoulements par analyse asymptotique (perturbations régulières et singulières).

### **Compétences méthodologiques et transversales**

- Démarche scientifique du modélisateur et mise en œuvre d'une stratégie de résolution : identification des phénomènes dominants, simplification du problème (eg géométrie), résolution asymptotique ou numérique et analyse critique des résultats.
- Utilisation appropriée des outils numériques disponibles au niveau Master
- Projet de groupe sur un problème hydrodynamique complexe

### **Volumes horaires présentiel et hors présentiel.**

Heures présentielles totales : 56 h réparties en 28 h de CM et 28 h TD. Travail personnel attendu : 60 - 80 h.

**Évaluation.** Contrôle continu (/40) et examen écrit (/60)

**Responsables.** Arnaud Antkowiak