

# Instabilités en mécanique des fluides

François CHARRU, Université de Toulouse

Ce cours présentera les grandes classes d'instabilités hydrodynamiques (fluides au repos, écoulements parallèles, caractère visqueux ou non des instabilités), en insistant sur les mécanismes physiques en jeu. On discutera successivement les aspects linéaires et non linéaires, puis quelques questions ouvertes.

1. **Instabilités de fluides au repos (1,5h).** On introduira les instabilités hydrodynamiques à partir des exemples canoniques ci-dessous, en discutant la phénoménologie et les mécanismes physiques :
  - instabilité gravitationnelle de Rayleigh-Taylor,
  - instabilité thermique de Rayleigh-Bénard,
  - instabilité centrifuge de Taylor-Couette,
  - instabilité capillaire de Rayleigh d'un filet liquide.L'instabilité de Rayleigh-Bénard permettra d'introduire brièvement la notion de chaos déterministe à travers le système de Lorenz.
2. **Instabilités non visqueuses d'écoulements cisailés (1,5h).**
  - Écoulements ouverts : instabilités convective et absolue.
  - Phénoménologie : couches de mélange, jets, sillages.
  - Théorème de Squire, équation de Rayleigh, théorème du point d'inflexion.
  - Instabilité de Kelvin-Helmholtz d'un écoulement cisailé.
3. **Instabilités visqueuses d'écoulements cisailés (1,5h).**
  - Phénoménologie : écoulement de Poiseuille plan, couche limite.
  - Théorème de Squire. Equation d'Orr-Sommerfeld.
  - Confrontations expériences / calculs.
  - L'écoulement de Poiseuille en tube.
4. **Dynamique faiblement non linéaire des systèmes dissipatifs (2h).**
  - L'équation de Landau. Exemple de dérivation pour l'oscillateur de van der Pol par la méthode des échelles multiples.
  - Systèmes à petit nombre de degrés de liberté : équations d'amplitude, réduction à l'équation de Landau au voisinage du seuil. Illustrations expérimentales.
  - Systèmes spatialement étendus : dynamique faiblement non linéaire d'un paquet d'ondes, équation de Ginzburg-Landau. Instabilités secondaires.
5. **Questions dans le débat (1h).**
  - Croissance transitoire et instabilités sous-critiques.
  - Transition à la turbulence, rôle des ondes propagatives instables.

## Bibliographie.

François CHARRU, *Hydrodynamic Instabilities*, Cambridge University Press (2011).