

# ORGANISATION GÉNÉRALE DU COURS

Ce cours du tronc commun “Dynamique des Fluides” du Master Recherche “Dynamique des Fluides, Énergétique et Transferts” (DET), intitulé “ ONDES ET INSTABILITÉS”, répond aux objectifs suivants :

- Manipuler des modèles de base de la mécanique des fluides à travers l’étude des leurs ondes linéaires pour les systèmes conservatifs et de leurs instabilités pour les systèmes dissipatifs forcés. Les principaux phénomènes physiques pris en compte sont les suivants : compressibilité, gradient vertical de densité, cisaillement vertical de vitesse ou encore présence d’une surface libre.
- Assimiler plusieurs concepts de base souvent rencontrés en mécanique des fluides : linéarisation autour d’états stationnaires, recherche de modes propres en tenant compte des symétries du problème, calcul des relations de dispersions généralisées et interprétation physique des champs décomposés sur une base de modes propres.
- Assimiler les concepts de base de la dynamique spatio-temporelles des trains d’ondes : relation de dispersion, vitesse de groupe d’un paquet d’onde, réponse impulsionnelle d’un milieu dispersif.
- Assimiler les concepts de base de la dynamique instabilités temporelles : relations de dispersions généralisées, bifurcations de l’équilibre, instabilités de cisaillement ou thermiques dans les fluides.
- Susciter un intérêt pour certains approfondissements : train d’ondes émis par un obstacle mobile ou oscillant, expression du flux d’énergie ondulatoire et réfraction des ondes, équations d’amplitudes, ...

Le support écrit de ce cours est structuré sous la forme de plusieurs “Articles Pédagogiques Multimedia” indépendants.

Un “Article Pédagogique Multimedia” (APM) est un document électronique qui regroupe des textes de type polycopié mais aussi des animations, des programmes de démonstrations ou des illustrations difficiles à transcrire sous forme papier.

Tous ces APM sont accessibles à l’adresse suivante :

<http://thual.perso.enseeiht.fr/otapm>

Ce cours comporte deux parties décrites ci-dessous.

## **PARTIE I : “Des ondes et des fluides”**

Cette partie s’appuie sur les cinq “Articles Pédagogiques Multimedia” (APM) suivants :

- **reladi** : Relations de dispersion des ondes dans les fluides
- **paqund** : Dispersion d’un paquet d’ondes 1D
- **emiobs** : Émission d’ondes par un obstacle oscillant ou mobile
- **fluxen** : Flux d’énergie des ondes dans les fluides
- **refrac** : Réfraction des ondes et tracé de rayons

Ces articles peuvent être lus et travaillés indépendamment les uns des autres.

La partie écrite de ces cinq articles font l’objet de l’ouvrage suivant : “Des ondes et des fluides”, O. Thual, Cépaduès-Éditions 2004. La version électronique, qui complète l’ouvrage par des animations ou la photocopie de transparents, est disponible à l’adresse :

<http://thual.perso.enseeiht.fr/otapm>

Les pré-requis nécessaires pour la compréhension de ce cours peuvent être limités à une connaissance de base des équations de la mécanique des fluides. Parmi les très nombreux livres permettant d’acquérir cette connaissance, j’en cite un qui présente l’avantage de partager la plupart des notations utilisées dans cet ouvrage : “Introduction à la Mécanique des Milieux Continus Déformables”, O. Thual, Cépaduès-Éditions 1997.

## **PARTIE II : “Des instabilités et des fluides”**

Cette partie s’appuie sur les quatre “Articles Pédagogiques Multimedia” (APM) suivants :

- **cisail** : Instabilités de cisaillement
- **rayben** : Convection de Rayleigh-Bénard
- **bifgen** : Bifurcations génériques de l'équilibre
- **sysdyn** : Systèmes dynamiques simples

Ces articles peuvent être lus et travaillés indépendamment les uns des autres.

La partie écrite de ces quatre articles est contenue dans le présent polycopié. La version électronique, qui complète ce polycopié par des animations ou la photocopie de transparents, est disponible à l'adresse :

<http://thual.perso.enseeiht.fr/otapm>

## SYLLABUS

### ONDES ET INSTABILITÉS

Semestre 1 Cours : 17 h TD : Projet : Crédits :

**Mots-Clés** : ondes sonores, ondes de gravité internes, ondes de surface, relations de dispersion, réfraction, sillage d'onde.

**Bibliographie** : [1] LIGHTHILL, "Waves in fluids", Cambridge (1990), [2] DRAZIN et REID, "Hydrodynamics stability", Cambridge (1984), [3] Thual, "Des ondes et des fluides", Cépaduès (2004), [4] Charru, "Instabilités Hydrodynamiques", Polycopié (2004).

**Objectif** : Assimiler les concepts généraux sur les ondes et les instabilités tout en manipulant des modèles de base de la mécanique des fluides.

**Programme** : Le cours est repose sur une dizaine "d'Articles Pédagogiques Multimedia" (APM) indépendants regroupés en deux parties.

La partie intitulée "Des ondes et des fluides" comprend cinq APM : (1) dérivation des relations de dispersion des ondes sonores, de gravité interne et de surface, (2) notion de vitesse de groupe à travers l'étude de paquets d'ondes, (3) train d'onde émis par un obstacle oscillant ou mobile, (4) calcul de l'énergie d'une onde monochromatique et de son flux, (5) réfraction des ondes et tracé de rayons.

La partie intitulée "Des instabilités et des fluides" comprend quatre APM : (1) dérivation des relations de dispersion de plusieurs instabilités de cisaillement, (2) calcul du seuil de la convection de Rayleigh-Bénard, (3) dynamique des

bifurcations génériques de l'équilibre, (4) étude d'instabilités pour quelques systèmes dynamiques simples.

Le cours se concentre sur la moitié de ces APM tout en motivant la lecture des autres. Plusieurs exemples d'applications des notions introduites sont abordés sous forme d'exercices.

O. THUAL

## DÉROULEMENT PRATIQUE

- **Cours magistral** : le cours oral proprement dit dure entre 1h30 sans pause.
- **Evaluations** : l'évaluation est effectuée à l'aide d'un examen à la fin du cours. Ce contrôle écrit est individuel. Tous les documents sont autorisés.
- **Documentation du cours** : la documentation du cours est constituée de neuf "Articles Pédagogiques Multimedia" (APM). Chaque APM peut être lu et travaillé indépendamment des autres. Certains exercices et problèmes posés lors d'examens précédents y sont inclus. Ces APM, avec leurs dernières mises à jour, sont disponibles à l'adresse :

<http://thual.perso.enseeiht.fr/otapm>

Ces pages contiennent aussi des animations illustrant le cours et des programmes Matlab à télécharger.

La partie "Des ondes et des fluides" fait l'objet d'un ouvrage publié aux éditions Cépaduès (2004). Le prêt de cet ouvrage peut-être envisagé par l'enseignant. La partie "Des instabilités et des fluides" pourra être distribuée sous forme de photocopié.

- **Travaux des élèves** : certaines notions abordées dans ce cours sont utilisées lors de projets réalisés par les élèves de l'ENSEEIHHT et publiées à l'adresse suivante :

<http://www.enseeiht.fr/travaux>

- **Bibliographie** : prêt dans les bibliothèques de plusieurs établissements des ouvrages de la bibliographie du livre.
- **Fiche d'évaluation du cours** : les étudiants sont invités à remplir une fiche d'évaluation du cours (voir ci-dessous) pour la remettre à l'issue de l'examen final.

## PROGRAMME DÉTAILLÉ DU COURS

Pour l'année 2009-2010, les "Articles Pédagogiques Multimedia" suivants seront exposés lors du cours magistral :

1. **bifgen** : Bifurcations génériques de l'équilibre
2. **reladi** : Relation de dispersion des ondes dans les fluides
3. **rayben** : Convection de Rayleigh-Bénard
4. **paqund** : Dispersion d'un paquet d'ondes 1D
5. **cisail** : Instabilités de cisaillement
6. **refrac** : Réfraction des ondes et tracé de rayons

**FICHE D'ÉVALUATION DU COURS  
ONDES ET INSTABILITÉS**

Afin d'établir un bilan du cours et éventuellement, en fonction de vos réponses, d'envisager des modifications de l'enseignement pour les années suivantes, je vous serais reconnaissant de bien vouloir remplir ce questionnaire et me le transmettre.

Olivier THUAL

**NOM** (facultatif : ) :

Pour chacune des rubriques, portez un croix dans la colonne retenue et commentez votre réponse

	Très Bien	Bien	Moyen	Passable	Mauvais	Commentaires
Définition des objectifs du cours						
Documentation écrite du cours						
Intervention de l'enseignant						
Contrôle des connaissances						
Atteinte des objectifs du cours						

Commentaires supplémentaires :