

DES ONDES ET DES FLUIDES

Articles Pédagogiques Multimedia



Photo : N. Tamestit, DEA DDF 2001

Olivier THUAL, thual@imft.fr

INP/ENSEEIHRT et IMFT

Février 2005, version livre

Table des matières

1	Relations de dispersion des ondes dans les fluides	9
1	Ondes sonores	14
2	Ondes de gravité internes	17
3	Ondes de surface	22
2	Dispersion d'un paquet d'ondes 1D	47
1	Vitesse de groupe d'un paquet d'ondes 1D	51
2	Réponse impulsionnelle 1D	60
3	Tracé de rayons dans l'espace-temps	69
3	Émission d'ondes par un obstacle oscillant ou mobile	85
1	Obstacle oscillant en milieu 1D	90
2	Obstacle oscillant	96
3	Obstacle oscillant ou mobile	105
4	Flux d'énergie des ondes dans les fluides	133
1	Équations de conservation de l'énergie	137
2	Relations de dispersion et vitesses de groupe	142
3	Flux d'énergie des ondes monochromatiques	145

5	Réfraction des ondes et tracé de rayons	161
1	Paquet d'ondes et milieux	166
2	Tracé de rayons	171
3	Méthode WKB et réfraction	177

Avant-Propos

Ce cours, intitulé “Des ondes et des fluides”, a été conçu dans le cadre du tronc commun du DEA¹ “Dynamique Des Fluides” de Toulouse. Il répond à un double objectif :

- Manipuler les modèles de base de la mécanique des fluides à travers l’étude des ondes sonores, de gravité internes ou de surface.
- Assimiler les concepts de base sur la propagation des ondes comme les relations de dispersion, la vitesse de groupe des paquets d’ondes, la densité et le flux d’énergie des ondes ou encore la réfraction des ondes.

Dans son intégralité, il a été enseigné en 10 séances de cours magistral de 1h30 chacune. Le support écrit de ce cours est structuré sous la forme de cinq “Articles Pédagogiques Multimedia” indépendants.

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

Seules les parties classiques de type “livre papier” (texte, exercices corrigés, glossaires, ...) sont réunies dans le présent ouvrage. Les parties complémentaires (animations et programmes Matlab) ainsi que d’éventuelles mises à jour (voir la date de chaque document) sont accessibles à l’adresse suivante :

<http://www.enseeiht.fr/hmf/enseignants/thual>

¹Les “Diplômes d’Études Approfondies” sont les ancêtres des “Masters Recherche”

La liste des rubriques constituant un “Article Pédagogique Multimedia” (APM) est indiquée ci-dessous. Par rapport à la version papier, la version électronique comprend la copie des transparents, des animations ainsi que des programmes “Matlab” à télécharger (trois derniers éléments de la liste).

- Fiche signalétique
- Objectifs pédagogiques
- Pré-requis
- Notations
- Cours écrit
- Exercices et problèmes
- Corrigés des exercices et problèmes
- Questionnaires à Choix Multiples (QCM)
- Corrigés des QCM
- Bibliographie
- *Transparents**
- *Animations**
- *Demos Matlab**

* : à consulter sur INTERNET (<http://www.enseeiht.fr/hmf/enseignants/thual>)

Introduction du cours

Cet ouvrage, intitulé “Des ondes et des fluides”, s’appuie sur le livre “Waves In Fluids” de James Lighthill (Cambridge University Press 1978 et 1980). Les développements présentés sont de nature à motiver et faciliter la lecture de ce livre célèbre.

L’autre ouvrage de référence sur le sujet est le livre “Linear and Nonlinear Waves” de G. B. Whitham (Wiley 1974). On y trouve, dès les premières pages, une définition du concept d’onde que nous citons ici :

“... it seems preferable to be guided by the intuitive view that a wave is any recognizable signal that is transferred from one part of the medium to another with a recognizable velocity of propagation.”

et que nous traduirons par

“... il semble préférable d’être guidé par l’idée intuitive selon laquelle une onde désigne tout signal identifiable qui est transféré d’une partie d’un milieu vers une autre avec une vitesse de propagation identifiable.”

Dans le présent ouvrage, nous nous limitons aux ondes “linéaires” qui correspondent aux “petites oscillations” d’un milieu autour d’un état d’équilibre. Nous pouvons ainsi considérer des “paquets d’ondes” en superposant un nombre arbitraire d’ondes élémentaires et faciles à définir.

Cet ouvrage est constitué des cinq “Articles Pédagogiques Multimedia” (APM) suivants :

- **reladi** : Relations de dispersion des ondes dans les fluides
- **dispaq** : 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. Ils peuvent néanmoins constituer une progression logique en partant de notions de bases (e.g., la dispersion) pour atteindre des concepts plus élaborés (e.g., la réfraction).

Les pré-requis nécessaires pour la lecture de cet ouvrage 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, il en est 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.