

Intitulé de l'Unité d'Enseignement : Ecoulements multiphasiques : dynamique des bulles et des gouttes

Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux	40h CM ; 10h TD ; 10h TP
Nombre de crédits de l'UE	6
Spécialité où l'UE est proposée	Modélisation et simulation en hydrodynamique
Semestre où l'enseignement est proposé	1

a) Objectifs de l'Unité d'Enseignement

On observe dans la nature et dans l'industrie beaucoup d'écoulements à surface libre : à grande échelle la surface de la mer soumise à l'action du vent et des courants sous-marins, les cascades des rivières de montagne, et à plus petite échelle l'eau qui coule du robinet, les gouttes de pluie... Pour ces petits objets fluides particulièrement, la force de tension de surface joue un rôle déterminant en venant sculpter les interfaces et conférer par exemple aux gouttes de pluie et aux petites bulles leur forme sphérique.

Pour étudier et comprendre ces écoulements, en plus de la mécanique des fluides classique, il nous faut les outils conceptuels et techniques qui vont nous permettre de décrire le mouvement de la surface, et décrire les forces qui s'y appliquent. L'objectif de ce cours est de se doter des outils pour comprendre et caractériser les écoulements diphasiques, ainsi que se familiariser avec plusieurs paradigmes de ce type d'écoulement.

Le cours s'appuiera également sur des séances de travaux pratiques : démonstrations et manipulations expérimentales, résolution numérique d'équations typiques des écoulements avec interfaces, et utilisation des logiciels open-source de résolution des équations de Navier-Stokes avec interfaces Gerris et Basilisk, qui permettront de calculer et de visualiser les dynamiques et morphologies d'écoulements à surface libre. L'étudiant peut ainsi mettre en pratique immédiatement ses connaissances et manipuler les outils qui sont ceux des chercheurs dans le domaine.

b) Contenu de l'Unité d'Enseignement

Panorama général des phénomènes liés aux surfaces libres. Description mathématique du mouvement d'une ligne/d'une surface. Origine microscopique de la tension de surface. Saut de pression à l'interface lié à la courbure et à la tension de surface. Angle de contact / phénomènes de mouillage. Hydrostatique et interfaces : le ménisque, équilibre entre tension de surface et gravité. Hydrodynamique et interfaces : jets et nappes liquides. Désintégration de films liquides. Oscillations de gouttes et de bulles. Interfaces et instabilités : instabilités de Rayleigh-Plateau et de Rayleigh-Taylor. Phénomènes de singularités liés à la tension de surface : solution autosimilaire du détachement d'une goutte et dynamique post-rupture. Méthodes numériques pour le traitement des interfaces : méthodes de marqueurs, level set, volume of fluid. Méthodes de résolution des équations 1D avec courbure. Utilisation des logiciels Gerris et Basilisk. Notions sur l'ébullition.

c) Pré-requis

Bases solides en mécanique des fluides et en mécanique des milieux continus indispensables. Une connaissance élémentaire des propriétés microscopiques de la matière est bienvenue.

d) Modalités de contrôle des Connaissances

1 examen final + 1 projet

e) Références bibliographiques

Sur la mécanique des fluides générale :

- 'An Introduction to Fluid Dynamics' de G.K. Batchelor (Cambridge University Press)
- 'Hydrodynamique Physique' de Guyon, Hulin & Petit (CNRS Editions)

Sur les phénomènes capillaires :

- 'Gouttes, Bulles, Perles & Ondes' de de Gennes, Brochart-Wyart et Quéré (Belin)

Organisation pédagogique

Enseignements présentsiels	Volume horaire total	Horaire hebdomadaire	Effectif par groupe
Cours	40		
Enseignements dirigés	10		
Travaux pratiques	10		
Projet			
Autre			