

ME-371

Méthodes de discrétisation en fluides

Habisreutinger Marc Anthony David

Cursus	Sem.	Type
Génie mécanique	BA6	Opt.

Langue d'enseignement	français
Crédits	3
Session	Eté
Semestre	Printemps
Examen	Ecrit
Charge	90h
Semaines	14
Heures	3 hebdo
Cours	2 hebdo
Exercices	1 hebdo
Nombre de places	

Résumé

Ce cours présente une introduction aux méthodes d'approximation utilisées pour la simulation numérique en mécanique des fluides. Les concepts fondamentaux sont présentés dans le cadre de la méthode des différences finies puis étendus à celles des éléments finis et spectraux.

Contenu

Le cours s'ouvre sur une présentation des éléments théoriques de base concernant les équations aux dérivées partielles (adimensionalisation, linéarisation, classification mathématique).

Après une présentation unifiée des méthodes d'approximation classiques, la méthode des différences finies est utilisée de manière à illustrer les concepts fondamentaux liés à la discrétisation des équations aux dérivées partielles.

Puis, à partir de problèmes simplifiés, mono-dimensionnels, stationnaires et instationnaires, les équations sont progressivement enrichies pour aboutir au traitement de problèmes multi-dimensionnels, à plusieurs variables, et finalement à celui des équations de Navier--Stokes avec la méthode des éléments finis et spectraux.

Les méthodes de résolution de systèmes d'équations algébriques (linéaires et non-linéaires) sont présentées en mettant l'accent sur leurs conditions d'applicabilité et leur complexité algorithmique.

Les laboratoires basés sur des exercices en Matlab permettent d'illustrer l'ensemble des concepts théoriques, ainsi que de comprendre l'implémentation et l'utilisation des algorithmes présentés. Ils servent aussi de base indispensable pour la réalisation du mini-projet.

Mots-clés

Simulation numérique, mécanique des fluides, équations aux dérivées partielles, méthode des différences finies, méthode des éléments finis et spectraux

Compétences requises**Cours prérequis obligatoires**

- Mécanique des milieux continus
- Analyse et analyse numérique
- Algèbre linéaire

Cours prérequis indicatifs

- Mécanique des fluides

Concepts importants à maîtriser

- Identifier et appliquer les différentes étapes dans la simulation numérique (par ex. génération de géométrie et de maillage, calcul, post-traitement) et intégrer tous les concepts de base essentiels dans la simulation numérique d'un écoulement (AH23)
- Evaluer la précision numérique des résultats en fonction des choix des paramètres de simulation (AH28)
- Analyser des solutions numériques et identifier les inconsistances par rapport à la réalité physique; comprendre et appliquer les concepts de la vérification et de la validation (AH29)
- Décrire les différentes méthodes utilisées pour la discrétisation des équations différentielles, telles que différences finies, éléments finis, volumes finis, lattice Boltzmann, SPH (AH30)
- Dériver une formulation par éléments finis d'un problème physique quelconque à partir de ses équations différentielles en forme forte (passage à la forme faible, discrétisation, fonctions de forme, assemblage,) (AH36)
- Comprendre les bases de la programmation ; développer un logiciel (simple) structuré en utilisant un langage/environnement de programmation tel que C, Fortran ou Matlab (AH40)

Acquis de formation

A la fin de ce cours l'étudiant doit être capable de:

- Décrire les différentes méthodes utilisées pour la discrétisation des équations différentielles, telles que différences finies , éléments finis, volumes finis, lattice Boltzmann , SPH , AH30
- Evaluer la précision numérique des résultats en fonction des choix des paramètres de simulation , AH28
- Analyser des solutions numériques et identifier les inconsistance s par rapport à la réalité physique; comprendre et appliquer les concepts de la vérification et de la validation , AH 29
- Déterminer la technique optimale pour la génération d'un maillage pour la simulation numérique dans une géométrie donnée , AH31
- Comprendre les bases de la programmation ; dé velopper un logiciel (simple) structuré en utilisant un langage/environnement de programmation te l que C, Fortran ou Matlab, AH40

Compétences transversales

- Utiliser les outils informatiques courants ainsi que ceux spécifiques à leur discipline.
- Faire une présentation orale.
- Ecrire un rapport scientifique ou technique.

Méthode d'enseignement

Cours ex-cathedra, exercices écrits, laboratoires en Matlab, mini-projets

Méthode d'évaluation

Examen écrit, mini-projets

Encadrement

Office hours	Oui
Assistants	Oui
Forum électronique	Oui

Ressources

Bibliographie

- Dynamique des fluides, I. Ryhming, PPUR, 1991

- Methods of Mathematical Physics, R. Courant, D. Hilbert, Wiley
- Numerical approximation of partial differential equations, A. Quarteroni and A. Valli, Springer, 1997
- Méthodes numériques pour le calcul scientifique, A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Springer, 2000
- Iterative methods for sparse linear systems, Y. Saad, PWS, 1996
- High-order methods for incompressible fluid flow, M.O. Deville, P.F. Fischer, E.H. Mund, Cambridge University Press, 2002
- Modélisation numérique en science et génie des matériaux, M. Rappaz, M. Bellet, M. Deville, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, 1999
- Eléments finis pour les fluides incompressibles, M. Azaiez, M. Deville, E. Mund, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, 2011

Ressources en bibliothèque

- [High-order methods for incompressible fluid flow / Deville](#)
- [Numerical approximation of partial differential equations / Quarteroni](#)
- [Dynamique des fluides / Ryming](#)
- [Methods of Mathematical Physics / Courant](#)
- [Iterative methods for sparse linear systems / Saad](#)
- [Méthodes numériques pour le calcul scientifique / Quarteroni](#)
- [Modélisation numérique en science et génie des matériaux / Rappaz](#)
- [Eléments finis pour les fluides incompressibles / Azaiez](#)

Liens Moodle

- <http://moodle.epfl.ch/course/view.php?id=249>

Préparation pour

- Numerical flow simulation (Dr. Mark L. Sawley)
- Instability and turbulence (Prof. François Gallaire)