

Méthodes numériques pour l'aérodynamique
Numerical methods for aerodynamics

Code cours <i>Course code: MNA</i>	Crédits ECTS <i>ECTS Credits: 2</i>
Département <i>Department</i> : MFA	Cours <i>Lectures</i> : 12h30
Coordonnateurs <i>Lecturers</i> : Guillaume Lehnasch	T.D. <i>Tutorials</i> : 12h30
Période <i>Year of study</i> : 3 ^{ème} année <i>3rd year</i>	T.P. <i>Laboratory sessions</i> :
Semestre <i>Semester</i> : 5 ^e semestre <i>5th semester</i>	Projet <i>Project</i> :
Evaluation <i>Assessment method(s)</i> : 1 examen <i>1 written exam</i>	Non encadré <i>Homework</i> :
Langue d'instruction <i>Language of instruction</i> : Français <i>French</i>	Horaire global <i>Total hours</i> : 25h00
Type de cours <i>Type of course</i> : Obligatoire <i>Compulsory</i>	
Niveau <i>Level of course</i> : Graduate	

Compétences attendues : construire/analyser les schémas numériques utilisés dans les codes de calcul CFD industriels, savoir mettre en œuvre les méthodes de simulation d'écoulements turbulents.

Pré-requis : Notions de calcul scientifique (discrétisation par différences finies, volumes finis), mécanique des fluides et dynamique des gaz, turbulence.

Contenu :

1/ Méthodologie générale et classification des approches

2/ Concepts fondamentaux, construction et analyse de schémas numériques aux différences finies

- discrétisation par différences finies
- consistance, précision et stabilité
- caractérisation et analyse de l'erreur numérique
- monotonie et schémas à variation totale diminuante

3/ Méthodes numériques pour les écoulements compressibles

- propriétés des équations d'Euler et problème de Riemann exact
- résolution par approches centrées et dissipation artificielle
- schémas à découpage de flux et solveurs de Riemann approchés
- reconstruction d'ordre élevé, approche MUSCL et limiteurs

4/ Méthodes numériques pour les écoulements à basse vitesse

- problématique du bas Mach
- résolution par approche couplée à compressibilité artificielle
- approches découplées : méthodes SIMPLE à PISO

5/ Construction/analyse de maillage et conditions aux limites

- méthodes de génération de maillage et critères de qualité
- maillages structurés et transformations curvilignes
- maillages non-structurés et méthodes d'adaptation
- dimensionnement de maillage
- traitement des conditions aux limites (paroi, conditions non-réfléchissantes, ...)

6/ Mise en œuvre de simulations d'écoulements turbulents

- dimensionnement de calcul
- intégration temporelle et convergence
- guides de mise en données : choix des domaines, maillages, modèles et conditions limites
- études de sensibilité et convergence

Bibliographie :

- C.A.J. Fletcher, *Computational Techniques for Fluid Dynamics*, Vol. 1, 2 & 3, Springer-Verlag.
- F. Ferziger, M. Peric and R. L. Street, *Computational Methods for Fluid Dynamics*, 2020, Springer.
- C. Hirsch, *Numerical computation of internal and external flows. Vol. 1 : Fundamentals of Computational Fluid Dynamics & Vol. 2: computational methods for inviscid and viscous flows*, 1999, Wiley.

Expected competencies: build and analyse numerical schemes used in industrial CFD codes, implementation of general methods for simulation of turbulent flows.

Prerequisites: scientific computing for discretization of partial differential equations (finite differences, finite volumes), fluid mechanics, gas dynamics, turbulence.

Content:

1/ General methodology and classification of approaches

2/ Fundamental concepts, construction and analysis of finite difference schemes

- finite difference discretization
- consistency, accuracy and stability
- characterization and analysis of numerical error
- monotonicity and total variation diminishing schemes

3/ Numerical methods for compressible flows

- properties of Euler equations and exact Riemann problem
- solving by centered approaches and artificial dissipation
- flow splitting schemes and approximate Riemann solvers
- high order reconstruction, MUSCL approach and limiters

4/ Numerical methods for low speed flows

- low Mach problem
- resolution by coupled approach with artificial compressibility
- decoupled approaches: SIMPLE to PISO methods

5/ Mesh construction/analysis and boundary conditions

- methods for mesh generation and quality criteria
- structured meshes and curvilinear transformations
- unstructured meshes and adaptation methods
- mesh sizing
- treatment of boundary conditions (wall, non-reflective conditions, ...)

6/ Implementation of turbulent flow simulations

- dimensioning simulations
- Time integration and convergence
- guide for choice of parameters : domains, meshes, models and boundary conditions) to post-treatment
- influence of numerical parameters

Recommended reading:

- C.A.J. Fletcher, *Computational Techniques for Fluid Dynamics*, Vol. 1, 2 & 3, Springer-Verlag.
- F. Ferziger, M. Peric and R. L. Street, *Computational Methods for Fluid Dynamics*, 2020, Springer.
- C. Hirsch, *Numerical computation of internal and external flows. Vol. 1 : Fundamentals of Computational Fluid Dynamics & Vol. 2: computational methods for inviscid and viscous flows*, 1999, Wiley.