

Méthodes numériques pour l'aérodynamique
Numerical methods for aerodynamics

Code ECUE Course code: MNA		UE : UE5-2a	
Département <i>Department</i>	: MFA	Cours <i>Lectures</i>	: 12h30
Coordonnateurs <i>Lecturers</i>	: G. Lehnasch	T.D. <i>Tutorials</i>	: 12h30
Période <i>Year of study</i>	: 3ème année 3 rd year	T.P. <i>Laboratory sessions</i>	:
Semestre <i>Semester</i>	: 5 ^{ème} semestre 5 th semester	Projet <i>Project</i>	:
Evaluation <i>Assessment method(s)</i>	: 1 examen 1 written exam	Non encadré <i>Unsupervised</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>	Travail personnel <i>Homework</i>	: 11h00
Niveau <i>Level of course</i>	: Second cycle universitaire <i>Graduate</i>		

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.