



# Faculté des sciences appliquées

FSA

MECA2660 Méthodes numériques en mécanique des fluides

[30h+22.5h exercices] 5 crédits

Cette activité se déroule pendant le 2ème semestre

**Enseignant(s):** Grégoire Winckelmans  
**Langue d'enseignement :** français  
**Niveau :** cours de 2ème cycle

## Objectifs (en terme de compétences)

Approfondir les connaissances de l'étudiant en méthodes numériques et les initier à la simulation numérique des écoulements en mécanique des fluides (Computational Fluid Dynamics, CFD), la démarche suivie privilégiant la compréhension physique des problèmes rencontrés ainsi que leur modélisation mathématique et numérique dans un formalisme adéquat. Développer l'aptitude de l'étudiant à réaliser des programmes qui mettent en oeuvre certaines des méthodes numériques présentées au cours pour aboutir à une simulation numérique complète d'un problème physique.

## Objet de l'activité (principaux thèmes à aborder)

- Rappel des équations de conservation en mécanique des fluides et des différents types d'EDP ainsi que leur classification.
- Différences finies et schémas numériques pour EDO et EDP : consistance, stabilité, convergence, schémas explicites et implicites.
- Ecoulements multi-dimensionnels, permanents et non-permanents.
- Ecoulements incompressibles : formulations en vitesse, pression et en tourbillon, fonction de courant.
- Ecoulements compressibles y compris la capture des discontinuités.
- Maillages structurés avec transformation de l'espace physique vers l'espace de calcul. Volumes finis, maillages non-structurés.
- Méthodes lagrangiennes des particules de tourbillon combinées ou non avec la méthode des éléments frontières.

## Résumé : Contenu et Méthodes

- Révision des équations de conservation en mécanique des fluides.
- Révision des différents types d'équations aux dérivées partielles (EDP) et classification : hyperbolique, parabolique, elliptique. Systèmes d'équations. méthode des caractéristiques pour les EDP hyperboliques.
- Différences finies et opérateurs. Précision, différences compactes.
- Rappel des schémas d'intégration numérique pour les équations aux dérivées ordinaires (EDO). Discrétisation numérique des EDP en système d'EDO. Consistance, stabilité, convergence. Schémas explicites et implicites.
- Equation modèle de diffusion : schémas explicites et implicites, schémas ADI pour problèmes multidimensionnels.
- Equation modèle de convection linéaire : schémas explicites et implicites, différences centrées et décentrées - Equation modèle de convection non-linéaire (Burgers) et capture numérique des discontinuités.
- Equation modèle de convection-diffusion, linéaire et non-linéaire (Burgers avec diffusion).
- Systèmes hyperboliques en forme conservative : équations d'Euler pour écoulements compressibles ; discontinuités, conditions de sauts et capture numérique des discontinuités ; schémas explicites d'Euler, de Lax, de Lax-Wendroff, de Richtmeyer, de Mac Cormak, etc ... Schémas implicites avec linéarisation du terme convectif. - Problèmes multidimensionnels et schémas ADI généralisés.
- Différences finies pour maillage structuré avec transformation de l'espace physique vers l'espace de calcul.
- Méthode des volumes finis pour maillage structuré et non-structuré.
- Méthodes numériques pour écoulements incompressibles : formulation en vitesse, pression : discrétisation (y compris maillage MAC), méthode de compressibilité artificielle pour écoulements permanents, explicite et implicite (ADI) ; imposition des conditions aux limites, méthodes pour écoulements non-permanents ; formulation en tourbillon, fonction de courant : méthode d'évolution artificielle pour écoulement permanent, condition aux limites sur le tourbillon, méthodes pour écoulements non-permanents y compris la méthode lagrangienne des particules de tourbillon ; méthode des éléments frontière (panneaux) pour l'aérodynamique combinée ou non avec la méthode des particules de tourbillon.

**Autres informations (Pré-requis, Evaluation, Support, ...)**

Prérequis :

- Connaissance et pratique de la programmation numérique dans un langage courant (e.g. C, Fortran, MatLab, ...).
- Connaissances de base en méthodes numériques et en mécanique des fluides (e.g. cours MECA 2321 ou équivalent).

Modalités d'organisation :

Travaux pratiques et projet final. Effectués en partie en utilisant les équipements de calcul de la faculté.

Examen : écrit, documentation permise : notes de cours et personnelles, livres.

Remarque : les travaux pratiques et le projet comptent pour 40 % de la note finale du cours, l'examen pour les 60 % restants, avec la condition suivante : une note minimale de 20/40 doit être obtenue à l'examen pour que la note des travaux et projet soit effectivement comptabilisée dans la note finale. Dans le cas contraire, seule la note de l'examen constitue la note finale.

Matière : méthodes de calcul en mécanique appliquée.

**Autres crédits de l'activité dans les programmes**

<b>MAP22</b>	Deuxième année du programme conduisant au grade d'ingénieur civil en mathématiques appliquées	(5 crédits)
<b>MECA22</b>	Deuxième année du programme conduisant au grade d'ingénieur civil mécanicien	(5 crédits)