

UM5MEF02 – Pratique de la simulation numérique (Numerical simulation practice)

Francesco Picella

2025-06-12 17:29:24 +0200

Informations générales

Title (EN)	Numerical simulation practice
Titre (FR)	Pratique de la simulation numérique
Nom du ou de la responsable de l'UE	Francesco Picella
ECTS	3
Semestre	Automne (S3)
Semester	Sept-Jan (S3)
Periode (pour les cours M2)	Sept-Nov
Langue	Français/Anglais
Localisation	Jussieu
Code de l'UE	UM5MEF02

Informations pédagogiques

Contenu (FR)

Pratique de la Simulation Numérique en Mécanique des Fluides

Objectifs de l'UE Ce cours vise à doter les étudiants de compétences pratiques solides en simulation numérique appliquée à la mécanique des fluides, afin de les rendre rapidement opérationnels pour leurs stages et leur future activité professionnelle.

Objectifs pédagogiques :

1. Maîtriser un environnement de simulation avancé (OpenFOAM).
2. Mettre en œuvre une approche rigoureuse de modélisation physique et numérique.
3. Analyser, valider et interpréter des résultats numériques à l'aide d'outils quantitatifs.
4. Développer la capacité à communiquer scientifiquement (oralement et par écrit).

Compétences acquises À l'issue du cours, l'étudiant sera capable de :

- Manipuler des solveurs CFD basés sur la méthode des volumes finis.
 - Implémenter des simulations sur des cas académiques et industriels.
 - Étendre les solveurs pour simuler des scalaires passifs ou modifier les équations physiques.
 - Gérer une chaîne complète de simulation (maillage, résolution, post-traitement).
 - Effectuer une validation rigoureuse des résultats numériques.
-

Contenu pédagogique

Partie 1 : Introduction

- Introduction à OpenFOAM, aux systèmes Unix et au développement C++.
- Bases de la modélisation physique des fluides, transferts de masse et de chaleur.
- Introduction à la simulation numérique en physique.

Partie 2 : Études de cas progressives

1. Méthode des volumes finis

- Advection linéaire et non-linéaire en 1D (équation de Burgers)
- Effet de la discrétisation numérique

2. Programmation & maillage 2D

- Implémentation de Burgers 1D
- Maillage 2D avec générateur intégré
- Résolution de l'équation de Laplace
- Influence du maillage sur les résultats

3. Navier-Stokes incompressible

- Méthodes de Chorin et time-splitting
- Cas tests : cavité entraînée, Poiseuille
- Influence des paramètres numériques

4. Écoulements industriels

- Couche limite laminaire
- Comparaison quantitative avec théorie

5. Introduction à la turbulence

- Couche limite turbulente
- Modélisation RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes)

6. Écoulements autour de corps simples

- Cas du cylindre circulaire : Stokes → turbulence
- Bifurcations (stationnaire → périodique → chaotique)

- Maillage non structuré avec snappyHexMesh

7. Écoulements autour de corps complexes

- Simulation d'un écoulement turbulent instationnaire avec portance et traînée
- Modification du solveur pour suivre un scalaire passif

8. (à définir selon avancement)

Note : À chaque étape, une validation quantitative est exigée pour comparer les résultats avec des données de référence (théorie ou littérature).

Modalités d'enseignement

Type d'activité	Volume horaire
Cours magistral	14 h
Travaux pratiques	8 h
Projet encadré	8 h
Total	30 h

Modalités d'évaluation

Épreuve	Pondération
Examen individuel sur machine	33%
Devoirs maison hebdomadaires	33%
Projet personnel	34%

1. Examen individuel sur machine (33%)

- **Durée :** 4 heures
- **Modalité :** présentiel, avec accès à Internet et documents autorisés
- **Sujet :**
 - Accessible via Moodle
 - Thème CFD issu du cours, basé sur un article scientifique fourni
 - Objectif : reproduire certains résultats par simulation avec OpenFOAM
- **Rendu :**

- Mini-rapport PDF expliquant modélisation, méthodes, résultats et validation
 - Code source complet des simulations
-

2. Homeworks hebdomadaires (33%)

- À l'issue de chaque séance, un mini-devoir est donné.
 - Objectif : mise en application des contenus de la séance.
 - Rendu : 3–4 pages, avec validation quantitative obligatoire.
 - À remettre **avant la séance suivante**.
-

3. Projet personnel (34%)

- **Travail individuel** (monôme)
- Sujet défini avec l'enseignant (des exemples sont disponibles)
- Autonomie exigée avec rendez-vous hebdomadaires possibles

Rendus :

- **Présentation orale** : 10 min + 5 min de questions, devant la promotion
- **Rapport écrit** : 20–30 pages avec modélisation, techniques numériques, résultats et validation quantitative

□ *Pour tous les rendus (examens, homeworks, projets), une **comparaison quantitative rigoureuse** est exigée pour que le travail soit considéré comme valide.*

Outils et langages

- OpenFOAM
 - ParaView (post-traitement)
 - snappyHexMesh (maillage non structuré)
 - Bash, C++, Python (scripts & extensions)
-

Références

- **Joel Guerrero**, *Wolf Dynamics Tutorials*, Genova
<https://www.wolfdynamics.com/tutorials.html?layout=edit&id=181>
 - **Moukalled et al.**, *The finite volume method in computational fluid dynamics*[...], Springer, 2016.
 - Documentation officielle **OpenFOAM.org** [<https://openfoam.org/>]
 - Tutoriels communautaires : **Three-weeks series** [https://wiki.openfoam.com/%223_weeks%22_series]
-

Mots clés (FR)

Computational Fluid Mechanics, physical modelling, numerical methods, partial differential equations, finite volume methods.

Keywords (EN)

Computational Fluid Mechanics, physical modelling, numerical methods, partial differential equations, finite volume methods.

Prérequis (FR)

Fluid Mechanics, programming, C++, Unix systems, Python

Modalité d'évaluation

epreuve écrite 4h 33%, controle continu 33%, projet personnel 34%

Assessment

written exam 4h 33%, homework 33%, personal project 34%

Bibliographie

- **Joel Guerrero**, *Wolf Dynamics Tutorials*, Genova
<https://www.wolfdynamics.com/tutorials.html?layout=edit&id=181>
- **Moukalled et al.**, *The finite volume method in computational fluid dynamics*[...], Springer, 2016.

Version PDF

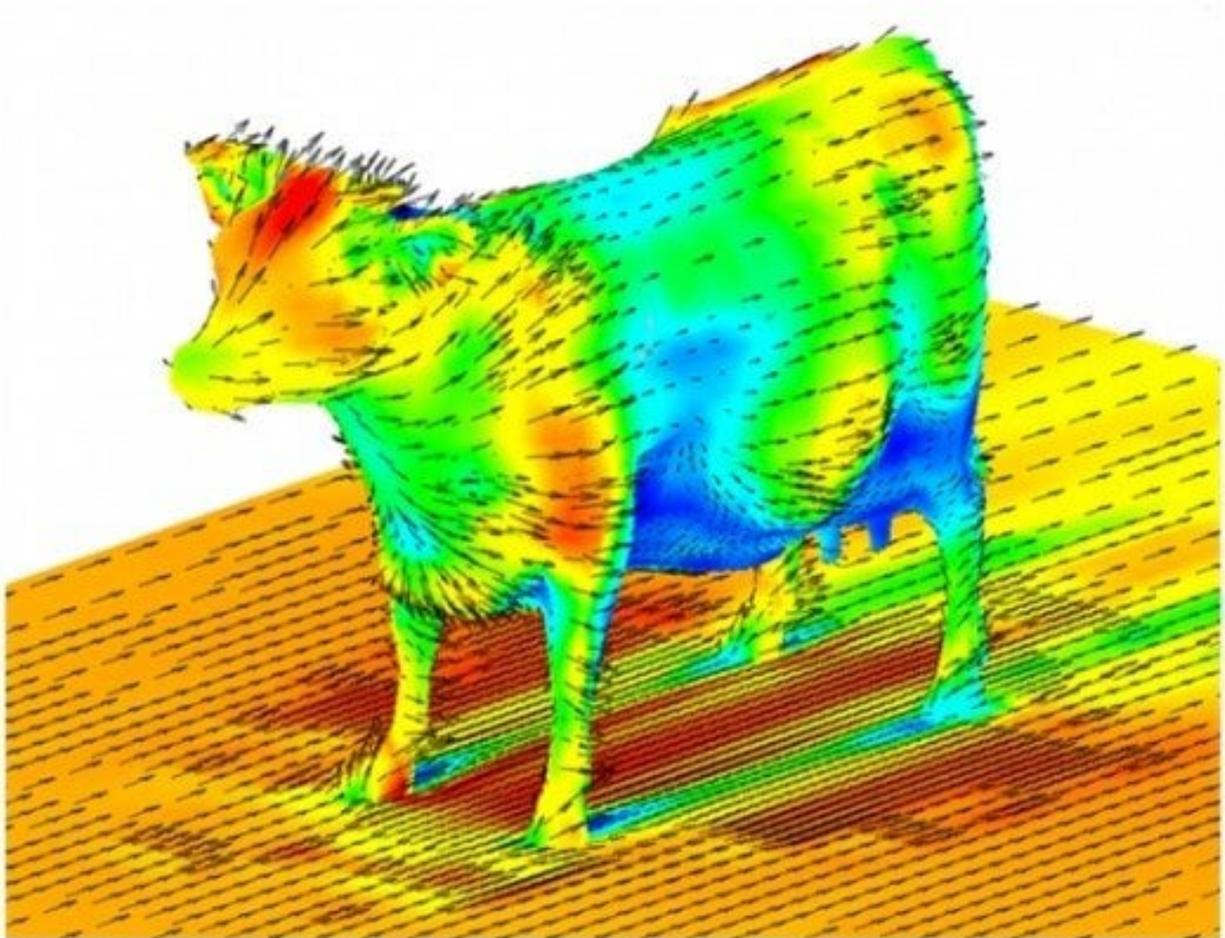


Figure 1: Figure