Codes de calculs industriels pour la simulation des écoulements turbulents ***Industrial codes for CFD***	
Code cours *Course code*: **CCI**	**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* **1**

Coordonnateurs *Lecturers*	: R. Manceau (extérieur *guest speaker*)	**Cours** *Lectures*	: 12h30
Période *Year of study*	: 3e année *3rd year*	**T.D.** *Tutorials*	:
Semestre *Semester*	: 5e semestre *5th semester*	**T.P.** *Laboratory sessions*	:
Evaluation *Assessment method(s)*	: 1 examen *1 exam*	**Projet** *Project*	:
Langue d'instruction *Language of instruction*	: Anglais *English*	**Non encadré** *Homework*	:
Type de cours *Type of course*	: Electif *Elective*	**Horaire global** *Total hours*	: 12h30
Niveau *Level of course*	*: Graduate*		

Compétences attendues : Connaître l'état de l'art des méthodes utilisées couramment dans les codes industriels et connaître les pistes de recherche les plus actives qui constitueront les standards de demain.

Pré-requis : Ce cours ne nécessite comme base que le cours d'introduction à la turbulence de 2e année.

Contenu : La simulation numérique en mécanique des fluides (ou CFD) est devenue un des outils standards à disposition des ingénieurs.

Les principaux points qui seront abordés sont les suivants :

Introduction à la CFD (Computational Fluid Dynamics)

- Différents phases et points durs de la simulation : modélisation géométrique, maillage, modélisation physique, calcul, post-traitement,
- Evaluation des coûts de calcul liés à la turbulence, puissance de calcul disponible aujourd'hui et conclusions à en tirer pour la modélisation,
- Différentes méthodes disponibles (RANS, hybrides, LES, DNS) : objectifs, formalisme, modélisation, maturité, champs d'application,
- Codes de calculs : codes commerciaux (Fluent, StarCD, CFX, Powerflow…), codes industriels « maison », codes open-source (Open-Foam, Code_Saturne).

Méthode standard dans les projets industriels : la modélisation RANS (modélisation aux moyennes de Reynolds)

- Problème de fermeture, différents niveaux de modélisation, historique,
- Similitude avec la mécanique des milieux continus classique (lois de comportement), principes physiques guidant la modélisation,
- Modélisation au premier ordre : hypothèses, choix de la loi de comportement, k-epsilon, k-oméga, Spalart-Almaras, etc. : limitations, corrections, variantes,
- Modèles au second ordre : hypothèses, avantages, limitations, modélisation algébrique,
- La région de proche paroi : difficulté physique, choix du couple maillage/modèle, lois de paroi, modèles bas-Reynolds,
- Problèmes liés à la thermique (convection forcée, mixte, naturelle).

Les méthodes plus coûteuses

- La simulation des grandes échelles (LES) : formalisme de filtrage, tensions de sous-maille, modélisation, champs d'application aujourd'hui,
- Les méthodes hybrides RANS/LES :
  - méthodes zonales : principe, modélisation aux interfaces,
  - méthodes continues : formalisme, URANS, OES, VLES, SNS, DES, SAS, PANS, PITM

Bibliographie : P. Chassaing, T*urbulence en mécanique des fluides. Analyse du phénomène en vue de sa modélisation à l'usage de l'ingénieur*, Collection Polytech. Cépaduès-Editions, Toulouse, France, 2000
S. Pope, *Turbulent Flows*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000

Expected competencies: Know the methods often used in industrial codes and master the most active research strategies which will be the future standards.

Prerequisites: For this course, it is necessary to have attended the course of introduction to turbulence (2nd year of study course).

Content: Numerical simulation in fluid mechanics (or CFD) has become one of the basic tools used by engineers.

The main tackled points are:

Introduction to CFD (Computational Fluid Dynamics)

- Different phases and important points of simulation: geometric modelling, meshing, physical modelling, calculus, post-processing,

- Evaluation of calculus costs linked with turbulence, computer performance available today and conclusions for modelling,
- Different existing methods (RANS, hybrids, LES, DNS) : objectives, formalism, modelling, ripening, fields of application,
- Calculus codes: commercial codes (Fluent, StarCD, CFX, Powerflow…), « in-house » industrial codes, open-source codes (Open-Foam, Code_Saturne).

Standard method used in industrial projects: RANS modelling (Reynolds-average modelling)

- Closing problem, different levels of modelling, history,
- Similarity with continuum mechanics (behaviour laws), physical principles in modelling,
- First-order modelling: hypothesis, selection of behaviour law, k-epsilon, k-oméga, Spalart-Almaras, etc.: limits, corrections, variations,
- Second order modelling: hypothesis, advantages, limits, algebraic modelling,
- Wall region: physical difficulty, selection of mesh/model couple, laws of the wall, low Reynolds models,
- Problems linked with heat transfer (forced, mixed and natural convection).

The most expensive methods

- Large-scales simulations (LES): filtering formalism, under mesh tensions, modelling, current fields of application,
- Hybrid methods RANS/LES:
- zonal methods: principle, interfaces modelling,
- continuous methods: formalism, URANS, OES, VLES, SNS, DES, SAS, PANS, PITM

Recommended reading:

S. Pope, *Turbulent Flows*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000
P. Chassaing, T*urbulence en mécanique des fluides. Analyse du phénomène en vue de sa modélisation à l'usage de l'ingénieur*, Collection Polytech. Cépaduès-Editions, Toulouse, France, 2000