

---

## Généralités

### 1.1 Introduction

Les méthodes numériques en mécanique des fluides (CFD : Computational Fluid Dynamics) sont des éléments de prédictions des écoulements internes et externes de tous mouvements de fluide. Cette technique est pratiquement enseignée dans tous les niveaux du cycle universitaires.

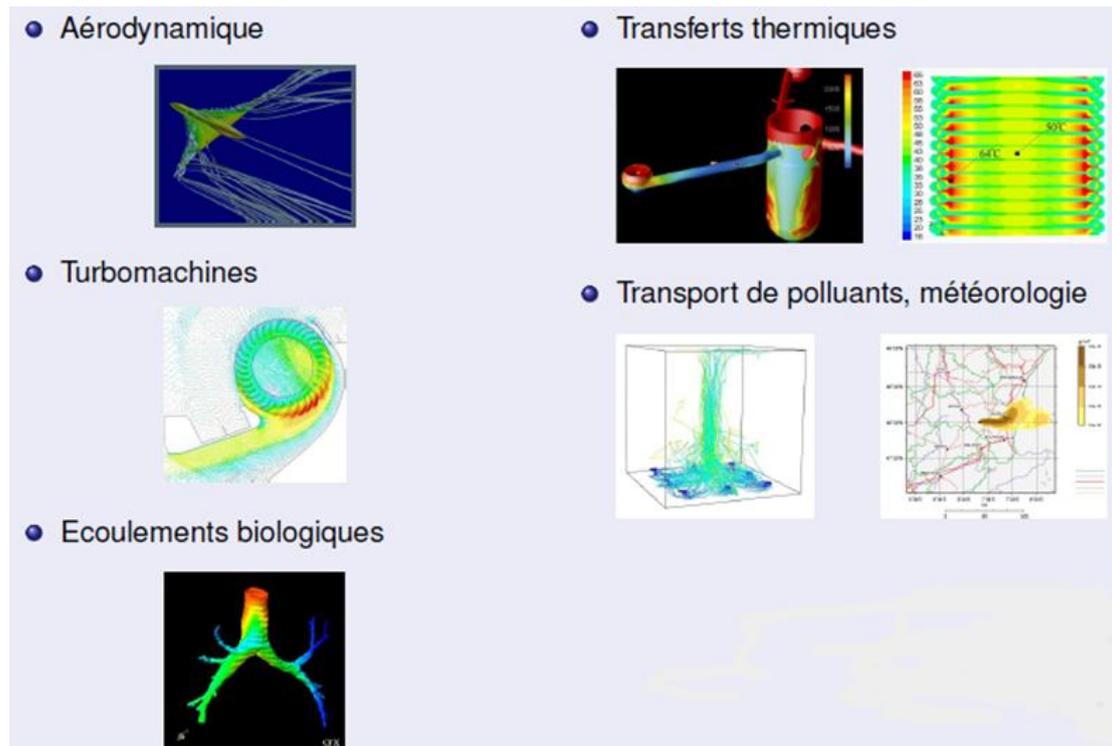
Plusieurs industriels développent des codes de calcul avec des algorithmes très sophistiqués en vue de répondre aux besoins de différentes industries. Parmi les codes de calculs commercial on peut citer PHOENIX, FLUENT, FLOW 3D (CFX 3D), etc. qui sont tous basés sur la méthode des volumes finis.

### 1.2 Définition

CFD est l'analyse des débits de fluides, transfert de chaleur et même des réactions chimiques basé sur la simulation numérique. Comme exemple d'application on peut citer:

- Aérodynamique d'avions et de voitures. - Combustion dans les moteurs.
- Hydrodynamique. - Turbomachines, écoulement à travers les aubes. - Processus chimiques. - Hydrologie. - Biomédical. - Aérospatiale (1960).

*Exemple :*



### 1.3 Analyse

- Economie de temps et coût dans la Conception Assistée par Ordinateur (CAO).
- Possibilité d'étudier des systèmes complexes pour l'expérimentation.
- Etudes des systèmes dans les conditions hasards.
- Détails des résultats très variés et illimités.

### 1.4 Comment ça fonctionne ?

Plusieurs CFD sont basés sur des algorithmes pour l'écoulements des fluides. Tous les codes CFD disposent de trois principaux éléments:

**1.4.1. Préprocesseur:** Introduction des données du problème, géométrie, grille, propriétés du fluide, conditions aux limites.

**1.4.2. Solveur:** Il y a quatre procédures techniques à savoir:

- Différences finies.
- Eléments finis.
- Méthodes spectrales.

- Volumes finis.

Pour analyser des problèmes qui fonctionnent tous de la même manière.

- Approximation des inconnues de variables de l'écoulement par de simples fonctions moyennes.

- Discrétisation par substitution des approximations dans les équations de base qui décrivent le mouvement du fluide.

- Solution du système algébrique.

La principale différence entre les quatre méthodes réside dans l'approximation des variables et dans le processus de discrétisation.

A- Méthode des différences finies: Elle décrit des inconnues  $\phi$  du problème d'écoulement par le moyen de simples points aux nœuds de la grille. Une troncature des séries de Taylor est souvent utilisée pour générer des différences finies pour chaque point du maillage et son voisinage.

B- Méthodes des éléments finies: cette méthode utilise de simples fonctions (linéaire quadratique) pour décrire la variation locale des inconnus de l'écoulement  $\phi$ . L'approximation de la fonction ne donnera pas la solution exacte et l'erreur est minimisée par la multiplication par une autre fonction puis intégrée. On aura comme résultat un système d'équations algébriques pour les coefficients de la fonction approximative.

C- Méthode spectrale: cette méthode estime les inconnues par le moyen de troncature des séries de Fourier ou les séries polynomiales de Tchebychev. On aboutira toujours à la fin à un système d'équations des coefficients de la série.

D- Méthode des volumes finis: c'est une formule très originale de la méthode des différences finies.

L'algorithme de la méthode consiste à:

- Forme intégrale des équations qui gouvernent le mouvement du fluide dans tous les volumes de contrôle.

- Discrétisation des équations différentielles (approximation par des différences finies) pour obtenir un système d'équations algébriques.

- Résolution du système d'équations par des méthodes itératives.

### 1.4.3. Post-processeur:

C'est relatif à la visualisation des résultats:

- Données et grille.

- Vecteurs.
- Couleurs.
- Animation des résultats dynamiques.

### **1.5 Problèmes résolus par les CFD**

- Compréhension des phénomènes physiques complexes (vitesse, pression, température ou réaction chimique).
- Comprendre les algorithmes de solutions numériques.
- Convergence, rapprocher la solution de la solution exacte.
- Stabilité, ce qui conduit à une divergence (condition initiale).
- Consistance des schémas: qui doit représenter la situation réelle.

### **1.6 Conclusion**

Notre cours portera principalement sur la méthode des volumes finis vu sa popularité et son réalisme.