

Sommaire

1. Introduction aux méthodes des éléments finis

- Principes généraux de la méthode des éléments finis
- Formulation forte et formulation faible
- Discrétisation du domaine fluide
- Fonctions d'interpolation et fonctions de forme
- Maillage et choix des éléments

2. Équations fondamentales de la mécanique des fluides

- Conservation de la masse
- Équations de quantité de mouvement
- Équations de Navier–Stokes
- Équation de l'énergie
- Conditions initiales et conditions aux limites

3. Formulation variationnelle

- Méthode des résidus pondérés
- Méthode de Galerkin
- Formulation variationnelle des équations de Navier–Stokes
- Assemblage des équations élémentaires
- Systèmes algébriques issus de la discrétisation

4. Écoulements incompressibles

- Écoulements incompressibles visqueux
- Formulation vitesse–pression
- Problème de Stokes
- Problème de Navier–Stokes
- Traitement de la contrainte d'incompressibilité

5. Stabilité et convergence

- Consistance numérique
- Stabilité de la formulation
- Convergence de la solution
- Condition de compatibilité vitesse–pression
- Critères de choix des éléments finis

6. Écoulements compressibles

- Équations d'Euler
- Équations de Navier–Stokes compressibles
- Formulations conservatives
- Ondes de choc et discontinuités

- Méthodes adaptées aux écoulements compressibles

7. Problèmes de convection–diffusion

- Équation de convection–diffusion
- Difficultés liées à la convection dominante
- Oscillations numériques
- Stabilisation des éléments finis
- Méthodes SUPG et formulations stabilisées

8. Écoulements turbulents

- Introduction à la turbulence
- Équations moyennées de Navier–Stokes
- Modèles de turbulence
- Approches RANS
- Application des éléments finis aux écoulements turbulents

9. Écoulements instationnaires

- Discrétisation temporelle
- Méthodes d’Euler
- Méthodes de Runge–Kutta
- Schémas implicites et explicites
- Couplage espace–temps

10. Résolution numérique

- Assemblage matriciel
- Méthodes directes et itératives
- Résolution des systèmes non linéaires
- Méthode de Newton
- Préconditionnement
- Calcul parallèle

11. Adaptation et amélioration des maillages

- Raffinement uniforme et local
- Adaptation du maillage
- Estimateurs d’erreur
- Maillages anisotropes
- Contrôle de la qualité du maillage

12. Applications en mécanique des fluides

- Écoulement dans les conduites
- Écoulement autour d’un obstacle
- Écoulements dans les canaux
- Écoulements autour des profils aérodynamiques
- Écoulements avec transfert thermique

- Applications industrielles

13. Mise en œuvre informatique

- Construction d'un code éléments finis
- Génération et gestion des maillages
- Assemblage des matrices
- Conditions aux limites
- Visualisation et interprétation des résultats

14. Validation des calculs

- Solutions analytiques de référence
- Tests numériques
- Comparaison avec les résultats expérimentaux
- Analyse des erreurs numériques
- Vérification et validation des modèles

Annexes

- Rappels mathématiques
- Calcul tensoriel
- Formulation différentielle et intégrale
- Fonctions de forme usuelles
- Exemples de matrices élémentaires
- Bibliographie spécialisés en éléments finis et mécanique des fluides