

Écoulements gaz-particules (ECGP)



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code:** N9EM19A

Présentation

Description

Introduction

Présentation qualitative des phénomènes et des enjeux de la modélisation des écoulements gaz-particules rencontrés dans les domaines du transport, de l'énergie, du procédé, de la santé et de l'environnement, en s'appuyant essentiellement sur les activités de partenariat industriel de l'enseignant.

Introduction des paramètres macroscopiques caractérisant ce type d'écoulements : température, pression, diamètre des particules, densité massique, fraction volumique, densité numérique, charge massique, ...

Présentation générale des méthodes de modélisation mathématique et de simulation numérique des écoulements à phase dispersée et de leur articulation multi-échelle par analogie avec la théorie cinétique des gaz : simulation directe ou pleinement résolue à petite échelle, modélisation Euler-Lagrange déterministe à méso-échelle, modélisation statistique et méthodes des moments (ou modèle N-fluides) à macro-échelle.

Modélisation Lagrangienne déterministe des particules

- Equation de quantité de mouvement et modélisation des transferts fluide-particule (trainée, Archimède, propulsion à réaction) et particule-particule (collision) en régime dense et dilué.
- Equation d'enthalpie et modélisation des transferts fluide-particule (diffusion thermique et transfert de masse).
- Equation de masse et modélisation des transferts fluide-particule (évaporation/condensation de gouttes, pyrolyse et gazéification de la bio-masse, réaction hétérogène de catalyse) et particule-particule (coalescence, break-up et attrition).

Modélisation statistique d'un ensemble de particules

Introduction de la fonction de distribution jointe des vitesses, masse et enthalpie pour un ensemble de particules, et de l'opérateur de moyenne associé.

Ecriture de l'équation de Liouville (ou cinétique ou de type Boltzmann) qui gouverne la fonction de distribution

Fermeture de cet équation en lien avec la modélisation lagrangienne déterministe des transferts fluide-particule et particule-particule. Introduction semi-empirique du modèle BGK pour la représentation de l'effet des collisions entre particules élastiques.

Modélisation macroscopique de l'écoulement de particules

Définition des moments de la phase particulaire (densité numérique, masse moyenne, vitesse moyenne, énergie d'agitation, température moyenne, contraintes cinétiques, ...)

Introduction générale à la méthode de dérivation des équations macroscopiques à partir de l'équation de Liouville. Reformulation du terme de collision sous la forme de la somme d'un terme source de modification de paires et d'un terme de flux collisionnel.

Application aux équations de bilan de masse, de bilan de densité numérique et de bilan de quantité de mouvement. Analyse des problèmes de fermeture et proposition de modélisations : transfert de masse fluide-particules, mélange d'espèces de particules et coalescence, transfert de quantité de mouvement fluide-particule (vitesse de dérive turbulente fluide-particule) et introduction des viscosités cinétique et collisionnelle.

Application

Le contrôle consiste dans un travail réalisé pendant environ 4h avec l'aide de l'enseignant responsable. L'objectif de ce travail est d'étudier une configuration réelle d'écoulement gaz-particules et de lui appliquer les compétences acquises dans le cours pour la modélisation et la simulation de ces écoulements. Soit par exemple, l'application du cours à la modélisation d'une tempête de poussières ou à celle de la dénébulisation d'un brouillard sur un aéroport.

Pré-requis obligatoires

Modélisation du transport et des transferts en écoulement monophasique laminaire, anisotherme et réactif

Dispersion et mélange turbulent (échelles temporelle et spatiale de la turbulence, viscosité turbulente, dispersion turbulente)

Introduction à la modélisation statistique (densité de probabilité multivariées, loi normale)

La connaissance de la théorie cinétique des gaz dilués est préconisée.

Infos pratiques