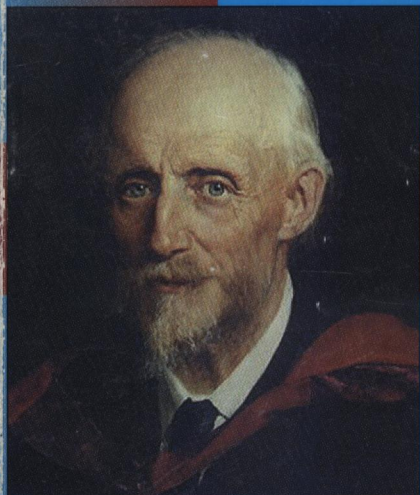


classes préparatoires scientifiques

cours et exercices corrigés



taupé-niveau

Mécanique des fluides

2^e année

PC - PC* - PSI - PSI*

Christian FRÈRE
Pierre KREMPF



TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I : COMPLÈMENTS DE CALCUL VECTORIEL			
1. RAPPELS	7	1.5.2. Description lagrangienne	38
1.1. Notion de champ	7	1.5.3. Description eulérienne	38
1.2. Systèmes de coordonnées	8	1.5.4. Vecteur tourbillon	40
1.2.1. Coordonnées cartésiennes	8	2. ÉQUATIONS FONDAMENTALES	40
1.2.2. Coordonnées cylindriques	9	2.1. Introduction	40
1.2.3. Coordonnées sphériques	11	2.2. Équation de continuité	40
1.3. Opérations sur les vecteurs	12	2.3. Équation du mouvement	42
1.3.1. Produit scalaire	12	2.4. Équation thermodynamique	45
1.3.2. Produit vectoriel	13	2.5. Équation d'état	45
1.3.3. Double produit vectoriel	14	2.6. Cas particuliers	46
1.3.4. Produit mixte	14	2.6.1. Fluide incompressible	46
1.4. Intégrales spatiales	15	2.6.2. Écoulement stationnaire	47
1.4.1. Circulation	15	2.6.3. Écoulement potentiel ou irrotationnel	47
1.4.2. Flux	18	2.6.4. Fluide parfait	48
2. OPÉRATEURS DE CHAMP	20	2.6.5. Forces de pesanteur	48
2.1. Gradient d'un champ de scalaire	20	2.6.6. Force d'inertie d'entraînement	49
2.2. Divergence d'un champ de vecteur	21	2.7. Statique	49
2.3. Rotationnel d'un champ de vecteur	23	EXERCICES DU CHAPITRE II	51
2.4. Laplacien d'un champ de scalaire	26	CHAPITRE III : SYSTÈMES OUVERTS	
2.5. Laplacien d'un champ de vecteur	27	1. ÉTUDE GÉNÉRALE DES BILANS	71
2.6. Opérateur nabla	28	1.1. Définition	71
2.7. Forme générale du théorème de Green-Ostrogradsky	30	1.2. Systèmes ouverts dans un fluide	71
CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉS SUR LES FLUIDES		1.3. Dérivées temporelles	71
1. DÉFINITIONS	31	1.4. Équations bilans	74
1.1. Milieu continu	31	1.4.1. Bilan de masse	74
1.2. Milieu fluide	33	1.4.2. Bilan de quantité de mouvement	74
1.3. Liquides et gaz	34	1.4.3. Bilan de moment cinétique	75
1.4. Forces	35	1.4.4. Bilan d'énergie cinétique	76
1.4.1. Forces de surface	35	1.4.5. Bilan d'énergie totale	76
1.4.2. Forces de volume	37	1.4.6. Bilan d'entropie	77
1.5. Description du fluide	38	1.5. Débit d'une grandeur extensive	78
1.5.1. Choix des variables	38	1.5.1. Définition	78
		1.5.2. Exemples	79
		1.5.3. Cas du régime stationnaire	79
		2. ÉCOULEMENT UNIDIMENSIONNEL	80
		2.1. Hypothèses	80
		2.2. Équations bilans	80

3. APPLICATIONS *	82
3.1. Propulsion par réaction	82
3.1.1. Principe	82
3.1.2. Mise en équation	83
3.1.3. Cas de l'avion	85
3.1.4. Cas de la fusée	87
3.2. Fonctionnement d'une hélice dans un fluide parfait	90
3.2.1. Étude générale	90
3.2.2. Cas du ventilateur	94
3.2.4. Cas de la soufflerie	95
3.2.4. Cas de l'hélice motrice	95
3.2.5. Éolienne	97
3.2.6. Forme des pales	98
3.3. Machines thermiques	101
EXERCICES DU CHAPITRE III	103

CHAPITRE IV : FLUIDES PARFAITS

1. PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES	113
1.1. Définition	113
1.2. Équations du fluide	114
1.3. Théorème de Bernoulli	114
1.4. Théorème de Thomson	116
1.5. Formule de Torricelli *	117
1.6. Effet Venturi *	119
2. ÉCOULEMENT POTENTIEL STATIONNAIRE	120
2.1. Équations du fluide	120
2.2. Exemples d'écoulements plans	121
2.2.1. Écoulement autour d'un cylindre	122
2.2.2. Écoulement dans un dièdre *	127
3. ÉCOULEMENT POTENTIEL NON STATIONNAIRE	131
3.1. Généralisation du théorème de Bernoulli	131
3.2. Tentative de levée du paradoxe de d'Alembert *	132
3.3. Régime transitoire de vidange *	136
4. ÉCOULEMENT AVEC CIRCULATION *	138
4.1. Modèle d'une dépression	139
4.2. Effet Magnus	142

4.3. Écoulement autour d'un demi-cylindre	147
5. FLUIDE COMPRESSIBLE *	150
EXERCICES DU CHAPITRE IV	159

CHAPITRE V : INTRODUCTION AUX FLUIDES RÉELS

1. VISCOSITÉ	177
1.1. Mise en évidence	177
1.2. Viscosité dynamique	178
1.3. Expression locale de la contrainte	179
1.4. Expression volumique de la force de viscosité	180
1.5. Équation du mouvement	182
1.6. Signification microscopique	183
1.7. Loi de similitude - nombre de Reynolds	183
2. ÉCOULEMENTS LAMINAIRES	185
2.1. Écoulement de Poiseuille	185
2.1.1. Profil de vitesse	185
2.1.2. Perte de charge	188
2.2. Écoulement autour d'une sphère - formule de Stokes	189
2.3. Couche limite	194
2.4. Sillage	196
3. TURBULENCE	198
3.1. Mise en évidence	198
3.2. Instabilité spontanée	199
3.3. Flot de Couette *	200
3.4. Mouvement moyen *	203
3.5. Décollement *	205
3.6. Couche limite turbulente *	206
3.7. Sillage turbulent et crise de résistance *	207
3.8. Corps profilés	210
3.9. Écoulements illimités	212
EXERCICES DU CHAPITRE V	213
PROBLÈMES DE SYNTHÈSE	225



La collection taupe-niveau est conçue par des professeurs en classes préparatoires scientifiques aux Grandes Écoles. Elle couvre la totalité des programmes de physique et chimie de ces classes, par filière, conformément au nouvel esprit de l'enseignement en classes prépas et présente de façon progressive l'ensemble des notions théoriques et expérimentales à connaître. De nombreux exercices corrigés d'application et d'approfondissement permettent à l'élève de se tester et de mieux préparer les concours.

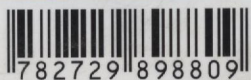
Cet ouvrage offre une approche de la Mécanique des fluides conforme aux nouveaux programmes des classes préparatoires scientifiques. Le modèle du fluide parfait y est en effet prolongé par l'étude de la viscosité et par l'étude théorique et pratique des fluides réels. La couche limite tient une part importante. Le développement de l'étude des fluides visqueux permet d'introduire le nombre de Reynolds, pilier de l'étude théorique et expérimentale des écoulements. L'étude des fluides parfaits et des systèmes ouverts est prolongée par des applications riches en enseignements concrets : hélice, tuyère de Laval, propulsion par réaction...

Par ses développements originaux, nettement orientés vers l'aspect dynamique des écoulements, plutôt que cinématique, ce cours de Mécanique des fluides constitue un ouvrage de référence, une interprétation exhaustive du programme officiel qui utilise les mathématiques élémentaires pour modéliser des situations concrètes et décrire des phénomènes a priori complexes.

Il s'adresse en priorité aux élèves des classes préparatoires scientifiques PC et PSI, mais également à tout public disposant d'une culture scientifique préalable et souhaitant approfondir ses connaissances dans ce domaine.

illustration de couverture :

Portrait de Osborne Reynolds.



9 782729 898809

ISBN 2-7298-9880-8