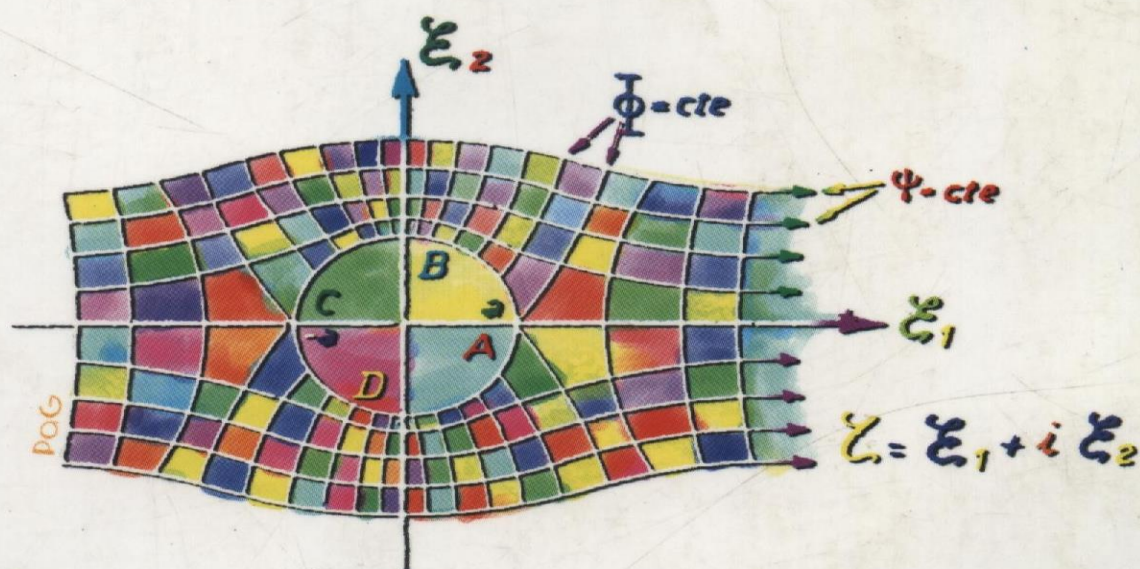


Roger Ouziaux Jean Perrier

2^e CYCLE • ÉCOLES D'INGÉNIEURS

Mécanique des fluides appliquée

Cours et exercices



DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

STATIQUE DES FLUIDES

1.1.	Généralités — Contraintes dans un milieu continu	1
1.2.	Pression en un point d'un fluide au repos. Unités de pression	5
1.3.	Répartition des pressions à l'intérieur d'un fluide incompressible au repos. Surfaces de niveau. Théorème de Pascal	8
1.4.	Influence de la compressibilité. Variation de la pression atmosphérique avec l'altitude	12
1.5.	Calcul des forces de pression. Corps immergés. Corps flottants	18
1.6.	Équations fondamentales de la statique des fluides. Surfaces équipotentielles	29
1.7.	Exemples d'équilibres dans un champ de force général. Vase tournant. Centrifugation	33

CHAPITRE II

CINÉMATIQUE DES FLUIDES

2.1.	Définitions. Variables de Lagrange et d'Euler	37
2.2.	Étude des champs de vitesses. Circulation. Potentiel des vitesses	38
2.3.	Définitions relatives aux écoulements	41
2.4.	Accélération d'un élément fluide. Dérivée particulaire	42
2.5.	Équation de continuité	47
2.6.	Étude de la répartition des vitesses. Tenseur des taux de déformation..	50
2.7.	Écoulement plan irrotationnel permanent d'un fluide parfait incompressible	58
2.8.	Application à l'étude graphique des écoulements plans irrotationnels..	64
2.9.	Application à l'étude des écoulements de révolution	66
2.10.	Autres propriétés des écoulements plans à potentiel des vitesses. Principe de superposition des écoulements. Analogie rhéoelectrique ...	68
2.11.	Utilisation de la variable complexe. Potentiel complexe. Vitesse conjuguée	72
2.12.	Transformation conforme des écoulements plans irrotationnels	76
2.13.	Mouvements rotationnels	81
2.14.	Écoulements potentiels avec circulation. Vortex	84

· CHAPITRE III

DYNAMIQUE DES FLUIDES PARFAITS INCOMPRESSIBLES

3.1.	Équations générales du mouvement	88
3.2.	Écoulement permanent d'un fluide incompressible non visqueux. Théorème de Bernoulli. Théorème de Kelvin. Théorème de Lagrange ...	92
3.3.	Étude directe de l'écoulement permanent	95
3.4.	Interprétations physiques du théorème de Bernoulli.....	100
3.5.	Applications du théorème de Bernoulli. Sondes de pression. Vidange d'un réservoir. Phénomène de Venturi. Diffuseur. Déversoir	106
3.6.	Théorème de Bernoulli en mouvement non permanent	115
3.7.	Application du théorème des quantités de mouvement. Théorème d'Euler	119
3.8.	Applications du théorème d'Euler. Forces exercées par un fluide. Poussée d'un réacteur ou d'une fusée	124
3.9.	Propagation des ondes dans les fluides	126
3.10.	Coups de bélier. Cheminée d'équilibre.....	131
3.11.	Théorème de Bélanger	137
3.12.	Pertes de charge singulières	139

CHAPITRE IV

DYNAMIQUE DES FLUIDES VISQUEUX**4.0. Généralités**

4.01.	Tenseur des contraintes dans un fluide visqueux	145
4.02.	Tenseur des taux de déformations	147
4.03.	Lois de comportement d'un fluide réel. Fluide de Stokes. Fluide newtonien. Viscosité dynamique. Viscosité de volume.....	148
4.04.	Équations générales de l'écoulement d'un fluide visqueux	154
4.05.	Application à l'étude pratique d'un écoulement de fluide incompressible visqueux	157
4.06.	Étude pratique des viscosités. Unités. Viscosité cinématique. Viscosités relatives ou empiriques. Influence de la température et de la pression	162
4.07.	Étude directe de l'écoulement laminaire dans un tube cylindrique horizontal de section circulaire. Écoulements coaxiaux.....	170
4.08.	Généralisation du théorème de Bernoulli. Perte de charge unitaire	176

4.1. Analyse dimensionnelle appliquée à la mécanique des fluides

4.10.	Principes de l'analyse dimensionnelle	180
4.11.	Méthode de Rayleigh. Exemples d'application	182
4.12.	Théorème π de Vaschy-Buckingham	187
4.13.	Similitude de deux écoulements. Généralités. Similitude complète. Similitude restreinte	187
4.14.	Recherche pratique des produits sans dimensions en mécanique des fluides	189

4.15.	Établissement direct des conditions de similitude. Nombre de Reynolds. Nombre de Froude	192
4.16.	Similitude complète. Emploi des conditions de similitude	196

4.2. Écoulement des fluides réels Notions sur la couche limite

4.20.	Étude expérimentale des écoulements de fluide réel. Écoulements laminaire, turbulent. Couche limite. Décollement	198
4.21.	Épaisseurs dynamiques de la couche limite	203
4.22.	Coefficients de frottement	204
4.23.	Couche limite laminaire	206
4.24.	Couche limite turbulente. Viscosité turbulente. Lois de puissance. Lois de paroi et de défaut de vitesse	209

4.3. Calcul des pertes de charge en conduite

4.30.	Influence du nombre de Reynolds. Courbes de Nikuradse	216
4.31.	Étude des trois régimes d'écoulement. Courbes de Colebrook	218
4.32.	Perte de charge en conduite non circulaire. Rayon hydraulique	225
4.33.	Facteurs de correction pour le traitement unidimensionnel des écoulements	226
4.34.	Compléments à l'étude des pertes de charge singulières	228
4.35.	Application au calcul pratique des conduites. Notions sur les réseaux de conduite. Problèmes économiques	234
4.36.	Circuit d'une machine hydraulique ou aéraulique	242

4.4. Écoulement dans les canaux

4.40.	Généralités. Définitions	245
4.41.	Classification des écoulements	246
4.42.	Écoulement permanent et uniforme. Problèmes pratiques concernant les canaux	247
4.43.	Influence du nombre de Froude	251

4.5. Théorie de la lubrification

4.50.	Étude des écoulements plans de faible épaisseur	255
4.51.	Théorie du coin d'huile	260
4.52.	Analyse dimensionnelle du fonctionnement d'un patin de butée Michell	267
4.53.	Calcul des coussinets	268
4.54.	Théorie du coussinet de grande longueur	271
4.55.	Théorie du coussinet étroit	273
4.56.	Lubrification en régime non hydrodynamique	280

CHAPITRE V

DYNAMIQUE DES FLUIDES COMPRESSIBLES

5.1.	Mouvement permanent d'un fluide compressible non visqueux	284
5.2.	Étude directe d'un écoulement permanent de fluide compressible visqueux	286
5.3.	Définitions particulières à l'étude des fluides compressibles. État générateur. Nombre de Mach. État critique	292
5.4.	Point d'arrêt dans un écoulement isentropique subsonique	295
5.5.	Écoulement isentropique unidimensionnel	299
5.6.	Théorème de Hugoniot	301
5.7.	Application à l'étude des tuyères en écoulement isentropique	303
5.8.	Tables d'écoulement isentropique. Applications numériques	309
5.9.	Similitude des écoulements de fluides compressibles	310
5.10.	Généralités sur les ondes de choc	315
5.11.	Étude de l'onde de choc droite. Calcul des rapports caractéristiques. Relation de Prandtl. Variation d'entropie. Tables d'écoulement isentropique	318
5.12.	Notions sur les ondes de choc obliques. Compression par choc oblique. Écoulement autour d'un coin. Réflexion et réfraction des ondes. Détente par choc oblique. Étude descriptive des jets supersoniques	328
5.13.	Écoulement adiabatique irréversible d'un gaz parfait dans une conduite. Équations générales. Calcul pratique. Tables de Fanno. Notions sur les couches limites en fluide compressible	337
5.14.	Courbes de Fanno. Représentation de l'écoulement adiabatique irréversible dans un diagramme enthalpique	348
5.15.	Applications diverses des courbes de Fanno. Étude des tuyères. Étude de l'onde de choc droite. Conditions aux limites d'un écoulement adiabatique irréversible. Calcul des joints labyrinthes	353
	Table d'écoulement isentropique de l'air	361
	Table de Fanno	364

EXERCICES

Exercices se rapportant au chapitre I	367
Exercices se rapportant au chapitre II	374
Exercices se rapportant au chapitre III	379
Exercices se rapportant au chapitre IV	392
Exercices se rapportant au chapitre V	417
Réponses à certains exercices proposés	427
Bibliographie	442
Index	443

SCIENCES SUP

Roger Ouziaux • Jean Perrier

2^e cycle
universitaire
écoles
d'ingénieurs
IUT
CNAM

MÉCANIQUE DES FLUIDES APPLIQUÉE

Cours et exercices

Ce cours de mécanique des fluides a l'ambition de réaliser le meilleur compromis possible entre le souci de la formation générale des élèves ingénieurs et celui de leur entraînement à la mise en œuvre pratique de leurs connaissances.

À cet effet, les exposés théoriques des théorèmes généraux de la mécanique des fluides sont toujours complétés par d'autres démonstrations plus directes, à caractère physique, qui se rapprochent mieux du genre de raisonnement concret qu'aura à utiliser l'ingénieur dans l'étude des applications rencontrées le plus couramment dans la pratique de son métier.

L'ouvrage contient aussi de très nombreux exemples concrets, parfois poussés jusqu'à l'application numérique de leurs unités. Il se termine par **180 sujets d'exercices dont 150 comportent les réponses** permettant ainsi au lecteur de vérifier sa bonne compréhension des lois étudiées.

Ce livre a été rédigé à l'intention des écoles d'ingénieurs. Cependant, en première lecture, peuvent être négligés les exposés les plus théoriques des théorèmes généraux, en se bornant aux définitions de base, aux démonstrations à caractère physique et aux applications. De ce fait, il pourra être aussi profitable aux élèves du premier cycle du CNAM et de ses centres associés, aux élèves des IUT et de certaines classes de techniciens supérieurs ou pour la formation permanente.

ROGER OUZIAUX,
professeur,
ENSAM de Lille.

JEAN PERRIER
professeur,
École nationale
d'ingénieurs
de Strasbourg.

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

PHYSIQUE APPLIQUÉE

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE



ISBN 2 10 003859 1
Code 043859


DUNOD
É D I T E U R