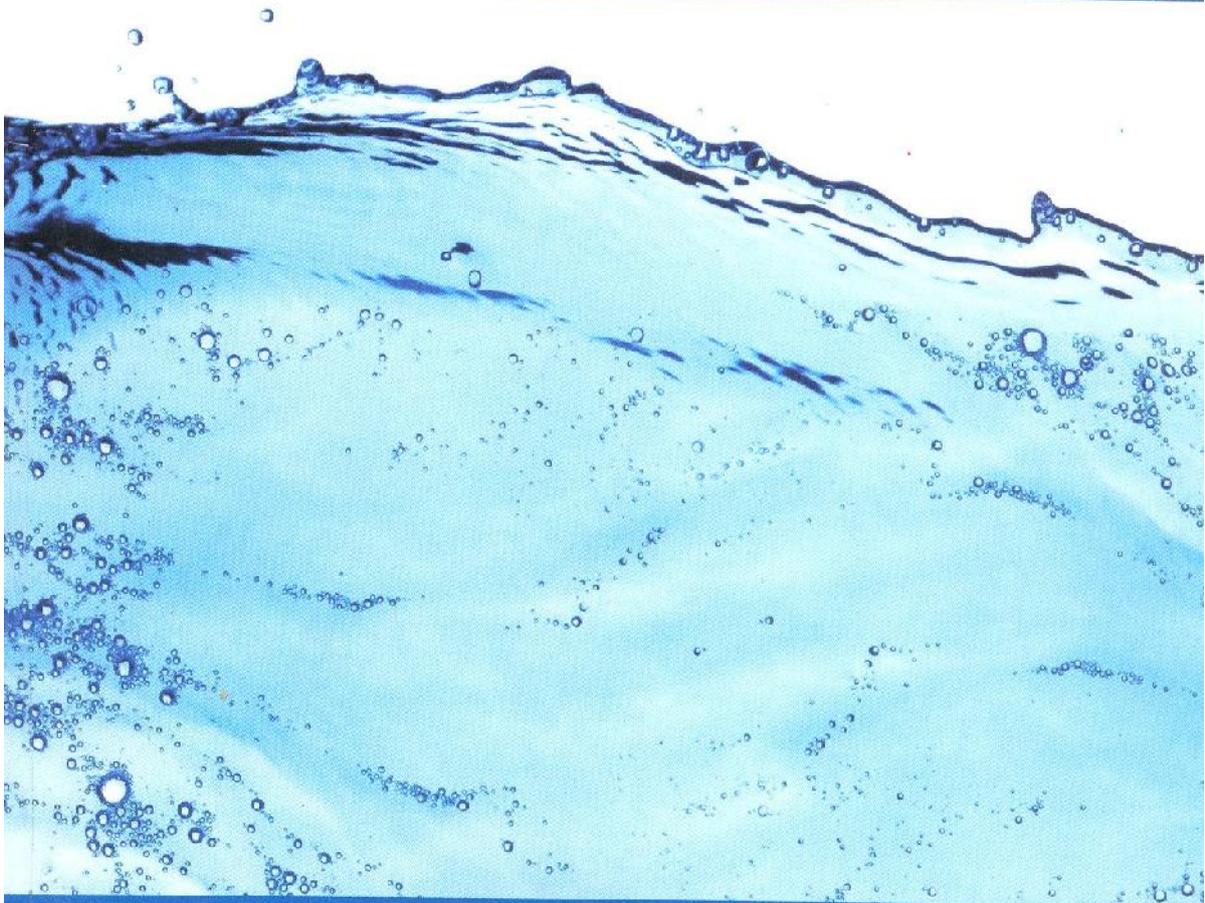


Merzak DAMOU

# MÉCANIQUE DES FLUIDES



OFFICE DES PUBLICATIONS UNIVERSITAIRES

TABLES DES MATIERES

	Page
Chapitre I: <u>Introduction à la mécanique des fluides</u> .....	1
I.1. Introduction.....	1
I.2. Milieu continu et particules de fluide.....	2
I.3. Historique de la mécanique des fluides.....	2
Chapitre II: <u>Statique des fluides</u> .....	5
II.1. Introduction.....	5
II.2. Pression.....	5
II.3. Equation fondamentale de la statique.....	6
II.4. Forces pressantes exercées par le fluide au repos sur un corps.....	7
II.5. Théorème d'Archimède.....	7
II.6. Statique d'un fluide incompressible dans le champ de pesanteur .....	8
II.7. Statique d'un fluide incompressible dans d'autres champs de force.....	8
II.8. Forces de pression appliquées sur une paroi plane.....	9
II.9. Applications:	9
II.9.1 Le manomètre.....	9
II.9.2. Fluides dans un réservoir en rotation.....	1
Chapitre III: <u>Cinématique des fluides</u> .....	1
III.1. Introduction.....	1
III.2. Descriptions Lagrangienne et Eulerienne du mouvement de fluide.....	1
III.3. Equation de continuité.....	1
III.3.2 Cas particuliers.....	1
III.4. Débit en masse ou débit en volume.....	1
III.5. Lignes et fonctions de courant.....	1
III.5.2 Tube de courant.....	2
III.6. Analyse du mouvement d'un élément de fluide.....	2
III.7. Calcul de rotation et de déformations.....	2
III.8. Etude du mouvement d'un élément de fluide.....	2
III.9. Notion de Circulation.....	2
III.10. Propriétés de la circulation.....	2
Chapitre IV: <u>Ecoulement potentiel</u> .....	2
IV.1. Introduction.....	2
IV.2. Ecoulement irrotationnel.....	2
IV.3. Ecoulement Potentiel.....	2
IV.4. Equations de base pour un écoulement potentiel de fluide incompressible.....	2
IV.5. Ecoulement potentiel bidimensionnel de fluide incompressible.....	2

IV.6.	Solution pour des écoulements potentiels bidimensionnels, à base de la théorie des variables complexes.....	31
IV.7	Exemples d'écoulements potentiels simples.....	32
IV.7.1	Écoulement uniforme.....	32
IV.7.2	Écoulement à partir d'une source (ou d'un puit). ..	32
IV.7.3.	Écoulement d'un vortex (tourbillon).....	33
IV.8.	Superposition d'écoulements.....	34
IV.9.	Exemples d'écoulements composés.....	34
IV.9.1.	Source et puit de même débit.....	34
IV.9.2.	Le doublet.....	35
IV.9.3.	Écoulement uniforme et une source.....	36
IV.9.4.	Écoulement autour d'un cylindre.....	37
IV.9.5.	Écoulement autour d'un cylindre avec circulation.....	38
IV.9.6.	Écoulement à travers une fente.....	39
IV.9.7.	Écoulement sur un mur corrugé.....	40
Chapitre V:	<u>Les transformations conformes</u> .....	43
V.1.	Le pourquoi de transformations conformes.....	43
V.2.	Définition et propriétés des transformations conformes.....	44
V.2.1.	Fonction holomorphe (analytique).....	44
V.2.2.	Transformation biunivoque.....	44
V.3.	Intérêt pratique des transformations conformes.....	45
V.4.	Écoulement à potentiel en puissance de $1/n$ .....	46
V.5.	Transformation $\zeta \rightarrow z = \zeta^{1/2}$ .....	48
V.6.	Transformation $\zeta \rightarrow z = \zeta^{1/n}$ .....	50
V.7.	Transformation de Joukowski.....	52
V.7.2.	1 <sup>ère</sup> forme particulière de la transformation de Joukowski.....	54
V.7.3.	2 <sup>ème</sup> forme particulière de la transformation de Joukowski.....	60
V.8.	Transformation en $z = \ln \zeta$ .....	63
V.9.	Applications:.....	63
V.9.1.	Écoulement potentiel autour d'un cylindre avec circulation.....	63
V.9.2.	Écoulement sur un profil à pointe: Condition de Joukowski.....	67
Chapitre VI:	<u>Dynamique des fluides parfaits et incompressibles</u> .....	71
VI.1	Equations d'Euler.....	71
VI.2.	Autre alternative pour le développement de l'équation d'Euler.....	74
VI.3.	Equation de Bernoulli.....	75
VI.4.	Généralisation de l'équation de Bernoulli.....	76
VI.5.	Interprétation physique de l'équation de Bernoulli.....	78
VI.6.	Applications:.....	79
VI.6.1.	Mesure directe de débits dans des conduites.....	79
	Le Venturi.....	79
	Le Diaphragme.....	80

VI.6.2	Mesure indirecte de débit avec des sonde de Pitot.	81
	La sonde de Pitot totale.....	83
	Le tube de Pitot statique.....	83
Chapitre VII: <u>Théorème des quantités de mouvement</u> .....		85
VII.1.	Volume de contrôle.....	85
VII.2.	Théorème des quantités de mouvement.....	85
VII.3.	Transformation de l'intégrale de volume.....	87
VII.4.	Théorème du moment angulaire.....	88
VII.5.	Applications:	89
VII.5.1.	Calcul de la poussée d'un turbo-réacteur.....	89
VII.5.2.	Calcul de la poussée d'un moteur fusée.....	91
VII.5.3.	Calcul de la poussée d'un moteur à hélices.....	93
VII.5.4.	Calcul de la trainée d'une aile d'avion.....	96
Chapitre VIII: <u>Dynamique des fluides visqueux</u> .....		97
VIII.1.	Définition de la viscosité (expérience de Couette).....	97
VIII.2.	Equations dynamiques de fluides visqueux.....	100
VIII.3.	Relations entre déformations et efforts visqueux.	100
VIII.4.	Ecoulements laminaires.....	104
VIII.5.	Solutions des équations de Navier-Stokes.....	104
VIII.5.1	Ecoulement à potentiel de fluides visqueux et incompressible.....	105
VIII.5.2	Ecoulement de Couette.....	105
VIII.5.3	Ecoulement de Couette entre 2 cylindres coaxiaux	106
VIII.5.4	Ecoulement de Poiseuille.....	108
VIII.5.5	Ecoulement dans une conduite annulaire.....	110
VIII.5.6	Ecoulement entre deux plans parallèles faisant un angle $\alpha$ petit entre eux.....	111
VIII.5.7	Le problème de Stokes.....	114
Chapitre IX: <u>Similitude des écoulements</u> .....		117
IX.1.	Généralités.....	117
IX.2.	Variables réduites.....	117
IX.3.	Equations en variables réduites.....	118
IX.4.	Conditions de similitude.....	120
IX.5.	Conditions de similitude pour des écoulements à surface libre.....	123
IX.6.	Application: Conditions de similitude pour des écoulements instationnaires de fluides compressibles.....	124
Chapitre X: <u>Analyse dimensionnelle</u> .....		127
X.1.	Introduction.....	127
X.2.	Facteurs de forme.....	127
X.3.	Applications.....	128
X.3.1.	Célérité du son dans un gaz.....	128
X.3.2.	Trainée d'une sphère.....	128
X.3.3.	Puissance d'une machine tournante.....	129

X.3.4.	Corps plongé dans un écoulement de fluide visqueux incompressible et pesant.....	130
X.3.5	Analyse dimensionnelle pour une hélice.....	131
Chapitre XI: <u>Pertes de charge par frottement.....</u>		133
XI.1.	Coefficient de pertes de charge par frottement...	133
XI.2.	Calcul du coefficient de pertes de charge dans un conduit lisse.....	133
XI.3.	Calcul du coefficient de pertes de charge dans une conduite quelconque.....	135
XI.4	Profil de vitesse d'un écoulement turbulent dans une conduite lisse.....	137
XI.5	Cas de la conduite rugueuse.....	139
XI.6	Applications:	140
XI.6.1	Pertes de charge dans une conduite annulaire.....	140
XI.6.2	Pertes de charge dans des conduites lisse et rugueuse.....	141
Chapitre XII: <u>Pertes de charge singulières.....</u>		143
XII.1	Introduction.....	143
XII.2.	L'élargissement brusque.....	144
XII.3.	Le rétrécissement brusque.....	145
XII.4.	Changement de section graduel.....	148
XII.4.1	Le convergent.....	148
XII.4.2	Le divergent.....	149
XII.5.	Les diaphragmes.....	150
XII.6.	Écoulement dans des conduites courbées.....	151
Chapitre XIII: <u>Calcul des conduites.....</u>		153
XIII.1.	Introduction.....	153
XIII.2.	Pertes de charge totale.....	154
XIII.3.	Couplage en série.....	155
XIII.4.	Couplage en parallèle.....	155
XIII.5.	Calcul des conduites ramifiées et des conduites complexes.....	157
XIII.6.	Applications:	158
XIII.6.1	Ventilation naturelle d'un tunnel.....	158
XIII.6.2	Ventilation artificielle d'un tunnel.....	161
XIII.6.3	Le diffuseur.....	162
Chapitre XIV: <u>Etude de la couche limite laminaire.....</u>		165
XIV.1.	Introduction.....	165
XIV.2.	Écoulement de type couche limite.....	166
XIV.3.1	Quelques caractéristiques importantes de la couche limite.....	167
XIV.3.2	Épaisseur de la couche limite.....	167
XIV.3.3	Épaisseur de déplacement.....	168
XIV.3.4	Épaisseur de quantités de mouvement.....	169
XIV.4.	Equations de la couche limite laminaire sur une plaque plane.....	170
XIV.6.	Décollement de la couche limite.....	173

XIV.7.	Equations intégrales de la couche limite.....	175
XIV.8.	Solutions exactes des écoulements permanents bidimensionnels de type couche limite.....	177
XIV.8.1.	La couche limite laminaire sur une plaque plane.....	178
XIV.8.2.	Le sillage laminaire plan.....	179
XIV.8.3.	Le jet plan laminaire.....	183
XIV.8.4.	La couche limite avec aspiration.....	185
XIV.8.5.	Calcul d'épaisseurs de déplacement et de quantité de mouvement.....	186
<b>Chapitre XV: <u>Couche limite laminaire en écoulement</u></b>		
<b><u>incompressible avec gradient de pression.....</u></b> 189		
XV.1.	Introduction.....	189
XV.2.	Equations de la couche limite laminaire en présence d'un gradient de pression axial.....	190
XV.3.	Recherche de solutions auto-semblables: méthode de Falkner-Skan.....	191
XV.4.	Solutions de Falkner-Skan:.....	194
XV.4.2	Cas particuliers:.....	195
<b>Chapitre XVI: <u>Introduction à la turbulence.....</u></b> 197		
XVI.1.	Introduction.....	197
XVI.2.	Expérience de Reynolds.....	198
XVI.3.	Echelles caractéristiques de la turbulence.....	199
XVI.4.	Traitement statistique des écoulements turbulents	200
XVI.5.	Equations de Reynolds.....	202
XVI.6.	Equations de Reynolds pour des écoulements turbulents cisailés minces.....	206
XVI.7.	Transport par les tensions de Reynolds.....	210
XVI.8.	La longueur de mélange: théorie de transfert de quantités de mouvement de Prandtl.....	212
XVI.8.2	Limitations de la théorie de la longueur de mélange.....	214
XVI.9.	Applications:.....	215
XVI.9.1	Profil de vitesse d'un écoulement turbulent près d'une paroi plane.....	215
XVI.9.2.	Écoulement turbulent entre deux plans parallèles.	218
XVI.9.3	Étude d'un jet plan turbulent.....	220
XVI.9.4	Le sillage plan turbulent.....	222
XVI.9.5.	La couche de mélange.....	225
<b><u>Bibliographie.....</u></b> 231		
<b><u>Index thématique.....</u></b> 231		