

Table des matières

<i>Sommaire</i>	V
<i>Préface de Forrest M. Holly</i>	VII
<i>Avant-propos</i>	X
<i>Notations</i>	XII
Chapitre 1. Les notions fondamentales à travers l'histoire de leur découverte (introduction aux écoulements incompressibles)	1
1. L'homme et les écoulements incompressibles : de l'Antiquité aux équations de Navier-Stokes	1
1.1. L'Antiquité : 4 000 ans d'utilisation de l'eau	2
1.2. Léonard de Vinci et la Renaissance	9
1.3. À partir du XVII ^e siècle : l'essor de la mécanique	12
1.4. Le siècle de l'hydrodynamique : du fluide parfait vers la recherche de la compréhension des fluides réels	14
1.5. Du XVIII ^e au XIX ^e siècle : premiers résultats sur les ondes	20
1.6. Émergence des lois décrivant le mouvement des fluides réels	22
2. Les équations de la mécanique des fluides, et l'hypothèse des écoulements incompressibles	24
2.1. Écriture des équations de base à partir des méthodes de bilans	24
2.2. Discussion du domaine de validité de l'hypothèse des écoulements incompressibles	29
2.3. Retour sur le théorème de Bernoulli ; charge et pertes de charge	31
2.4. Condition de surface libre et influence de la gravité dans les écoulements incompressibles	33
2.5. Condition de paroi. Couche limite	34
3. Phénomènes d'instabilité. Turbulence	38
3.1. Un regard historique sur la turbulence	38
3.2. Phénomènes d'instabilités en mécanique des fluides	42
4. L'analyse dimensionnelle et les modèles réduits en mécanique des fluides	45
4.1. Des premières études expérimentales à la formulation de l'analyse dimensionnelle	45
4.2. Le théorème de Vaschy-Buckingham et quelques applications	47
4.3. Utilisation des modèles réduits en mécanique des fluides	50
<i>Problèmes et applications</i>	55

Chapitre 2. Turbulence et modélisation des écoulements turbulents	67
1. Apparition de la turbulence	68
1.1. Les équations de Navier-Stokes dans un écoulement turbulent	68
1.2. Expérience de Reynolds	68
1.3. Notion d'instabilité	69
1.4. Observation des écoulements turbulents	70
2. Écoulement moyen et écoulement fluctuant	71
2.1. Opérateurs de moyenne	71
2.2. Équations de la vitesse moyenne	73
2.3. Nécessité d'hypothèses de fermeture	74
2.4. Équations d'évolution du tenseur de Reynolds	75
3. Mécanismes énergétiques et échelles de longueur dans un écoulement turbulent	76
3.1. Énergie cinétique du mouvement turbulent	77
3.2. Dissipation et répartition spectrale de l'énergie turbulente en turbulence homogène	78
3.3. Mécanismes énergétiques et tailles de tourbillons : modèle de Kolmogorov	82
3.4. Simulation directe de la turbulence	87
4. Modélisation simplifiée de la turbulence : viscosité turbulente	89
4.1. Viscosité turbulente	89
4.2. Application à l'écoulement entre deux plaques parallèles	93
5. Simulation numérique de la turbulence	101
5.1. Modèle $k-\epsilon$	101
5.2. Détermination des constantes du modèle $k-\epsilon$	103
5.3. Modélisation des parois dans le cadre du modèle $k-\epsilon$	107
6. Simulation au second ordre	107
6.1. Avons-nous besoin d'un modèle plus précis que le modèle $k-\epsilon$?	107
6.2. Le modèle de base	109
6.3. Relations algébriques	112
6.4. Termes d'écho de paroi	114
6.5. Modélisation des termes de diffusion	116
7. Esprit des nouveaux modèles de turbulence	117
7.1. Analyse des corrélations pression-déformation par fonctions de Green	118
7.2. Objectifs des nouveaux modèles	120
7.3. Invariants	120
7.4. Tenseur d'anisotropie et réalisabilité	121
7.5. Le modèle « cubique » de Launder <i>et al.</i>	124
8. Exemples de calculs d'écoulements turbulents	125
8.1. Jet pariétal	125
8.2. Canal coudé	126
8.3. Un cas pathologique : point d'arrêt et déformations alternées	127
<i>Problèmes et applications</i>	132
Chapitre 3. Écoulements permanents dans les réseaux de tuyauteries	137
1. Les écoulements dans les réseaux de conduites hydrauliques	137
1.1. Hypothèses des écoulements en conduite	138
1.2. Définition de la charge	139
1.3. Écoulement turbulent dans les conduites	141

2. Définition des pertes de charge	145
2.1. Estimation des pertes de charge linéaires	145
2.2. Estimation des pertes de charge singulières	152
3. Calculs de puissance mécanique dans un circuit	156
3.1. Bilan d'énergie dans un circuit	156
3.2. Mise en œuvre pratique des méthodes de pertes de charge	156
<i>Problèmes et applications</i>	158
Chapitre 4. Efforts induits par les écoulements sur les structures	166
1. Efforts sur un obstacle immobile dans un écoulement permanent	167
1.1. Généralités	167
1.2. Exemples d'écoulements	168
1.3. Représentation adimensionnelle et exemples	171
1.4. Instabilité de couche limite et détachement de tourbillons dans le sillage	174
2. Calcul des efforts sur un solide soumis à un écoulement stationnaire	176
2.1. Étude des sillages de corps profilés	176
2.2. Corps non profilés	179
2.3. Cas des corps profilés avec effet de portance	180
3. Effort liés à l'inertie (accélération de l'écoulement ou de l'objet)	183
3.1. Généralités	183
3.2. Expression de l'effort dans le cas transitoire	183
3.3. Notion de masse ajoutée	185
3.4. Cas général	186
<i>Problèmes et applications</i>	188
Chapitre 5. Les écoulements à la surface du globe. Écoulements géophysiques.	
Écoulements à surface libre	196
1. Écoulements et transferts de polluants à la surface du globe	197
1.1. Équations générales des écoulements géophysiques	197
1.2. Approximation des écoulements quasi horizontaux	201
1.3. Application aux écoulements atmosphériques	207
1.4. Applications en océanographie	212
2. Les écoulements à surface libre en eau peu profonde	215
2.1. Hypothèses et champ d'application	215
2.2. Moyennage selon la verticale : équations de Saint-Venant	216
2.3. Écriture et modélisation des termes de dispersion et de frottement des équations de Saint-Venant bidimensionnelles	220
2.4. Équations de Saint-Venant monodimensionnelles pour les écoulements dans les biefs de grande longueur des rivières et canaux	227
<i>Problèmes et applications</i>	231
Chapitre 6. Les écoulements transitoires dans les canaux et rivières	238
1. Les écoulements à inertie prépondérante. Méthode des caractéristiques	239
1.1. Introduction à la théorie des caractéristiques appliquée aux équations de Saint-Venant	240
1.2. Quelques propriétés des écoulements à surface libre, déduites de la méthode des caractéristiques appliquée aux équations de Saint-Venant	243
1.3. Un exemple d'application : la fermeture d'une vanne à l'amont d'un canal	251

2. Le ressaut hydraulique	256
2.1. Introduction : apparition d'un ressaut hydraulique à partir d'une onde de compression	256
2.2. Les équations du ressaut hydraulique	257
2.3. Un exemple : le cas d'un piston poussant de l'eau	261
3. Calcul de la propagation des crues et des inondations	267
3.1. Introduction	267
3.2. Une première approche à l'aide d'un modèle très simplifié	269
3.3. L'équation de l'onde de crue diffusante	271
3.4. Le calcul de la propagation des crues	273
4. Les ruptures de barrages	279
4.1. Introduction	279
4.2. Rupture de barrage sur fond sec	283
4.3. Le calcul des ondes de submersion dues aux ruptures de barrages	290
<i>Problèmes et applications</i>	298
Chapitre 7. Écoulements permanents et transport de sédiments dans les canaux et rivières	316
1. Structure des écoulements permanents dans les canaux à surface libre	316
1.1. Quelques caractéristiques des écoulements turbulents uniformes à surface libre	316
1.2. Les courants secondaires	320
2. Éléments sur le transport des sédiments	323
2.1. Modes de transport des sédiments dans les rivières et canaux	323
2.2. Seuil de mouvement par charriage	329
2.3. Estimation du débit solide	332
3. Description des écoulements permanents non uniformes à partir des équations de Saint-Venant à une seule dimension d'espace	332
3.1. Les équations de Saint-Venant monodimensionnelles en régime permanent	332
3.2. Étude du passage d'un écoulement sur un seuil, en négligeant le frottement	335
3.3. Écoulements graduellement variés. Lignes d'eau	339
3.4. Application : passage d'un seuil et raccordement aux conditions en amont et en aval	342
3.5. Application : changement brutal de pente	347
<i>Problèmes et applications</i>	348
<i>Bibliographie</i>	354
<i>Index</i>	361

Mise en page : Catherine Martin, PAGIMAGE, catherinepagimage.com