



Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

© Masson, Paris, 1961, 1985
ISBN : 2-225-80507-5

MASSON S.A.	120, Bd Saint-Germain, 75280 Paris Cedex 06
MASSON PUBLISHING U.S.A. Inc.	211 East 43rd Street, New York, N.Y. 10017
MASSON S.A.	Balmes 151, Barcelona 8
MASSON ITALIA EDITORI S.p.A.	Via Giovanni Pascoli 55, 20133 Milano
MASSON EDITORES	Dakota 383, Colonia Napoles, 03810 Mexico DF
EDITORIA MASSON DO BRASIL Ltda	Rua Borges Lagoa 1044, CEP/04038 São Paulo S.P.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
PRÉFACE	1
CHAPITRE PREMIER. — <i>Généralités. Statique des fluides.</i>	3
<i>Généralités</i>	3
Définition du fluide	3
Liquides et gaz	3
Force de volume. Forces de surface	4
Tension en un point	5
<i>Statique des fluides (équilibre des fluides au repos)</i>	7
Pression en un point d'un fluide	7
Équations fondamentales de la statique des fluides	9
Statique d'un fluide incompressible dans le champ de pesanteur ...	12
Équation fondamentale de l'hydrostatique	12
Interprétation énergétique de la loi fondamentale de l'hydro- statique	14
Mesure d'une pression par une colonne de liquide	15
Unités de pression	16
Pression absolue. Pression effective	17
Applications	17
Calcul des forces de pression	18
Statique des fluides dans d'autres champs de force	27
Équilibre d'un liquide soumis à une accélération constante ...	28
Équilibre d'un liquide dans un vase en rotation uniforme	29
Statique d'un fluide compressible dans le champ de pesanteur	31
Coefficient de compressibilité	31
Équation fondamentale	31
Cas des liquides	32
Cas des gaz	33
Corps flottants	40
Définitions	40
Théorème d'Euler	41
Théorème de Dupin. Métacentres	42
Équilibre des flotteurs	43
Exercices d'application	47
Poussée et centre de poussée dans le cas d'un rectangle incliné sur l'horizontale. Calcul direct	47
Structure verticale d'une atmosphère adiabatique	48
Hauteur métacentrique	49
Corps flottant sur un liquide tournant autour d'un axe vertical.	49
Corps homogène immergé dans un liquide tournant	50
Force ascensionnelle d'un ballon	50

CHAPITRE II. — Cinématique des fluides.	52
<i>Définitions</i>	52
Variables de Lagrange. Variables d'Euler	52
Lignes de courant. Tubes de courant	53
Écoulements permanents	53
Écoulements permanents en moyenne	54
<i>Continuité</i>	54
Équation de continuité	54
Débit en masse et débit en volume	56
Cas d'un tube de courant	57
<i>Analyse du mouvement d'un élément de volume</i>	58
<i>Etude de quelques types d'écoulements</i>	60
Notion de circulation	61
Écoulements irrotationnels ou à potentiels de vitesse	62
Écoulements rotationnels. Théorie tourbillonnaire	63
Écoulement potentiel avec circulation	64
Écoulement à potentiel des accélérations	64
<i>Etude particulière des écoulements plans</i>	65
Lignes de courant. Fonction de courant	66
Fonction de courant et potentiel des vitesses	67
Méthode graphique de résolution de l'équation de Laplace : construction de Prasil	68
Étude mathématique des solutions de l'équation de Laplace	70
Fonctions analytiques	70
Superposition de plusieurs écoulements	74
Écoulement à potentiel avec circulation	76
Représentation conforme	79
Transformation de Joukowski	80
Autres transformations conformes	81
Résolution de l'équation de Laplace au moyen de la cuve électrique	82
<i>Écoulements à trois dimensions</i>	83
CHAPITRE III. — Dynamique des fluides parfaits.	85
<i>Equations générales de la dynamique des fluides parfaits</i>	85
Équations d'Euler	85
Autre forme des équations d'Euler	86
Autres équations de la dynamique des fluides parfaits	88
Conditions aux limites	89
Équations intrinsèques	91
Cas particuliers	93
<i>Relation de Bernoulli</i>	94
Établissement de l'équation de Bernoulli	94
Interprétation énergétique de l'équation de Bernoulli	95
Formules d'application pratique	98
Écoulement à énergie constante	99
Généralisation de la formule de Bernoulli	102
<i>Théorème des quantités de mouvement</i>	106
Théorème d'Euler	107
Remarques	109
CHAPITRE IV. — Applications du théorème de Bernoulli.	110
Formule de Torricelli	110

Calcul du débit d'un orifice : coefficient de contraction	113
Orifice en mince paroi	113
Orifice quelconque	114
Orifice large rectangulaire	114
Étude générale des jets	115
Écoulement réel par un orifice	117
Pression dans une conduite. Tube piézométrique	118
Pression en un point d'arrêt	121
Tube de Pitot	122
Écoulement par-dessus un déversoir en mince paroi	123
Phénomène de Venturi	123
Tube de Venturi	124
Diffuseur de turbine	125
Applications du théorème de Bernoulli généralisé	126
Cas d'un convergent	128
Cas d'un divergent	128
Représentation géométrique des écoulements	129
<i>Écoulements non permanents</i>	130
Oscillations d'un liquide dans un tube en U	131
Établissement de l'écoulement dans un tube	132
<i>Écoulements courbes</i>	133
CHAPITRE V. — Applications du théorème des quantités de mouvement.	135
Application à un filet de courant	136
Réaction d'un jet	137
Action d'un fluide sur un coude de conduite	139
Écoulement dans une conduite présentant un élargissement brusque	142
Cas d'un rétrécissement brusque	146
Poussée d'un réacteur ou d'une fusée	147
Action d'un jet sur une plaque plane	150
Écoulement autour d'un obstacle cylindrique	151
Théorie des hélices (Théorie unidimensionnelle)	156
CHAPITRE VI. — Équation de la dynamique des fluides compressibles.	161
<i>Influence de la compressibilité en mécanique des fluides</i>	161
<i>Équations générales</i>	162
Principe de la conservation de la masse	162
Principe de conservation des quantités de mouvement	162
Principe de la conservation de l'énergie	163
Équation d'état du fluide	164
<i>Rappels de thermodynamique</i>	164
Travail de compression (transformation réversible)	164
Travail de transvasement (transformation réversible)	165
Autre expression du principe de la conservation de l'énergie	166
Propriétés de l'enthalpie	168
CHAPITRE VII. — Écoulement unidimensionnel d'un gaz parfait sans frottement.	173
Hypothèses	173
Équations du mouvement	173

Théorème d'Hugoniot	174
Relation de Barré de Saint-Venant	176
Existence d'une limite supérieure pour la vitesse d'écoulement....	178
Débit en masse de la canalisation	179
Caractéristiques de l'état critique	181
Courbes de Fanno	182
Application à l'étude des tuyères	183
 CHAPITRE VIII. — <i>Ondes de choc (Notions).</i>	187
Généralités	187
Ondes de choc plane normale.....	187
Variations des propriétés du gaz de part et d'autre de l'onde de choc	189
Relation de Prandtl	192
Autres expressions des variations des caractéristiques du gaz ..	192
Irréversibilité de l'onde de choc	194
Exemples d'application.....	194
Conséquences importantes	195
Onde de choc plane oblique	197
Quelques compléments sur les ondes de choc	199
 CHAPITRE IX. — <i>Propagation des ondes élastiques. Coups de bélier.</i>	202
Propagations des ondes élastiques (ondes planes longitudinales) ...	202
Généralités sur les ondes élastiques.....	204
Propagation d'une onde plane dans un milieu fluide indéfini ..	204
Propagation d'une onde plane dans une conduite cylindrique ..	206
Équations du mouvement des particules	208
Coup de bélier.....	213
Méthode graphique de Schnyder-Bergeron	222
Généralités sur les méthodes graphiques utilisées en hydraulique dans l'étude des conduites en charge	223
Principe de la méthode graphique de Schnyder-Bergeron	228
Exemple de construction graphique du coup de bélier	230
Entretien des oscillations de pression. Emploi des coups de bélier ..	232
Analogies électro-hydrauliques	233
 <i>Bibliographie sommaire.</i>	237
 <i>Index alphabétique des matières.</i>	239

AVANT-PROPOS

CET OUVRAGE de Mécanique des Fluides est destiné aux Etudiants de la Maîtrise de Mécanique ainsi qu'aux Elèves des Ecoles d'Ingénieurs. Il doit être utile aussi aux Ingénieurs de conception ou de fabrication confrontés, dans leur vie professionnelle, aux problèmes posés par le mouvement des fluides. Il développe le contenu d'un Enseignement donné à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), en Mécanique des Milieux Déformables et reprend celui de certains Certificats spécialisés.

En France, la Mécanique des Fluides est généralement considérée comme une discipline rattachée aux Mathématiques et dans cette perspective il est certain que des travaux remarquables ont été réalisés. Cependant, malgré l'introduction d'hypothèses simples, on se trouve rapidement devant de très grandes difficultés de calcul et, pour résoudre les problèmes pratiques, il faut souvent faire appel à l'expérience. C'est pour cela, qu'à côté des noms d'illustres Mathématiciens : Bernoulli, d'Alembert, Euler, Stokes..., on trouve ceux de beaucoup d'Ingénieurs : Bazin, Navier, Saint-Venant...

Alors que dans les études théoriques la notion de fluide parfait s'est imposée tout naturellement en raison des simplifications intéressantes qu'elle introduisait, la comparaison avec les propriétés des fluides réels conduisit souvent à certaines contradictions, appelées paradoxes (paradoxes de d'Alembert, de du Buat...) de sorte que suivant le cas, fluides réels et fluides parfaits se comportaient semblablement ou différemment. Aussi pendant longtemps le domaine d'étude de l'Ingénieur et celui du Mathématicien ne purent correspondre aux mêmes préoccupations. Mais à mesure que les connaissances s'étendaient de part et d'autre, et se précisaient, la distinction ne fut plus possible. La théorie des fluides dut être reconsidérée, de nouvelles notions furent introduites : turbulence, couche limite..., la théorie de la similitude fut utilisée d'une manière systématique (étude sur maquettes), etc...

Tout un aspect de la Dynamique des Fluides appartient donc à la Physique et c'est cet aspect qui doit retenir l'attention dans le qualificatif d'expérimental qui figure en titre de cet ouvrage en deux volumes.