

Michel A. Morel
Jean-Pierre Laborde

exercices de mécanique des fluides

1

CHIHAB - EYROLLES



SOMMAIRE

CHAPITRE I : STATIQUE DES FLUIDES ISOVOLUMES

GRANDEURS PHYSIQUES ET NOTATIONS UTILISEES DANS CE CHAPITRE	1
I - CE QU'IL FAUT SAVOIR	2
1.1. Repère	2
1.2. Relation fondamentale	2
1.3. Rappels sur la pression statique	3
1.4. Force due à la pression	3
II - METHODES A SUIVRE - EXEMPLES	4
2.1. Equation de pression	4
2.2. Exemple 1: Surface plane verticale	5
2.3. Exemple 2: Surface gauche	7
ENONCES DES EXERCICES	9
• 1 - Réservoir d'huile emprisonnant de l'air	10
• 2 - Hauteur d'eau mesurée par une hauteur de mercure	10
• 3 - Tube en U	10
• 4 - Réservoir demi-circulaire	11
• 5 - Baromètre	11
** 6 - Abreuvoir	11
** 7 - Réservoir à 3 surfaces	11
*** 8 - Barrage	12
*** 9 - Appareil de laboratoire	12
*** 10 - Réservoir à 4 surfaces	13
*** 11 - Barrage digue	13
*** 12 - Vanne secteur	13
*** 13 - Aquarium	14
**** 14 - Conduite de château d'eau	14
**** 15 - Vanne de régulation de niveau	15
**** 16 - Hublot de capsule sous-marin	15
**** 17 - Réservoir anti-bélier	16
***** 18 - Digue de profil hyperbolique	16
***** 19 - Barrage de profil parabolique	17
***** 20 - Calotte sphérique positionnée verticalement (camion chimie)	17
SOLUTIONS DES EXERCICES	19 à 66

CHAPITRE II CINÉMATIQUE DES FLUIDES

GRANDEURS PHYSIQUES ET NOTATIONS SUPPLÉMENTAIRES UTILISÉES DANS CE CHAPITRE

I - MÉTHODE D'EULER	68
II - HYPOTHÈSES DE CALCUL	68
2.1. Écoulement en permanent	68
2.2. Le fluide est placé dans le champ de la pesanteur	68
2.3. Le fluide est newtonien ou incompressible	68
III - CE QU'IL FAUT SAVOIR	68
3.1. Types de lignes	68
3.2. Dérivée particulaire ou totale par rapport au temps	69
3.3. Équation de continuité	69
3.4. Débit dans un tube de courant	69
a) débit massique q_m	69
b) débit volumique q_v	69

CHAPITRE III DYNAMIQUE DES FLUIDES PARFAITS

GRANDEURS PHYSIQUES ET NOTATIONS SUPPLÉMENTAIRES UTILISÉES DANS CE CHAPITRE

I - CE QU'IL FAUT SAVOIR	72
1.1. Définition d'un fluide parfait ou idéal	72
1.2. Équation d'Euler	72
1.3. Théorème de la quantité de mouvement	72
1.4. Théorème de l'énergie cinétique le long d'une ligne de courant	72
1.5. Charge	72
1.6. Théorème de Bernoulli	73
1.7. Pression totale, pression dynamique	73
1.8. Profil des vitesses	73
II - MÉTHODES À SUIVRE - EXEMPLES	73
2.1. Exemple 1 : Écoulement en conduite dit écoulement en charge	74
2.2. Exemple 2 : Écoulement sous pression - Changement de direction	75
2.3. Exemple 3 : Écoulement à l'atmosphère	77
III - REMARQUES	78
IV - APPAREILS DE MESURE	79
4.1. Tube de Pitot	79
4.2. Tube de Venturi	79

ENONCES DES EXERCICES	81
* 21 - Venturi	82
* 22 - Plaque plane	82
* 23 - Conduite d'adduction-distribution horizontale	82
** 24 - Débitmètre électromagnétique	83
** 25 - Déversoir de crue	83
** 26 - Effort sur un S	84
*** 27 - Té de raccordement	84
**** 28 - Château d'eau	85
**** 29 - Injecteur de turbine Pelton	85
***** 30 - Auger de turbine Pelton	86

SOLUTIONS DES EXERCICES	87 à 104
-------------------------	----------

CHAPITRE IV

DYNAMIQUE DES FLUIDES REELS

ÉCOULEMENT DANS LES CONDUITES CIRCULAIRES

GRANDEURS PHYSIQUES ET NOTATIONS SUPPLÉMENTAIRES UTILISÉES DANS CE CHAPITRE

I - CE QU'IL FAUT SAVOIR	105
1.1. Viscosités	106
1.2. Équations de Navier-Stokes	106
1.3. Les régimes d'écoulement	108
1.4. Écoulement laminaire dans les conduites cylindriques	109
1.5. Écoulement turbulent dans les conduites cylindriques	110
1.6. Charge moyenne $\overline{H_{eq}}$	110
1.7. Théorème de Bernoulli généralisé	111
1.8. Estimations des pertes de charge	112
1.9. Perte de charge d'un coudé	113
1.10. Profil en long	114
1.11. Autres formules pour le calcul des pertes de charge	115
a) Formule de Darcy (1856)	115
b) Formule de Williams et Hazen (1902)	115
c) Formule de Strickler (1923)	115
d) Formule de Scobey (1930)	115
e) Formule de Calman et Lechapt. (1965)	116
1.12. Remarque importante	116
1.13. Notion sur les puissances	116
a) Exemple d'un groupe électro-pompe	116
b) Exemple d'un groupe turbine-alternateur	117

II - METHODE A SUIVRE - EXEMPLES	118
2.1 Application des théories de Bernoulli à un circuit	118
a) Exemple 1: Pompe sur une conduite de refoulement	118
b) Exemple 2: Turbine sur une conduite gravitaire	120
2.2 Exemple 3: Ecoulement laminaire	122
ENONCES DES EXERCICES	127
• 31 - Installation gravitaire d'arrosage	128
• 32 - Installation d'une turbine	128
• 33 - Pompe de refoulement alimentée par une conduite gravitaire	129
** 34 - Station de pompage I	129
** 35 - Station de pompage II	130
** 36 - Filtration de l'eau d'une piscine	130
** 37 - Coût d'un pompage	131
*** 38 - Pompes en série	131
*** 39 - Installation de laboratoire	132
**** 40 - Conduites gravitaires multiples	132
**** 41 - Pompe alimentant deux conduites en parallèle	134
**** 42 - Installation gravitaire avec turbine Pelton	135
**** 43 - Conduites gravitaires en parallèle alimentant une turbine	135
**** 44 - Conduites gravitaires en parallèle et en série alimentant une turbine	136
**** 45 - Conduites de refoulement en parallèle et en série	136
**** 46 - Station de pompage avec une hauteur d'aspiration et un S au refoulement	138
**** 47 - Pompes en série et en parallèle	138
**** 48 - Pompes identiques en parallèle avec aspirations propres et refoulement commun	136
**** 49 - Ecoulement gravitaire et conduite de refoulement avec bassin tampon	140
***** 50 - Etude du profil en long d'une conduite gravitaire	140
***** 51 - Pompe d'irrigation	142
***** 52 - Conduite gravitaire avec turbine, associée à une pompe sur une conduite de refoulement	143
***** 53 - Calcul d'une conduite d'aspiration	144
***** 54 - Ecoulement de fluides pétroliers	145
SOLUTIONS DES EXERCICES	147 à 231
ANNEXE I	
Détermination du coefficient de perte de charge linéaire par la formule de COLEBROOK - Abaque	233
ANNEXE II	
Principales pertes de charge singulières	235
ANNEXE III	
Pertes de charge dans les canalisations - tables	241
Premier cas : Canalisations en fonte ductile homogènes intérieurement par configuration	243

Deuxième cas : Canalisations en P.V.C.....	253
--	-----

ANNEXE IV

Pertes de charge dans les conduites en béton - Abaqes.....	263
--	-----

- Formule de Colebrook.....	268
- Formule de Williams et Hazen.....	270
- Formule de Strickler.....	272
- Formule de Scobey.....	274

ANNEXE V

Pertes de charge dans les canalisations en acier laminé ($\epsilon = 0,05 \text{ mm}$). Abaqes de Paul LEFEVRE.....	277
---	-----