

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 niveaux	15
**** 16 - Hublot de capsule sous- marine	15
**** 17 - Réservoir anti-bélier	16
**** 18 - Digue de profil hyperbolique	16
**** 19 - Barrage de profil parabolique	17
***** 20 - Calotte sphérique positionnée verticalement (camion citerne)	17
SOLUTIONS DES EXERCICES	19 à 66

CHAPITRE II CINEMATIQUE DES FLUIDES

GRANDEURS PHYSIQUES ET NOTATIONS SUPPLEMENTAIRES UTILISEES DANS CE CHAPITRE

I - METHODE D'EULER.....	68
II - HYPOTHESES DE CALCUL.....	68
2.1. L'écoulement est permanent.....	68
2.2. Le fluide est placé dans le champ de la pesanteur.....	68
2.3. Le fluide est isovolume ou incompressible.....	68
III - CE QU'IL FAUT SAVOIR.....	68
3.1. Types de lignes.....	69
3.2. Dérivée particulaire ou totale par rapport au temps.....	69
3.3. Equation de continuité.....	69
3.4. Débits 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 SUPPLEMENTAIRES UTILISEES DANS CE CHAPITRE

I - CE QU'IL FAUT SAVOIR.....	72
1.1. Définition d'un fluide parfait ou idéal.....	72
1.2. Equation 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.....	73
1.6. Théorème de Bernoulli.....	73
1.7. Pression totale, pression dynamique.....	73
1.8. Profil des vitesses.....	73
II - METHODES A SUIVRE - EXEMPLES.....	74
2.1. Exemple 1 : Ecoulement en conduite dit écoulement en charge.....	75
2.2. Exemple 2 : Ecoulement sous pression - Changement de direction.....	77
2.3. Exemple 3 : Ecoulement à l'atmosphère.....	78
III - REMARQUES.....	79
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 - Auget 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	106
1.1. Viscosités	106
1.2. Equations 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 \mathcal{H}_m	110
1.7. Théorème de Bernoulli généralisé	111
1.8. Estimations des pertes de charge	112
1.9. Perte de charge d'un circuit	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 Calmon 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 théorèmes 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 bétonnées intérieurement par centrifugation.....	243

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

ANNEXE IV

Pertes de charge dans les conduites en béton - Abaques.....	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 ($e = 0,05$ mm). Abaques de Paul LEFEVRE.....	277
--	-----