

*Michel A. Morel*  
*Jean-Pierre Laborde*

*exercices*  
*de mécanique*  
*des fluides*

**1**

CHIHAB-EYROLLES

2-532-4-1/1 2-532-4-1/1

**EXERCICES**  
**DE MÉCANIQUE**  
**DES FLUIDES**

**Tome 1**

Statique des fluides - Cinématique des fluides  
Dynamique des fluides

**Michel A. MOREL**

*Ingenieur ESSTIN  
Enseignant Chercheur*

**Jean-Pierre LABORDE**

*Docteur es Sciences - Ingenieur E.N.S.G.  
Ingenieur S.S.H. de l'ENSEEIH  
Professeur à l'Université de Nice - S.A.*

**Préface de Claude THIRRIOT**

*Professeur à l'Institut Polytechnique de Toulouse  
Directeur du Département Pédagogique d'Hydraulique de l'ENSEEIH*

Chihab - Eyrolles

# SOMMAIRE

## CHAPITRE I : STATIQUE DES FLUIDES ISOVOLUMES

<b>GRANDEURS PHYSIQUES ET NOTATIONS UTILISEES DANS CE CHAPITRE</b> .....	1
<b>I - CE QU'IL FAUT SAVOIR</b> .....	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
<b>II - METHODES A SUIVRE - EXEMPLES</b> .....	4
2.1. Equation de pression .....	4
2.2. Exemple 1: Surface plane verticale .....	5
2.3. Exemple 2: Surface gauche .....	7
<b>ENONCES DES EXERCICES</b> .....	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
<b>SOLUTIONS DES EXERCICES</b> .....	19 à 66

## CHAPITRE II CINEMATIQUE DES FLUIDES

### GRANDEURS PHYSIQUES ET NOTATIONS SUPPLEMENTAIRES UTILISEES DANS CE CHAPITRE

<b>I - METHODE D'EULER</b> .....	68
<b>II - HYPOTHESES DE CALCUL</b> .....	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
<b>III - CE QU'IL FAUT SAVOIR</b> .....	68
3.1. Types de lignes.....	68
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

<b>I - CE QU'IL FAUT SAVOIR</b> .....	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.....	72
1.6. Théorème de Bernoulli.....	73
1.7. Pression totale, pression dynamique.....	73
1.8. Profil des vitesses.....	73
<b>II - METHODES A SUIVRE - EXEMPLES</b> .....	73
2.1. Exemple 1 : Ecoulement en conduite dit écoulement en charge.....	74
2.2. Exemple 2 : Ecoulement sous pression - Changement de direction.....	75
2.3. Exemple 3 : Ecoulement à l'atmosphère.....	77
<b>III - REMARQUES</b> .....	78
<b>IV - APPAREILS DE MESURE</b> .....	79
4.1. Tube de Pitot.....	79
4.2. Tube de Venturi.....	79

<b>ENONCES DES EXERCICES</b> .....	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
<b>SOLUTIONS DES EXERCICES</b> .....	87 à 104

**CHAPITRE IV**  
**DYNAMIQUE DES FLUIDES REELS**  
**ÉCOULEMENT DANS LES CONDUITES CIRCULAIRES**

**GRANDEURS PHYSIQUES ET NOTATIONS SUPPLÉMENTAIRES UTILISÉES DANS CE CHAPITRE**

<b>I - CE QU'IL FAUT SAVOIR</b> .....	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

<b>II - METHODE A SUIVRE - EXEMPLES</b> .....	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
 <b>ENONCES DES EXERCICES</b> .....	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
 <b>SOLUTIONS DES EXERCICES</b> .....	147 à 231
 <b>ANNEXE I</b>	
Détermination du coefficient de perte de charge linéaire par la formule de COLEBROOK - Abaque.....	233
 <b>ANNEXE II</b>	
Principales pertes de charge singulières.....	235
 <b>ANNEXE III</b>	
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 ( $e = 0,05 \text{ mm}$ ). Abaques de Paul LEFEVRE .....	277
--	-----