

TABLE DES MATIÈRES

Préface.....	VII
Avant-propos.....	IX

Chapitre 1

Les pompes

1. Définition et constitution d'une pompe centrifuge	1
2. Courbes caractéristiques à vitesse constante.....	3
2.1. Rappel des résultats de la théorie des turbomachines.....	3
2.2. Fonctionnement au régime optimal – rendement manométrique.....	4
2.3. Fonctionnement en dehors du régime optimal – courbes caractéristiques	5
2.4. Caractéristique de la hauteur nette à vitesse constante : $H_n = f(Q)$	7
2.5. Caractéristique de la puissance fournie à l'arbre de la pompe à vitesse constante : $P = f(Q)$	9
2.6. Caractéristique du rendement à vitesse constante $\eta = f(Q)$	10
3. Lois de similitude des pompes centrifuges – coefficients de Rateau – vitesse spécifique	10
3.1. Pour une pompe donnée.....	10
3.2. Extension des lois de similitude à plusieurs pompes semblables – coefficients de Rateau	11
3.3. Vitesse spécifique	12
4. Utilisation pratique des lois de similitude et des courbes caractéristiques des pompes centrifuges	13
4.1. Cas d'une pompe considérée isolément.....	13

4.2.	Courbe caractéristique d'une canalisation de refoulement	
4.3.	Point de fonctionnement d'une pompe centrifuge en service sur un réseau de canalisations donné	27
5.	Différents types de pompes centrifuges	29
5.1.	Pompes mono et multicellulaires	43
5.2.	Différentes formes des aubes de la roue	43
5.3.	Caractères particuliers des pompes hélico-centrifuges et des pompes hélices.....	43
5.4.	Pompes spéciales pour eaux chargées.....	49
5.5.	Évolution des roues et des courbes caractéristiques en fonction de la vitesse spécifique.....	52
5.6.	Pompes à axe horizontal ou vertical	63
5.7.	Incidence de la vitesse des groupes motopompes sur leur prix et leurs charges d'exploitation. Vitesse spécifique d'aspiration	65
6.	Problèmes technologiques particuliers.....	67
6.1.	Matériaux constitutifs des pompes.....	68
6.2.	Étanchéité d'arbre	68
6.3.	Poussée radiale.....	70
6.4.	Poussée axiale et dispositifs d'équilibrage.....	73
6.5.	Paliers.....	74
6.6.	Amélioration du NPSH de la pompe.....	80
7.	Installation des pompes centrifuges	82
7.1.	Hauteur limite d'aspiration	83
7.2.	Amorçage	84
7.3.	Emplacement des groupes motopompes, scellement et alignement, raccordement des canalisations	84
7.4.	Manomètres de contrôle du fonctionnement.....	84
7.5.	Conditions au refoulement : clapet de retenue, protection contre les coups de bélier.....	85
8.	Essais des pompes centrifuges	85
8.1.	Mesure des diverses grandeurs : vitesses, puissances, pressions, débits, erreurs à craindre dans les mesures.....	85
8.2.	Conduite des essais	89
9.	Choix d'une pompe centrifuge.....	91
9.1.	Conditions hydrauliques	91
9.2.	Conditions mécaniques	91
9.3.	Conditions d'installation et d'entretien.....	92
10.	Autres types de pompes	92
10.1.	Machines élévatoires simples. Vis d'Archimède.....	92
10.2.	Pompes à piston	97
10.3.	Pompes rotatives	

Chapitre 2

Les équipements hydrauliques

		99
Première partie : Eau brute – Eau potable.....		99
A – Équipements en amont et en aval des pompes		

1.	Équipements en amont : aspiration	99
1.1.	Aspiration en bêche.....	99
1.2.	Aspiration sur conduite	103
1.3.	Organes communs aux deux cas d'aspiration	103
2.	Équipements en aval : refoulement.....	106
2.1.	Joint de raccordement	106
2.2.	Divergent.....	106
2.3.	Clapet de refoulement	107
2.4.	Vanne de refoulement	108
2.6.	Conduite de refoulement des stations d'irrigation ou d'assainissement.....	109
3.	Cas particulier	109
3.1.	Circuits auxiliaires	109
3.2.	Débitmètres	110
3.3.	Manomètres.....	110
3.4.	Prises d'échantillon	111
3.5.	Scellement des appareillages, supports des conduites	111
3.6.	Remarque relative aux diamètres normalisés.....	111
B –	Protection contre les phénomènes transitoires	115
1.	Présentation du problème.....	115
1.1.	Généralités	115
1.2.	Description physique du phénomène	115
2.	Approche théorique du problème.....	116
2.1.	Généralités	116
2.2.	Mouvements en masse	117
2.3.	Propagation d'ondes.....	117
2.4.	Épure de Bergeron	118
2.5.	Applications de la méthode graphique.....	119
2.6.	Généralisation de la méthode graphique en tenant compte des pertes de charge	122
3.	Étude des systèmes de protection.....	122
3.1.	Généralités	123
3.2.	Équipements et moyens de protection	124
3.3.	Réservoir d'air.....	124
3.4.	Cheminée d'équilibre.....	131
3.5.	Volant d'inertie	133
3.6.	Clapet by-pass	136
3.7.	Soupape de décharge.....	137
3.8.	Fermeture de vanne en extrémité de canalisation	138
4.	Considérations diverses.....	140
4.1.	Généralisation des études.....	140
4.2.	Canalisations équivalentes	141
4.3.	Célérité des ondes	141
4.4.	Coup de clapet.....	142
4.5.	Capacité d'un anti-bélier	144
4.6.	Types d'anti-bélier et modalité d'utilisation.....	145

Deuxième partie : Eaux usées	145
A – Protection en amont et en aval des pompes	145
1. Équipement en amont – aspiration	146
1.1. Pompes en fosse sèche	146
1.2. Pompe immergée dans la bêche	146
1.3. Aspiration sur conduite	146
2. Équipements en aval : refoulement	147
2.1. Joint de raccordement – divergent	148
2.2. Clapet de refoulement	148
2.3. Vanne de refoulement	148
2.4. Conduite ou collecteur de refoulement	149
3. Cas particuliers	149
3.1. Circuit auxiliaire	149
3.2. Débitmètre	149
3.3. Manomètre	149
3.4. Scellement des appareillages, supports des conduites	149
3.5. Nature des matériaux	149
B – Protection contre les phénomènes transitoires	150
1. Aspiration auxiliaire	150
2. Réservoir d'air	150
2.1. Réservoir à membrane	150
2.2. Réservoir à régulation d'air automatique	150

Chapitre 3

Besoins et fourniture d'énergie

A – Alimentation en énergie	153
1. L'inventaire des besoins en énergie et le bilan de puissance	153
1.1. Utilisations électromécaniques	154
1.2. Autres utilisations	154
1.3. Bilan de puissance	155
2. Livraison de l'énergie	155
2.1. Livraison de l'énergie en basse tension	156
2.2. Livraison en moyenne tension	156
2.3. Les transformateurs	160
2.4. Le groupe électrogène de secours	162
3. Conditions de raccordement et de tarification de l'électricité en France	165
3.1. Alimentation en moyenne tension	165
3.3. Formalités de mise sous tension	177
4. Distribution électrique	178
4.1. Surintensité et court-circuit	178
4.2. Appareillage de protection	179
4.3. Régime du neutre	181

4.4. Schéma général	182
4.5. Sélectivité.....	184
4.6. Canalisations	185
4.7. Calcul de dimensionnement des installations électriques	185
4.8. Défauts divers et protection	191
4.9. Compensation de l'énergie réactive.....	194
B – Entraînement des pompes	194
1. Les moteurs électriques.....	194
1.1. Différents types de moteurs	194
1.2. Critères de choix du type de moteur	197
1.3. Appareillage de branchement des moteurs	204
1.4. Dispositifs de démarrage des moteurs asynchrones.....	211
1.5. Normes, essais et spécifications pour les moteurs électriques.....	229
1.5.1. Normes	229
2. Les moteurs diesel.....	235
2.1. Généralités	235
2.2. Critères de choix	236
2.3. Mise en œuvre des groupes diesel.....	237
2.4. Contraintes d'exploitation.....	242
2.5. Types d'utilisation.....	244
2.5.1. Entraînement d'un groupe électrogène de secours	244
3. Vitesses variables	245
3.1. Moteurs électriques à vitesse variable	246
3.2. Entraînement par moteur diesel	257
C – Les économies d'énergie	258
1. Les idées maîtresses pour la recherche des économies d'énergie.....	258
1.1. Le rendement des machines	258
1.2. Le temps de fonctionnement des équipements	260
1.3. L'alimentation électrique	260
1.4. Le bilan énergie.....	261
2. Conception des stations de pompage	261
2.1. Les pompes	262
2.2. Variation de vitesse.....	262
2.3. Les automatismes	263

Chapitre 4

Contrôle – commande

Introduction.....	271
A – Conception des systèmes de contrôle – commande	272
B – Les composants des automatismes.....	274
1. Rôle des Capteurs et actionneurs	274
1.1. Les capteurs.....	274
1.2. Les actionneurs	275

VIII LES STATIONS DE POMPAGE D'EAU

2.	L'automate programmable	275
2.1.	Généralités	275
2.2.	Adaptation en milieu industriel.....	277
3.	Les réseaux locaux	280
3.1.	Les besoins de communications.....	280
3.2.	Les moyens	280
4.	Télegestion d'installations techniques	284
4.1.	Gestion technique centralisée (GTC).....	285
4.2.	La télégestion	287
4.3.	Structure d'une télégestion complexe	288
4.4.	Les informations	292
5.	Les télétransmissions	295
5.1.	Supports de transmission et leurs structures	295
5.2.	Matériels de transmission.....	301
C – Les capteurs		314
1.	Description générale d'un capteur	315
1.1.	Définition	315
1.2.	Organisation d'un capteur	316
2.	Précision-notions de métrologie industrielle.....	317
2.1.	Généralités sur les erreurs et les conditions de mesure.....	317
2.2.	Principales erreurs	319
3.	Signaux de sortie – problèmes de standardisation	321
3.1.	Signal pneumatique.....	322
3.2.	Signaux électriques	322
4.	Choix d'un capteur.....	324
5.	Capteurs hydrauliques.....	324
5.1.	Mesure de niveau	324
5.2.	Mesure de la pression effective.....	330
5.3.	Mesure de débit dans les conduites en charge	334
D – Régulation du pompage		345
1.	Généralités	345
1.1.	Sécurité du service	346
1.2.	Rendement	347
1.3.	Conclusion	349
2.	Station débitant sur un réservoir	349
3.	Station de pompage à injection directe équipée de groupe à vitesse fixe	355
3.1.	Commande manométrique (ou régulation manométrique)	357
3.2.	Commande débitmétrique (ou régulation débitmétrique).....	359
3.3.	Commande manodébitmétrique	361
4.	Station de pompage équipée de groupe à vitesse variable	362
4.1.	Données hydrauliques	362
4.2.	Station de pompage équipée de pompes à vitesse variable alimentant un réservoir à travers une conduite à forte perte de charge....	363
4.3.	Station de pompage à injection directe sur le réseau).....	364

Chapitre 5

Environnement des stations de pompage

A – Bruits et vibrations.....	367
1. Rappels d'acoustique	368
1.1. Définition physique du bruit, les décibels.....	368
1.2. Définition physiologique de l'intensité du bruit : les phones et sones.....	368
1.3. Somme de plusieurs sons	370
1.4. Mesure.....	370
1.5. Réglementation	370
2. Origine des bruits	372
2.1. Définition du niveau sonore d'un appareil.....	372
2.2. Groupe électropompe.....	373
2.3. Groupe électrogène	373
2.4. Canalisations et appareils hydrauliques	374
3. Lutte contre les bruits aériens	374
3.1. Action sur les sources de bruit	374
3.2. Réduction du niveau sonore à l'intérieur du local contenant la source sonore.....	375
3.3. Réduction du niveau sonore à l'extérieur du local contenant la source sonore.....	377
3.4. Acoustique et ventilation	379
3.5. Capotage des moteurs	381
4. Isolation antivibratile	381
4.1. Notions sur les vibrations et leur transmission	382
4.2. Réalisation d'une isolation antivibratile	385
B – Les odeurs	388
1. Position du problème	388
2. Origine et nature des odeurs.....	389
2.1. Composition de l'air des égouts.....	389
2.2. Seuils d'odeurs.....	390
2.3. Chimie de la septicité.....	391
3. Aspects législatifs – sécurité	393
3.1. Toxicité de l'H ₂ S	393
3.2. Législation.....	394
4. Cinétique de formation des sulfures.....	395
4.1. Température	396
4.2. Le temps de séjour	396
4.3. Vitesse du flux	396
4.4. Potentiel d'oxydoréduction	397
5. Conception des ouvrages	397
5.1. Généralités	397
5.2. Stations de pompage	398
5.3. Réseaux gravitaires	398
5.4. Réseaux sous vide.....	398
5.5. Réseaux en charge.....	399

X LES STATIONS DE POMPAGE D'EAU

5.6. Réseaux sous pression.....	399
6. Traitement curatif sur les conduites existantes.....	400
6.1. Aération de l'eau.....	401
6.2. Oxygénation de l'eau.....	403
6.3. Traitements chimiques d'oxydation.....	404
6.4. Traitement chimique avec le sel de fer.....	406
7. Limitation des odeurs par traitement de l'air.....	408
7.1. Ventilation.....	408
7.2. Techniques de traitement de l'air.....	409
C - L'hygiène et la sécurité dans les stations de pompage.....	412
1. Les risques à considérer lors de la conception des ouvrages.....	413
2. Les risques provenant des matériels et machines.....	413
2.1. Installations électriques.....	413
2.2. Appareils de levage.....	414
2.3. Appareils pression.....	414
3. Les risques provenant de produits dangereux.....	415
4. Les travaux dans les stations de pompage.....	415