

COURS
DE
MÉCANIQUE APPLIQUÉE AUX MACHINES

PROFESSÉ
A L'ÉCOLE SPÉCIALE DU GÉNIE CIVIL DE GAND

PAR
J. BOULVIN

INGÉNIEUR HONORAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES
DIRECTEUR DE L'ADMINISTRATION DE LA MARINE
ADMINISTRATEUR-DÉLÉGUÉ
DE L'ASSOCIATION BELGE POUR LA SURVEILLANCE DES CHAUDIÈRES A VAPEUR
CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE ET DE L'INSTITUT DE FRANCE

OUVRAGE COURONNÉ PAR L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS
ET PAR
L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

5^e VOLUME

4^e Édition, mise à jour par G. VAN ENGELEN
PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE GAND

ÉTUDE ORGANIQUE DES MACHINES A VAPEUR
Y COMPRIS LES TURBINES



PARIS
ALBIN MICHEL, ÉDITEUR
22, rue Huyghens, 22

TABLE DES MATIÈRES

Préliminaires.

Nos		Pages.
1	Machines à piston et machines à réaction.....	11
2	Notice historique (Héron, Salomon de Caus, Savery, Denis Papin, Newcomen, Watt).....	11

PREMIÈRE PARTIE

Machines à piston

CHAPITRE PREMIER

Dispositions d'ensemble.

§ I

Machines lentes.

3	Machines à balancier.....	17
4	Machines à action directe.....	18
5	Moteurs horizontaux et verticaux.....	20
6	Machines pour emplacements réduits.....	23
7	Moteurs conjugués.....	26

§ II

Machines rotatives.

8	Considérations générales sur ce genre de machines.....	28
---	--	----

§ III

Moteurs spéciaux à grande vitesse.

9	Obstacles qui s'opposent aux grandes vitesses.....	29
10	Moteur Brotherhood.....	30
11	Moteur Westinghouse.....	31
12	Moteur Easton et Anderson, Wells, Ducommun.....	32
13	Dispositifs pour le graissage.....	33

14	Machines Willans, dites à valve centrale.....	35
15	Moteur Peache.....	37
16	Moteur Chandler.....	39
17	Moteur Raworth.....	40
18	Machines à vitesse accélérée.....	42

§ IV

Machines semi-fixes et machines locomobiles.

Moteurs pour la petite industrie.

19	Généralités sur ces moteurs.....	44
20	Développement des machines semi-fixes; application de la surchauffe à ces machines.....	45

CHAPITRE II

Théorie dynamique des moteurs à vapeur.

§ I

Machines monocylindriques.

21	Calcul de la puissance d'une machine donnée.....	52
22	Influence de l'espace nuisible et de la compression.....	56
23	Coefficient de réduction du diagramme.....	57
24	Dimensions du cylindre.....	59

§ II

Forces d'inertie du mécanisme.

25	Effet de l'inertie.....	60
26	Méthode de Massau pour déterminer l'accélération et la résultante des forces d'inertie des pièces du mécanisme..	61
27	Moyen d'évaluer la modification apportée au diagramme..	67
28	Remarques pour l'application des théories précédentes.....	68
29	Couple moteur.....	72
30	Vitesse la plus avantageuse.....	74
31	Données sur la vitesse de piston des machines modernes....	78
32	Poids des organes à mouvement alternatif.....	78
33	Sollicitation du bâti.....	79
34	Effet des forces d'inertie sur le bâti.....	80
35	Équilibrage des machines.....	81

§ III

Machines de Woolf.

36	Dispositifs divers de ces machines.....	84
37	Partage du travail entre les deux cylindres.....	86
38	Effet du système sur l'action des parois.....	90

§ IV.

Machines Compound.

Dispositions principales.....	91
Partage du travail entre les deux cylindres.....	94
Calcul des cylindres.....	97
Influence de la perte triangulaire.....	98
Maximum de puissance.....	100
Volume et disposition du réservoir.....	101
Calcul plus complet de la pression dans le réservoir.....	101
Diagramme du réservoir.....	107
Coefficient de réduction du diagramme. Résumé de la marche à suivre pour le calcul des dimensions des cylindres. Valeur du coefficient K.....	107
Transformation des courbes d'indicateur (rankinisation)..	111
Effet des forces d'inertie dans les machines compound....	113

§ V

Machines à triple et quadruple expansion.

Dispositions générales.....	113
Partage du travail entre les cylindres. Coefficient de réduction K pour différentes charges.....	115

§ VI

Rendement organique. — Limite de la détente.

Différence entre le travail effectif et le travail indiqué....	118
Résistances passives.....	119
Recherches de M. Thurston.....	120
Effet des résistances passives sur la détente totale.....	123
Rapports de détente et de compression à adopter. Expériences sur le degré de détente le plus avantageux; effet d'un calorifuge; fonctionnement à condensation. Choix du rapport de compression, données fournies par les expériences du Laboratoire de Gand.....	123
Recherches de Willans.....	131

§ VII

Cylindres et enveloppes.

Principes auxquels il faut avoir égard dans le tracé des cylindres pour obtenir un bon rendement thermique....	133
Cylindres des machines à équicourant Stumpf et à bi-courant Smal.....	139
Développement des machines à équicourant.....	144

CHAPITRE III

Distribution de la vapeur.

§ I

Classification des distributions.

61	Genres de distribution.....	146
----	-----------------------------	-----

§ II

Distributions symétriques commandées par un mouvement circulaire.

62	Épure circulaire (de Reech, de Müller ou de Reuleaux).....	148
63	Méthode de Coste et Maniquet.....	150
64	Influence de l'obliquité des bielles.....	150
65	Simplification dans le cas où l'obliquité est négligée.....	151
66	Sens de la rotation.....	153
67	Avances.....	153
68	Marche à contre-vapeur.....	154
69	Détermination des éléments inconnus d'une distribution, section des lumières.....	155
70	Tracé du tiroir et de la glace.....	158
71	Tiroir divisé.....	159
72	Proportionnalité des épures.....	159
73	Corrections dues à l'obliquité.....	160
74	Procédé de Brix.....	162
75	Épure elliptique.....	163
76	Épure sinusoïdale.....	164
77	Diagramme polaire de Zeuner.....	165
78	Cercles de Boire.....	166
79	Caractères de la distribution par tiroir simple.....	167
80	Tiroirs de Trick ou Allan, tiroirs à doubles passages pour l'introduction et l'échappement.....	168
81	Tiroir à compensation de Weiss.....	170
82	Diverses modifications du distributeur et de ses renvois....	172

§ III

Distributions par tiroir à admission variable.

83	Moyens permettant de modifier l'admission.....	176
----	--	-----

§ IV

Distributions à tiroirs directement superposés.

84	Distribution Meyer.....	179
85	Systèmes dérivés.....	184
86	Systèmes dans lesquels on modifie le cercle des écarts relatifs, soit par changement de l'excentrique de détente, soit par un système à coulisse. Théorème de Guinotte.....	190

§ V

Considérations sur la manœuvre des tiroirs.

Tiroirs compensés.

87	Pression qui s'exerce sur le tiroir.....	195
88	Tiroirs compensés.....	198

§ VI

Distributions des machines à changement de marche.

89	Systèmes anciens.....	200
90	Coulisse de Stephenson. Première approximation. Corrections dues aux obliquités. Cas de la coulisse à bielles croisées. Courbure de la coulisse. Suspension de la coulisse. Diverses formes de coulisses. Épures de vérification.....	202
91	Coulisse renversée, ou de Gooch.....	212
92	Coulisse d'Allan.....	213
93	Système Walschaerts.....	216

§ VII

Distributions radiales.

94	Notice historique.....	219
95	Systèmes Hackworth, Bremme, Marshall, Brown ou Joy....	220
96	Observations pratiques.....	227

§ VIII

Distributions par déclenchement.

97	Notice historique.....	228
98	Principe des distributions par déclenchement.....	229
99	Machines Corliss.....	229
100	Machines Van den Kerchove à pistons-valves.....	239
101	Machines à soupapes.....	244
102	Machines Carels.....	246
103	Machines Bollinckx.....	256

§ IX

Soupapes à chute accompagnée.

104	Commande par cames.....	257
105	Commande par leviers roulants.....	260
106	Attaque du régulateur : systèmes Bromley, Radovanovic, Widmann, Lentz, Recke.....	260

CHAPITRE IV

Régulateurs.

107	Réglage par étranglement.....	268
108	Réglage par la variation de l'introduction. Variation de	

	l'introduction des machines à tiroir simple. Régulateurs américains.....	271
109	Régulateurs à masse inerte (Lentz).....	272
110	Divers perfectionnements du régulateur ordinaire. Système à ressorts de <i>Hartung</i>	274
111	Régulateurs à vitesse très variable. Dispositifs de sûreté..	279

CHAPITRE V

Condenseur et pompe à air.

§ I

Condensation par mélange.

112	Quantité d'eau froide à injecter.....	282
113	Volume à extraire par la pompe à air.....	285
114	Discussion des circonstances qui influencent le vide; expériences faites au Laboratoire de Gand en faisant varier le volume injecté.....	287
115	Disposition du condenseur à injection et de la pompe à air..	291
116	Pompes Edwards, Brown-Kuhn, etc.....	300
117	Précautions diverses. Casse-vide. Soupape à trois voies pour échappement éventuel à l'air libre.....	302
118	Condenseur barométrique ordinaire et à circulation méthodique. Condenseur Weiss.....	304
119	Condenseur-éjecteur. Systèmes Morton, Koerting. Théorie de l'éjecto-condenseur par Rateau.....	310
120	Condenseur Westinghouse-Leblanc.....	317
121	Éjecteurs Bréguet, Brush-Delas, Leblanc.....	318
122	Réfrigérants d'eau de condensation.....	327

§ II

Condensation par surface.

123	Cas où on emploie ce mode de condensation.....	334
124	Calcul de la surface condensante et du volume d'eau à refouler.....	334
125	Dispositions des condenseurs par surface.....	340
126	Condenseur « <i>Contraflo</i> », de R. L. Weighton.....	342
127	Séparation de l'huile.....	345
128	Condenseurs à air.....	346
129	Remarques sur les condensations centrales.....	347

DEUXIÈME PARTIE

Turbines à vapeur.

CHAPITRE PREMIER

Turbines d'impulsion.

§ I

Turbine de Laval à une seule roue.

130	Disposition d'ensemble; turbine proprement dite.....	349
131	Régulateur de vitesse.....	351
132	Parties auxiliaires, etc.....	353
133	Roue et arbre, vitesse critique.....	354

§ II

Turbines à chutes de vitesse.

134	Turbine Escher-Wyss. Observation sur le rendement des turbines à multiples chutes de vitesse.....	360
-----	---	-----

§ III

Turbines d'impulsion multicellulaires.

135	Caractères généraux.....	362
136	Turbine Rateau. Canaux distributeurs; roues et aubes; réglage.....	363
137	Turbine Zoelly; roues, aubes, boîtes étanches, lubrification; réglage; courbes de consommation.....	367

CHAPITRE II

Turbines à réaction.

§ I

Caractères généraux.

138	Généralités, équilibrage de la poussée axiale.....	373
-----	--	-----

§ II

Turbines Parsons.

139	Type Brush-Parsons.....	376
140	Type Parsons.....	379

§ III

Turbine Ljungstrom.

141	Turbine Ljungström.....	380
-----	-------------------------	-----

CHAPITRE III

Turbines mixtes.

142	Avantages du fonctionnement mixte; turbine Thomson-Houston.....	387
143	Turbines Brown-Boveri.....	389

CHAPITRE IV

Turbines spéciales.

144	Turbine à vapeur d'échappement.....	395
145	Principe des turbines spéciales.....	396
146	Turbine à deux vapeurs.....	397
147	Turbine à contre-pression.....	400
148	Turbine à prise intermédiaire.....	400
149	Développement des turbines.....	402

CHAPITRE V

Sur quelques particularités des turbines.

§ I

Vitesse critique des arbres. — Équilibrage des roues.

150	Définition de la vitesse critique.....	407
151	Cas d'un arbre dont on néglige le poids et chargé par un certain nombre de roues.....	407
152	Calcul des vitesses critiques.....	410
153	Propriétés des vitesses critiques.....	412
154	Calcul des racines de l'équation aux vitesses critiques.....	412
155	Résolution approchée de l'équation aux vitesses critiques..	413
156	Généralisation de la formule de Dunkerley.....	413
157	Second procédé d'approximation.....	414
158	Formules de Baumann et de Morley.....	415
159	Équilibrage des roues.....	416
160	Circulation d'huile.....	417

§ II

Régularité.

161	Extension de la théorie du réglage des turbines hydrauliques aux turbines à vapeur; vitesse d'emballement.....	419
-----	--	-----

CHAPITRE VI

Exemples de calcul de Turbines.

§ I

Turbine d'impulsion.

- 162 Calcul d'une turbine à deux chutes de pression, avec deux chutes de vitesse pour chaque étage..... 422

§ II

Turbine d'impulsion multicellulaire.

- 163 Calcul d'une turbine de 2.000 chevaux effectifs à 12 cellules.. 430

§ III

Turbine à réaction.

- 164 Calcul d'une turbine de 2.000 chevaux effectifs à 63 séries... 441