

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  
ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE D'APPLICATION DU GÉNIE MARITIME DE FRANCE  
DIRECTEUR DES CONSTRUCTIONS MARITIMES DE L'ÉTAT BELGE

---

OUVRAGE COURONNÉ PAR L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

---

**5<sup>e</sup> FASCICULE**

(2<sup>e</sup> ÉDITION)

---

**ÉTUDE ORGANIQUE DES MACHINES A VAPEUR**

Y COMPRIS LES TURBINES

avec 12 planches et 438 figures dans le texte

---

PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE

**L. GEISLER, IMPRIMEUR-ÉDITEUR**

1, Rue de Médicis, 1

—  
1909

# TABLE DES MATIÈRES

---

## Préliminaires

	N <sup>os</sup>
Machines à piston et machines à réaction . . . . .	1
Notice historique (Héron, Salomon de Caus, Savery, Denis Papin, Newcomen, Watt) . . . . .	2

---

## PREMIÈRE PARTIE

---

### Machines à piston

---

#### CHAPITRE PREMIER

#### Dispositions d'ensemble

##### § I

##### Machines lentes

Machines à balancier . . . . .	3
Machines à action directe . . . . .	4
Moteurs horizontaux et verticaux . . . . .	5
Machines pour emplacements réduits . . . . .	6
Moteurs conjugués . . . . .	7

##### § II

##### Machines rotatives

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

##### § III

##### Moteurs spéciaux à grande vitesse

Obstacles qui s'opposent aux grandes vitesses . . . . .	9
Moteur Brotherhood . . . . .	10
— Westinghouse . . . . .	11

	N <sup>os</sup>
Moteur Easton et Anderson Wells, Ducommun . . . . .	12
Dispositifs pour le graissage . . . . .	13
Machines Willans, dites à valve centrale . . . . .	14
Moteur Peache . . . . .	15
Moteur Chandler . . . . .	15 bis
Moteur Raworth . . . . .	15 ter
Moteur Collman . . . . .	16
Machines à vitesse accélérée . . . . .	16 bis

## § IV

**Machines semi-fixes et machines locomobiles**  
**Moteurs pour la petite industrie**

Généralités sur ces moteurs . . . . .	17
Développement des machines semi-fixes ; application de la surchauffe à ces machines . . . . .	17 bis
Moteurs pour la petite industrie . . . . .	17 ter

## CHAPITRE II

**Théorie dynamique des moteurs à vapeur**

## § I

**Machines monocylindriques**

Calcul de la puissance d'une machine donnée . . . . .	18
Influence de l'espace nuisible et de la compression . . . . .	19
Coefficient de réduction du diagramme . . . . .	20
Dimensions du cylindre . . . . .	21

## § II

**Forces d'inertie du mécanisme**

Effet de l'inertie . . . . .	22
Méthode de M. Massau pour déterminer l'accélération et la résultante des forces d'inertie des pièces du mécanisme . . . . .	23
Moyen d'évaluer la modification apportée au diagramme . . . . .	24
Remarques pour l'application des théories précédentes . . . . .	25
Couple moteur . . . . .	26
Vitesse la plus avantageuse . . . . .	27
Données sur la vitesse de piston des machines modernes . . . . .	28
Poids des organes à mouvement alternatif . . . . .	29
Sollicitation du bâti . . . . .	30
Effet des forces d'inertie sur le bâti . . . . .	31
Équilibrage des machines . . . . .	32

## § III

**Machines de Woolf**

Dispositifs divers de ces machines . . . . .	33
Partage du travail entre les deux cylindres . . . . .	34
Effet du système sur l'action des parois . . . . .	35

## § IV

**Machines Compound**

Dispositions principales . . . . .	36
Partage du travail entre les deux cylindres . . . . .	37
Calcul des cylindres . . . . .	38
Influence de la perte triangulaire . . . . .	39
Maximum de puissance . . . . .	40
Volume et disposition du réservoir . . . . .	41
Calcul plus complet de la pression dans le réservoir . . . . .	42
Diagramme du réservoir . . . . .	43
Modifications dues aux espaces nuisibles . . . . .	44
Cas des compressions complètes . . . . .	45
Coefficient de réduction du diagramme. Résumé de la marche à suivre pour le calcul des dimensions des cylindres. Valeur du coefficient K . . . . .	46
Transformation des courbes d'indicateur (rankinisation) . . . . .	47
Effet des forces d'inertie dans les machines compound . . . . .	48

## § V

**Machines à triple et quadruple expansion**

Dispositions générales . . . . .	49
Partage du travail entre les cylindres. Coefficient de réduction K pour différentes charges . . . . .	50

## § VI

**Rendement organique. — Limite de la détente**

Différence entre le travail effectif et le travail indiqué . . . . .	51
Résistances passives . . . . .	52
Recherches de M. Thurston . . . . .	53
Effet des résistances passives sur la détente totale . . . . .	54
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 Grand . . . . .	55
Recherches de Willans . . . . .	56

	N <sup>os</sup>
§ VII	
Cylindres et enveloppes	
Principes auxquels il faut avoir égard dans le tracé des cylindres pour obtenir un bon rendement thermique . . . . .	57
CHAPITRE III	
<b>Distribution de la vapeur</b>	
§ I	
Obturateurs	
Obturateurs à glissement . . . . .	58
Obturateurs à soulèvement. . . . .	59
§ II	
Distributions symétriques commandées par un mouvement circulaire	
Epure circulaire (de Reech, de Müller ou de Reuleaux) . . . . .	60-61
Simplification dans le cas où l'obliquité est négligée. . . . .	62
Sens de la rotation. . . . .	63
Avances. . . . .	64
Marche à contre-vapeur. . . . .	65
Détermination des éléments inconnus d'une distribution, section des lumières	66
Tracé du tiroir et de la glace . . . . .	67
Tiroir divisé . . . . .	68
Proportionnalité des épures . . . . .	69
Corrections dues à l'obliquité . . . . .	70
Procédé de Dubost . . . . .	71
Epure elliptique . . . . .	72
Epure sinusoïdale . . . . .	73
Diagramme polaire de Zeuner . . . . .	74
Diagramme de Thalmeyer . . . . .	75
Dianomégraphe de Pichault. . . . .	76
Caractères de la distribution par tiroir simple . . . . .	77
Tiroirs de Trick ou Allan, tiroirs à doubles passages pour l'introduction et l'échappement . . . . .	78
Tiroir à compensation de Weiss . . . . .	78 bis
Diverses modifications du distributeur et de ses renvois . . . . .	79
§ III	
Distributions par tiroirs composés avec cloison fixe	
*Dispositif Saulnier, Gonzenbach, etc . . . . .	80
Modification Stéuart . . . . .	81

	N <sup>os</sup>
Défaut de principe des distributions de cette classe . . . . .	82
Modification Paxman . . . . .	83
§ IV	
Distributions à tiroirs directement superposés	
Distribution Meyer . . . . .	84
Systèmes dérivés . . . . .	85
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. . . . .	86
§ V	
Tiroirs directement superposés, avec commande intermittente des tasseaux de détente	
Système Farcot . . . . .	87
Systèmes Guhrauer et Hertay . . . . .	88
§ VI	
Tiroirs commandés par mouvement oscillant non symétrique	
Systèmes Porter et Allen . . . . .	89
§ VII	
Considérations sur la manœuvre des tiroirs	
Tiroirs compensés	
Pression qui s'exerce sur le tiroir . . . . .	90
Tiroirs compensés . . . . .	91
§ VIII	
Distributions des machines à changement de marche	
Systèmes anciens . . . . .	92
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. Epures de vérification . . . . .	93
Coulisse renversée, ou de Gooch . . . . .	94
Coulisse d'Allan . . . . .	95
Système Walschaerts. Modifications de ce système (Heusinger, Stevens, Delville, Stéuart). . . . .	96
Coulisse de Fink . . . . .	97

## § IX

## Distributions radiales

	N <sup>os</sup>
Notice historique . . . . .	98
Systèmes Hackworth, Bremme, Marshall, Brown ou Joy . . . . .	99
Observations pratiques . . . . .	100

## § X

## Distributions par déclenchement

Notice historique . . . . .	101
Principe des distributions par déclenchement . . . . .	102
Machines Corliss, type à ressorts, à plateau central, à plateau modifié . . . . .	103
Epures de distribution . . . . .	104
Loi des écarts . . . . .	105
Limite de l'introduction . . . . .	106
Moyens de prolonger l'introduction . . . . .	107
Différents décliés, déclié hydraulique . . . . .	108
Tiroirs plans à déclenchement . . . . .	109
Machines Corliss actuelles, type du Phénix . . . . .	109 bis
Machines Van den Kerchove à pistons-valves . . . . .	109 ter
Machines à soupapes. Machines Sulzer . . . . .	110
Machines des Ateliers Carels frères . . . . .	110 bis
Autres systèmes de commande de soupapes à déclenchement (Nolet, Zimmermann, Walschaerts, Gutermuth, Collmann, Kaufhold, Augsbourg-Nuremberg) . . . . .	111
Détails divers . . . . .	111 bis

## § XI

## Soupapes à chute accompagnée

Système Collmann . . . . .	112
Systèmes à excentrique fictif variable (Bromley, Radovanovic) . . . . .	112 bis
Systèmes basés sur l'orientation de la liaison avec l'excentrique (Widmann) . . . . .	112 ter
Systèmes à excentrique variable (Lentz, Recke, Bollinckx) . . . . .	112 quater

## CHAPITRE IV

## Régulateurs

Réglage par étranglement . . . . .	113
Réglage par la variation de l'introduction. Variation de l'introduction des machines à tiroir simple. Régulateurs Américains. Equilibrage des forces d'inertie . . . . .	114-115
Régulateurs à masse inerte (Lentz, Recke) . . . . .	116
Réglage des distributions par tiroirs superposés . . . . .	117

Divers perfectionnements du régulateur ordinaire. Système à ressorts de Hartung; compensateur Denis . . . . .	118
Régulateurs servo-moteurs . . . . .	119
Régulateurs à vitesse très variable. Dispositifs de sûreté . . . . .	120

## CHAPITRE V

## Servo-Moteurs

Rôle du servo-moteur . . . . .	121
Servo-moteur pour mouvement de translation continu . . . . .	122
Servo-moteur pour mouvement de rotation . . . . .	123

## CHAPITRE VI

## Condenseur et pompe à air

## § I

## Condensation par mélange

Quantité d'eau froide à injecter . . . . .	124
Volume à extraire par la pompe à air . . . . .	125
Discussion des circonstances qui influencent le vide; expériences faites au Laboratoire de Gand en faisant varier le volume injecté . . . . .	126
Disposition du condenseur à injection et de la pompe à air . . . . .	127
Pompes Edwards, Brown-Kuhn, etc. . . . .	127 bis
Précautions diverses. Casse-vide. Soupape à trois voies pour échappement éventuel à l'air libre . . . . .	128
Condenseur barométrique ordinaire et à circulation méthodique. Condenseur Weiss . . . . .	129
Réfrigérants d'eau de condensation; système à fascines; système Balcke à cheminée. Diagramme de Otto H. Mueller . . . . .	130
Condenseur-éjecteur. Systèmes Morton, Koerting. Théorie de l'éjecto-condenseur par Rateau. Condenseur Westinghouse-Leblanc. Autres condenseurs centrifuges . . . . .	131

## § II

## Condensation par surface

Cas où on emploie ce mode de condensation . . . . .	132
Calcul de la surface condensante et du volume d'eau à refouler. Expériences faites au Laboratoire de Gand pour déterminer le coefficient de transmission. Expériences de Weighton sur l'influence de la vitesse de l'eau . . . . .	133
Dispositions des condenseurs par surface . . . . .	134
Condenseur « <i>Contraflo</i> », de R. L. Weighton . . . . .	135
Séparation de l'huile . . . . .	136
Condenseurs à air . . . . .	137
Remarques sur les condensations centrales . . . . .	138

## DEUXIÈME PARTIE

## Turbines à vapeur

## CHAPITRE PREMIER

## Turbines d'impulsion

## § I

## Turbine de Laval à une seule roue

	N <sup>os</sup>
Disposition d'ensemble ; turbine proprement dite . . . . .	139
Régulateur de vitesse . . . . .	140
Parties auxiliaires, etc. . . . .	141
Roue et arbre, vitesse critique . . . . .	142

## § II

## Turbines d'impulsion ayant un petit nombre d'étages de pression et de vitesse

Turbine Kolb, dite Elektra ; paliers, réglage . . . . .	143
Turbine Elektra à deux chutes de pression. . . . .	144
Résultats d'essais . . . . .	145
Turbines de la Société d'Électricité A.E.G. de Berlin . . . . .	146
Turbines Curtis . . . . .	147
Résultats d'essais . . . . .	148
Observation sur le rendement des turbines à multiples chutes de vitesse . . . . .	149

## § III

## Turbines d'impulsion multicellulaires

Caractères généraux. . . . .	150
Turbine Rateau. Canaux distributeurs ; roues et aubes ; réglage. . . . .	151
Détails divers ; autres systèmes de construction ; valve de surcharge . . . . .	152
Turbine Zoelly ; roues, aubes, boîtes étanches, lubrification ; réglage. . . . .	153
Courbes de consommation. . . . .	154

## CHAPITRE II

## Turbines à réaction

## § I

## Caractères généraux

	N <sup>os</sup>
Généralités, équilibrage de la poussée axiale. . . . .	155

## § II

## Turbines Parsons

Type Brush-Parsons. . . . .	156
Type Willans-Parsons . . . . .	157
Type Brown Boveri-Parsons ; courbes de consommation . . . . .	158

## CHAPITRE III

## Turbines mixtes

Avantages du fonctionnement mixte. . . . .	159
Turbine Sulzer . . . . .	160
Turbine Melms et Pfenninger . . . . .	161

## CHAPITRE IV

## Sur quelques particularités des Turbines

## § I

## Équilibrage des Roues

Procédé expérimental pour équilibrer un arbre garni de ses roues . . . . .	162
--	-----

## § II

## Régularité

Extension de la théorie du réglage des turbines hydrauliques aux turbines à vapeur ; vitesse d'emballement . . . . .	163
--	-----

## § III

## Condensation

Importance d'un vide élevé ; condenseurs employés ; condenseur auxiliaire à éjecteur Parsons pour améliorer le vide. . . . .	164
Turbine Rateau à vapeur d'échappement, accumulateurs de chaleur . . . . .	165

## CHAPITRE V

**Exemples de calcul de Turbines**

## § I

**Turbine d'impulsion genre A.E.G.**

Calcul d'une turbine à deux chutes de pression, avec deux chutes de vitesse pour chaque étage . . . . .	N <sup>os</sup> 166
--	------------------------

## § II

**Turbine d'impulsion multicellulaire**

Calcul d'une turbine de 2.000 chevaux effectifs à 12 cellules . . . . .	167
---	-----

## § III

**Turbine à Réaction**

Calcul d'une turbine de 2.000 chevaux effectifs à 63 séries . . . . .	168
---	-----

---