

COMMISSION INTERNATIONALE  
DU CONGRÈS DES CHEMINS DE FER  
COMITÉ DE DIRECTION

ENCYCLOPÉDIE

DES

TRAVAUX PUBLICS

Fondée par M.-C. LECHALAS, Insp<sup>r</sup> gén<sup>al</sup> des Ponts et Chaussées

# PONTS MÉTALLIQUES

PAR

JEAN RÉSAL

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

TOME SECOND

POUTRES A TRAVÉES SOLIDAIRES

THÉORIE GÉNÉRALE DES POUTRES A SECTION CONSTANTE  
CALCUL DES POUTRES SYMÉTRIQUES  
POUTRES CONTINUES A SECTION VARIABLE  
THÉORIE GÉNÉRALE DES POUTRES DE HAUTEUR VARIABLE  
MONTAGE DES PONTS PAR ENCORBELLEMENT  
PONTS-GRUES  
CALCUL DES SYSTÈMES ARTICULÉS. PILES MÉTALLIQUES  
TABLES NUMÉRIQUES

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE  
BAUDRY ET C<sup>ie</sup>, LIBRAIRES-ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES

MÊME MAISON A LIÈGE

1889

TOUS DROITS RÉSERVÉS

# TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

---

INTRODUCTION.....	Pages. I
-------------------	-------------

## CHAPITRE PREMIER

### THÉORIE GÉNÉRALE DES POUTRES A SECTION CONSTANTE

#### I. — FORMULES FONDAMENTALES

§ 1<sup>er</sup>. — **Calcul des moments fléchissants, des efforts tranchants et de la déformation dans une travée considérée isolément.**

1. Expressions analytiques du moment fléchissant et de l'effort tranchant, en fonction de la charge et des moments fléchissants développés au droit des appuis dans une travée de poutre à section constante ou variable..... 5
2. Expressions analytiques de la déformation d'une travée de poutre continue à section constante, en fonction de la charge et des moments fléchissants développés au droit des appuis..... 14

§ 2. — **Formules relatives à une poutre à une travée, de section constante, reposant sur des appuis invariables et supportant une charge uniforme complète ou incomplète, pour laquelle on suppose successivement que chacune des extrémités est simplement appuyée, parfaitement encastree, ou partiellement encastree.**

3. Cas d'une charge uniforme complète, les extrémités de la poutre étant simplement appuyées ou parfaitement encastrees..... 19

	Pages.
4. Cas d'une charge uniforme complète, les extrémités de la poutre étant partiellement encastées.....	22
5. Calcul des moments fléchissants positifs et négatifs maxima dus à l'action d'une charge uniforme incomplète, les extrémités de la poutre étant simplement appuyées ou parfaitement encastées.....	26
6. Calcul des efforts tranchants positifs et négatifs maxima dus à l'action d'une charge uniforme incomplète, les extrémités de la poutre étant simplement appuyées ou parfaitement encastées.....	33
7. Calcul des moments fléchissants positifs et négatifs maxima dus à l'action d'une charge uniforme incomplète, les extrémités de la poutre étant partiellement encastées.....	36
8. Calcul des efforts tranchants positifs et négatifs maxima, dus à l'action d'une charge uniforme incomplète, les extrémités de la poutre étant partiellement encastées.....	42
9. Tracé des courbes enveloppes des moments fléchissants et des efforts tranchants.....	43

### § 3. — Théorème des trois moments.

10. Relation entre les moments fléchissants développés sur trois appuis consécutifs d'une poutre continue.....	45
11. Séparation des effets dus à la charge et des effets dus à la dénivellation des appuis.....	47
12. Calcul des réactions verticales des appuis.....	48
13. Relations entre les déplacements angulaires de la fibre moyenne sur trois appuis consécutifs.....	50

## II.—CALCUL DES MOMENTS FLÉCHISSANTS ET DES EFFORTS TRANCHANTS PRODUITS DANS UNE POUTRE CONTINUE PAR LA CHARGE PERMANENTE ET LA SURCHARGE UNIFORME A RÉPARTITION VARIABLE. DÉFORMATION DES POUTRES. POUTRES A DEUX TRAVÉES SOLIDAIRES.

### § 1<sup>er</sup>. — Recherche des moments fléchissants dans l'hypothèse d'une seule travée chargée.

14. Formation de quelques séries numériques.....	52
15. Calcul des moments fléchissants développés dans les sections d'appui d'une poutre continue supportant une charge concentrée unique.....	56
16. Moments fléchissants produits par une charge concentrée unique, dans l'une des travées non chargées.....	60

	Pages.
17. Moments fléchissants produits par une charge concentrée unique, dans la travée chargée.....	63
18. Moments fléchissants produits par la charge uniforme complète d'une seule travée.....	68
19. Moments fléchissants produits par la charge uniforme incomplète d'une travée. Calcul des maxima négatifs et positifs.....	72
20. Limites supérieures des maxima positifs et négatifs des moments fléchissants.....	75
<b>§ 2. — Paraboles représentatives des moments fléchissants dus à la charge permanente. — Courbes enveloppes des moments fléchissants dus à la surcharge à répartition variable. — Tracé des épures de stabilité.</b>	
21. Moments fléchissants dans les sections d'appui.....	83
22. Parabole des moments fléchissants dus à la charge permanente .	86
23. Epure des moments fléchissants dus à la surcharge variable, abstraction faite de la surcharge propre de la travée considérée...	90
24. Enveloppe des moments fléchissants dus à la surcharge variable, en tenant compte de la surcharge complète de la travée considérée.....	92
25. Enveloppe des moments fléchissants dus à la surcharge variable, en tenant compte de la surcharge partielle la plus défavorable pour chaque point de la fibre moyenne considéré à part.....	100
26. Résumé des règles à suivre pour dresser l'épure de stabilité d'une poutre continue à section constante.....	111
<b>§ 3. — Calcul des efforts tranchants dus à la charge permanente. — Courbes enveloppes des efforts tranchants maxima produits par la surcharge à répartition variable.</b>	
27. Efforts tranchants produits par la charge permanente.....	119
28. Enveloppes des efforts tranchants maxima produits par la surcharge uniforme à répartition variable.....	120
<b>§ 4. — Déformation des poutres continues.</b>	
29. Généralités.....	123
30. Déplacements angulaires de la fibre moyenne sur les appuis d'une travée.....	124
31. Flèche d'abaissement au milieu d'une travée.....	126

VIII POUTRES A TRAVÉES SOLIDAIRES.

	Pages.
<b>§ 5. — Calcul d'une poutre à deux travées.</b>	
32. Epure des moments fléchissants.....	129
33. Epure des efforts tranchants.....	130
34. Déformation .....	130
35. Poutre à deux travées égales.....	131
 III. — EFFETS DE LA DÉNIVELLATION DES APPUIS. LANCEMENT DES POUTRES.	
<b>§ 1<sup>er</sup>. — Calcul des moments fléchissants et des efforts tranchants produits par la dénivellation des appuis.</b>	
36. Généralités .....	133
37. Moments fléchissants produits par le déplacement vertical d'un appui dont le numéro d'ordre est plus grand que 1 et plus petit que $n - 1$ .....	134
38. Moments fléchissants produits par le déplacement vertical de l'appui 1 ou de l'appui $n - 1$ .....	137
39. Moments fléchissants produits par le déplacement vertical de l'une des extrémités de la poutre.....	137
40. Moments fléchissants produits par les déplacements simultanés de plusieurs appuis.....	138
41. Travail maximum à la flexion dû à la dénivellation des appuis...	140
42. Calcul des efforts tranchants produits par la dénivellation des appuis .....	142
 <b>§ 2. — Lancement des poutres.</b>	
43. Généralités.....	143
44. Moments fléchissants développés pendant le lancement d'une travée intermédiaire.....	144
45. Moments fléchissants produits par le lancement d'une travée de rive.....	150
46. Déformation subie pendant le lancement par la partie de la poutre en porte-à-faux.....	152

## CHAPITRE DEUXIÈME

## CALCUL DES POUTRES SYMÉTRIQUES

§ 1<sup>er</sup>. — Calcul des moments sur les appuis.

	Pages.
47. Généralités.....	157
48. Séries numériques.....	161
49. Coefficients numériques.....	163
50. Abscisses des foyers.....	163
51. Calcul des moments sur les appuis.....	164

## § 2. — Tracé de l'épure des moments fléchissants.

52. Equations des courbes représentatives des moments.....	167
53. Tracé des courbes.....	170
54. Exemple numérique.....	173
55. Emploi des tables numériques.....	177
56. Travée normale.....	179

## § 3. — Efforts tranchants. Déformation.

57. Equation des courbes représentatives des efforts tranchants.....	184
58. Flèche d'abaissement au milieu d'une travée.....	186

## § 4. — Effets de la dénivellation des appuis.

59. Moments fléchissants produits par le déplacement vertical d'un appui.....	189
60. Travail maximum à la flexion dû à la dénivellation des appuis..	191
61. Applications des formules précédentes.....	193
62. Dénivellation systématique des appuis.....	203
63. Etude des rails de chemins de fer.....	208

## § 5. — Dimensions principales et poids des poutres continues. — Calcul des éléments constitutifs.

64. Division en travées. Hauteur.....	212
65. Poids des poutres.....	214

	Pages.
66. Platebandes.....	217
67. Triangulation.....	219
68. Dénivellation des appuis.....	235
69. Lancement .....	236
70. Rouleaux de support. Ancrages. Poutres en pente.....	245

### CHAPITRE TROISIÈME

#### POUTRES CONTINUES A SECTION VARIABLE

##### § 1<sup>er</sup>. — Principes de la méthode. — Formules fondamentales.

71. Généralités .....	255
72. Formules générales relatives à une travée considérée isolément ..	258
73. Théorème des trois moments.....	261
74. Théorème des deux moments.....	264
75. Définition et propriétés des points correspondants.....	265
76. Définition et propriétés des foyers.....	266
77. Principes de la méthode graphique pour l'étude des poutres à section variable..	268
78. Méthode algébrique pour l'étude des poutres à section variable..	269

##### § 2. — Calcul des moments fléchissants et des efforts tranchants produits par la charge et la surcharge variable.

79. Calcul de quelques intégrales définies .....	271
80. Calcul des séries numériques.....	274
81. Détermination des foyers.....	275
82. Moments développés sur les appuis d'une travée chargée, toutes les autres étant supposées ne porter aucune charge.....	276
83. Courbes représentatives des moments fléchissants et des efforts tranchants.....	276
84. Emploi de la statique graphique .....	277
85. Travée normale.....	278
86. Exemples numériques .....	279
87. Relations entre l'épure de stabilité et la loi de variation de la section d'une poutre continue .....	284
88. Cas d'une surcharge irrégulièrement répartie.....	288

**§ 3. — Déformation. Dénivellation des appuis.  
Lancement.**

	Pages.
89. Déplacements angulaires de la fibre moyenne sur les appuis . . . .	291
90. Flèche d'abaissement au milieu d'une travée . . . . .	292
91. Effets produits par la dénivellation des appuis . . . . .	294
92. Effets du lancement . . . . .	295

**§ 4. — Méthode de M. Des Orgeries pour les poutres  
de hauteur constante.**

93. Formules générales . . . . .	297
94. Méthode simplifiée . . . . .	301
95. Flèche d'abaissement . . . . .	306
96. Surcharge variable . . . . .	307

**§ 5. — Marche à suivre dans l'étude d'une poutre  
à section variable.**

97. Cas général . . . . .	310
98. Cas particulier . . . . .	311
99. Conclusions . . . . .	313

CHAPITRE QUATRIÈME

**THÉORIE GÉNÉRALE DES POUTRES DE HAUTEUR  
VARIABLE**

**§ 1<sup>er</sup>. — Méthodes générales de calcul des ouvrages  
métalliques.**

100. Systèmes rigides . . . . .	317
101. Systèmes articulés . . . . .	319
102. Comparaison des deux méthodes de calcul . . . . .	320
103. Classification des constructions métalliques . . . . .	320



**§ 2. — Formules relatives à un ouvrage quelconque de hauteur variable.**

	Pages.
104. Conventions et définitions.....	323
105. Calcul des efforts développés dans les éléments de l'ouvrage....	325
106. Formules approximatives .....	326
107. Formules usuelles .....	327
108. Ouvrages à section transversale symétrique.....	329
109. Calcul des arcs de hauteur variable .....	330

**§ 3. — Formules relatives à une poutre de hauteur variable.**

110. Tracé des sections transversales et de la fibre moyenne.....	333
111. Du degré d'exactitude à rechercher dans les calculs.....	336
112. Formules générales .....	337
113. Poutres à section transversale symétrique.....	338
114. Poutres courbes de hauteur constante .....	340

**§ 4. — De l'influence du profil en long sur les conditions d'établissement d'une poutre.**

115. Généralités .....	342
116. Poutres à semelles indépendantes .....	344
117. Recherche du profil le plus avantageux dans le cas d'une surcharge variable.....	349
118. Calcul des poutres de hauteur variable .....	355

**§ 5. — Poutres à travées indépendantes.**

119. Epure des moments fléchissants et des efforts tranchants.....	358
120. Tracé du profil en long.....	360
121. Calcul des platebandes .....	363
122. Poutre raidissante d'un ouvrage à semelles indépendantes.....	367
123. Calcul de la triangulation.....	368
124. Ponts existants .....	378
125. Fermes de toit .....	384
126. Evaluation comparative des poids de différentes poutres.....	395
127. Déformation .....	399

**§ 6. — Poutres à travées solidaires.**

	Pages.
128. Tracé du profil en long .....	401
129. Calcul du moment d'inertie et tracé des épures de stabilité définitives .....	405
130. Calcul des platebandes et de la triangulation .....	406
131. Poutres semi-continues.....	407

## CHAPITRE CINQUIÈME

**MONTAGE DES PONTS PAR ENCORBELLEMENT.  
PONTS-GRUES.****§ 1<sup>er</sup>. — Montage des poutres par encorbellement.**

132. Des divers procédés en usage pour le montage des poutres continues.....	414
133. Montage par encorbellement.....	419
134. Poutres à jonction centrale.....	424
135. Réglage des poutres continues.....	428

**§ 2. — Ponts-grues.**

136. Définition .....	431
137. Calcul d'un pont-grue complet.....	434
138. Calcul d'un pont-grue ordinaire.....	437
139. Classification des ponts-grues .....	443
140. Formules générales de la déformation pour une travée de pont-grue.....	455
141. Déformation des piles.....	461
142. Déformation des ponts-grues ordinaires.....	463
143. Calcul d'un pont-grue mixte.....	466
144. Poutres à travées solidaires encastées sur les piles .....	471
145. Effets de la dénivellation des appuis sur les ponts-grues mixtes .	474
146. Calcul des éléments d'un pont-grue .....	474
147. Division en travées et en tronçons.....	475
148. Profil en long.....	479
149. Liaison des fermes avec les culées et les piles .....	482
150. Articulations.....	485

XIV POUTRES A TRAVÉES SOLIDAIRES.

	Pages.
151. Résistance au vent.....	487
152. Calcul du poids des grandes poutres.....	488

**§ 3. — Comparaison des différents systèmes de poutres.**

153. Evaluation théorique du poids des poutres .....	490
154. Comparaison des travées indépendantes, des poutres continues et des ponts-grues.....	497

CHAPITRE SIXIÈME

**CALCUL DES SYSTÈMES ARTICULÉS. PILES MÉTALLIQUES.**

I. — CALCUL DES SYSTÈMES ARTICULÉS

**§ 1<sup>er</sup>. — Exposé de la méthode.**

155. Généralités .....	511
156. Systèmes articulés de la première classe sans barres surabondantes .....	513
157. Systèmes articulés de la première classe avec barres surabondantes .....	518
158. Systèmes articulés de la deuxième classe.....	525
159. Énumération des ouvrages de la deuxième classe.....	528
160. Calcul d'une construction hétérogène.....	530

**§ 2. — Applications de la méthode.**

161. Etude de la poutre à montants et croix de Saint-André .....	532
162. Exemple numérique.....	535
163. Défauts des systèmes à liaisons surabondantes.....	540
164. Etude d'une pile métallique .....	545

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES.

XV

II. — PILES MÉTALLIQUES.

§ 1<sup>er</sup>. — Calculs de stabilité.

	Pages.
165. Généralités et définitions..	551
166. Formules générales.....	554
167. Effets de la charge.....	557
168. Effets du vent.....	560
169. Action simultanée de la charge et du vent.....	561

§ 2. — Déformation.

170. Formules générales.....	562
171. Méthode abrégée.....	564
172. Calcul des coefficients $\gamma$ et $\Gamma$ .....	565

§ 3. — Dispositions générales des piles.

173. Coupe horizontale.....	569
174. Piles à quatre montants.....	573
175. Piles ayant plus de quatre montants.....	579
176. Piles d'égale résistance.....	581
177. Piles sans triangulation.....	588
178. Piles à montants rectilignes.....	590
179. Dispositions diverses.....	
180. Liaison avec le soubassement.....	595
181. Poids des piles.....	595

TABLES NUMÉRIQUES

POUR SERVIR AU CALCUL DES POUTRES A TRAVÉES SOLIDAIRES

Table I.....	599
Table II.....	600
Table III.....	602
Table IV.....	618
ERRATA.....	621
INDEX ALPHABÉTIQUE.....	623