

TRAITÉ
DE
MATÉRIAUX
DE
CONSTRUCTION

PAR

M. DURIEZ

DIRECTEUR DES SERVICES TECHNIQUES
DU LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES
PROFESSEUR ET CHEF DES TRAVAUX PRATIQUES
A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES A PARIS

TOME I

PARIS



1950

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
PRÉFACE.....	VII
INTRODUCTION	XIX

CHAPITRE PREMIER CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES MATÉRIAUX

A. — Généralités.

1. — La science des matériaux dans la construction	1
2. — Caractéristiques générales des matériaux.....	1
3. — Classification des matériaux	2
4. — Le choix des matériaux et la conception des ouvrages	3
5. — Le contrôle des matériaux; épreuves de laboratoire et de chantier. Interprétation des résultats	3

B. — Caractéristiques de structure et de comportement des matériaux.

6. — Elasticité, rigidité et compressibilité des matériaux	4
7. — Viscosité	5
8. — Relaxation et fluage	6
9. — La plasticité et l'adaptation.....	9
10. — Les courbes intrinsèques de résistance élastique.....	10

C. — Caractéristiques d'utilisation des matériaux.

11. — Les différentes caractéristiques d'utilisation suivant la constitution de de la matière.....	15
12. — Poids spécifique et densité apparente	16
13. — Homogénéité et isotropie	16
14. — Compacité et porosité	17
15. — Perméabilité et capillarité	17
16. — Résistances mécaniques des matériaux	19
17. — Stabilité mécanique et résistance à la déformation	22
18. — Stabilité physique et chimique : résistance à la corrosion et au vieillissement	22
19. — Susceptibilité des matériaux aux variations ambiantes (température et hygrométrie)	23
20. — Structure colloïdale, cristalline ou capillaire	23
21. — Autres phénomènes physiques influant sur les caractéristiques des matériaux	25

CHAPITRE II LES PIERRES NATURELLES

A. — Les différentes natures de pierres.

22. — Classification	27
23. — Roches éruptives	28
24. — Roches métamorphiques	31
25. — Roches sédimentaires	32
26. — Condition d'utilisation et extraction des pierres	34

	Pages.
B. — Caractères distinctifs et propriétés physiques des pierres.	
27. — Structure et cassures des pierres	35
28. — Homogénéité des pierres	36
29. — Dureté des pierres	36
30. — Adhérence des pierres aux liants	37
31. — Densité apparente et compacité	39
32. — Porosités absolue et relative; coefficient d'imbibition en poids	42
33. — Perméabilité et hygroscopicité	44
34. — Gélivité; résistance aux agents extérieurs	49
C. — Propriétés mécaniques des pierres.	
35. — Résistance à la compression	51
36. — Résistance à la compression avec étreinte latérale	54
37. — Résistance au cisaillement, à la flexion et au poinçonnement	57
38. — Résistance à l'abrasion et à l'attrition	57
D. — Essais des pierres au laboratoire.	
39. — Essais d'identification par HCl et aspect de la cassure	59
40. — Mesure de la densité des pierres et de la porosité	59
41. — Mesure de la capillarité ou hygroscopicité	61
42. — Mesure de la perméabilité sous pression d'eau	64
43. — Essai de gélivité	66
44. — Mesure de la résistance à la compression	67
45. — Mesure du coefficient d'élasticité à la compression	68
46. — Mesure des résistances à la traction et à la flexion	69
47. — Résistance au cisaillement, au poinçonnement et à la perforation par percussion rotative	70
48. — Essais de dureté	72
49. — Essai d'adhérence sur mortier	73
50. — Essai de résistance au choc	74
51. — Essai d'usure	74
52. — Essais spéciaux relatifs aux ardoises et aux pavés	75

CHAPITRE III LES AGRÉGATS

A. — Fillers et sables.

53. — Définition et classification des agrégats	76
54. — Analyse granulométrique	77
55. — Les fillers	78
56. — Les sables et la granulométrie	84
57. — Granulation des sables suivant l'origine	91
58. — Influence de la forme des grains de sable	100
59. — Propreté des sables	100
60. — Importance du choix du sable pour les mortiers et bétons	101
61. — Propriétés mécaniques des sables	104
B. — Les essais de laboratoire sur les fillers et les sables.	
62. — Examen au microscope de la forme et de la dimension des sables et des fillers	107
63. — Nature chimique et minéralogique	108
64. — Propreté des sables	108
65. — Poids spécifique. Densité. Degré d'humidité	108
66. — Essais mécaniques des sables	111

C. — Gravillons et pierres.

67. — Les gravillons. Forme des grains	113
68. — Propreté des gravillons	118
69. — Adhérence, cohésion et dureté des gravillons	119
70. — Porosité, gélivité, résistances à l'abrasion, à l'attrition et au choc des gravillons.....	120

D. — Essais des pierres et des gravillons.

71. — Dimension et granulométrie des pierres et gravillons	121
72. — Forme des pierres et gravillons	125
73. — Propreté des gravillons et des pierres	126
74. — Porosité des agrégats.....	129
75. — Résistance à l'attrition et à la fragmentation par choc	130

CHAPITRE IV**LES LIANTS HYDRAULIQUES****A. — Chaux et ciments. Généralités.**

76. — Généralités sur les liants	143
77. — Historique des chaux et ciments	144
78. — Distinction entre chaux et ciments ; les chaux aériennes	145
79. — Classification des liants hydrauliques	147
80. — Caractères physiques et chimiques généraux des liants hydrauliques	148
81. — Constitution des liants hydrauliques	152
82. — Constituants hydratés	156

B. — Etude monographique des différents liants hydrauliques.

83. — Chaux hydraulique et chaux au laitier.....	157
84. — Ciments naturels (normalisés)	159
85. — Ciments prompts ou ciments à prise rapide, ciments demi-lents (non normalisés)	160
86. — Ciments Portland artificiels et ciments à haute résistance initiale	162
87. — Ciments pouzzolaniques	167
88. — Ciments de laitier.....	168
89. — Ciments de Haut Fourneau	173
90. — Ciments de fer	174
91. — Ciments métallurgiques mixtes	175
92. — Ciments métallurgiques sursulfatés.....	176
93. — Ciments et liants à maçonner	179
94. — Ciments alumineux	180
95. — L'altération des ciments alumineux	185
96. — Ciments expansifs et ciments sans retrait	198
97. — Ciments chargés	204
98. — Ciments de laitier par voie humide	204
99. — Ciments blancs et ciments colorés	206

C. — L'hydraulicité et les caractères physiques, chimiques et mécaniques des liants hydrauliques.

100. — Le mécanisme et les caractères de l'hydraulicité des liants	207
101. — La prise des ciments et les catalyseurs d'hydratation : accélérateurs et retardateurs de prise et de durcissement	212
102. — Actions particulières du sulfate de chaux et du chlorure de calcium sur les ciments	217
103. — Chaleur de prise des ciments	227

104. — Durcissement et résistance des ciments ayant fait prise
 105. — Résistance à la compression et à la traction
 106. — Normes et prescriptions en vigueur concernant les résistances des ciments.
 107. — Retrait des ciments : a) Généralités ; b) Retrait des différents ciments
 en fonction de l'hygrométrie ambiante
 108. — Théorie de la finesse des ciments, en relation avec la rétention optimum
 d'eau dans les bétons

D. — Phénomènes thermo-hygrométriques.

109. — Dilatation du ciment
 110. — Etude de la résistance mécanique des ciments en relation avec les condi-
 tions ambiantes

E. — La corrosion des ciments, mortiers et bétons.

111. — Produits nocifs dans les ciments, mortiers et bétons
 112. — Action des eaux agressives
 113. — Action particulière des eaux séléniteuses et de l'eau de mer sur les ciments

F. — Fabrication des ciments ; essais de laboratoire.

114. — Fabrication des chaux et ciments
 115. — Analyse chimique des ciments Portland
 116. — Essais normalisés ou conformes aux spécifications officielles des chaux
 et ciments : les textes
 117. — Essai de finesse des ciments
 118. — Densité apparente et poids spécifique
 119. — Définition et confection de la pâte normale de ciment ; essais de consis-
 tance de la pâte
 120. — Confection du mortier normal ; fabrication et conservation des éprou-
 vettes
 121. — Essais physiques normalisés (prise et déformation à chaud et à froid).
 122. — Essais mécaniques normalisés. Résistances à la compression et à la
 traction
 123. — Essais chimiques normalisés : détermination des insolubles, de SO^2 , de la
 perte au feu, de CO^2 ; dosage de la chaux
 124. — Essai de flexion (non normalisé)
 125. — Essais de porosité et de perméabilité (non normalisés)
 126. — Essais de retrait (non normalisés)
 127. — Mesure de la chaleur d'hydratation (non normalisé)
 128. — Essai Anstett
 129. — a) Essais mécaniques sur un nouveau type d'éprouvette en mortier de
 ciment (éprouvettes Prot) ; b) Dosage du laitier dans les ciments...

CHAPITRE V

LES MORTIERS ET BÉTONS HYDRAULIQUES

A. — Etude des mortiers hydrauliques.

130. — Considérations générales sur les mortiers et bétons hydrauliques.....
 131. — Généralités sur les mortiers
 132. — Dosage des mortiers et rendement ; eau de gâchage
 133. — Porosité et perméabilité des mortiers ; imperméabilisation : les hydro-
 fuges.....
 134. — La compacité des mortiers en rapport avec leur granulométrie
 135. — Influence du facteur ciment/eau ; formule de Feret
 136. — Choix du liant et facteurs de qualité dans la confection des mortiers.

	Pages.
B. — Etude des bétons hydrauliques.	
137. — Généralités sur les bétons	342
138. — Résistance des bétons à la compression : formules de Feret, d'Abrams et de Bolomey	343
139. — Influence de l'eau de gâchage sur la résistance des bétons	347
140. — Résistance des bétons à la traction.....	350
141. — Résistance des bétons à la flexion, aux chocs et à l'abrasion	351
142. — Cas particulier des bétons pour chaussées et pour pistes d'aérodromes.	352
143. — Elasticité, dilatation et conductibilité des bétons ; résistance au feu.	369
C. — Etudes des facteurs qui influent sur les caractéristiques des bétons.	
144. — Etude des facteurs intrinsèques.....	372
145. — Etude particulière du facteur « granulométrie »	374
146. — Granulométrie continue de Bolomey.....	377
147. — Définition de la granulométrie d'un béton par le module de finesse d'Abrams.....	379
148. — Granulométrie des bétons tenant compte de l'effet de paroi : méthode de Faury	380
149. — Etude de la granulométrie des mortiers et bétons selon la méthode de Leclerc du Sablon	397
150. — Composition des bétons de ciment par la méthode Vallette	406
151. — Théorie de M. Caquot sur la granulométrie. Les bétons à ossature et les néobétons de M. Villey	420
152. — La composition et le contrôle des bétons par la méthode Buisson	435
153. — Etude des facteurs extrinsèques influant sur les caractéristiques du béton	443
154. — Influence du malaxage	444
155. — Influence des méthodes normales de mise en œuvre : compression, damage, piquage, centrifugation, vibration et pervibration	446
156. — Bétons essorés et bétons désaérés	448
157. — Béton cellulaire	449
158. — Les bétons à entraînement d'air ou bétons aérés	449
159. — Les bétons de ponce et d'autres agrégats légers	455
160. — Le béton de ciment sans sable	456
161. — Mortiers et bétons colloïdaux : colcrete et colgrout	457
162. — Emploi du courant électrique pour agir sur la prise et le durcissement des bétons.....	461
D. — Comportement des mortiers et bétons placés dans les conditions de climat ou d'ambiance particulièrement agressifs ; les choix qui s'imposent.	
163. — Influence du comportement particulier aux divers ciments	462
164. — Comportement des bétons dans les pays froids.....	464
165. — Les bétons aux colonies	465
166. — La corrosion des mortiers et bétons en prise aux eaux salines. La Commission des Chaux et Ciments et les essais d'admission pour travaux à la mer	467
E. — Les essais concernant les bétons hydrauliques.	
167. — Mesure de la fluidité du béton	477
168. — Essais de résistance mécanique : compression, traction, flexion, adhérence	485
169. — Mesure de la compacité (béton frais et béton durci)	487
170. — Mesure du coefficient d'élasticité et du retrait ; les extensomètres....	488
171. — Essais statistiques sur bétons	498

CHAPITRE VI

LE PLÂTRE — L'EAU — L'ÉTAT COLLOÏDAL
ARGILES ET CÉRAMIQUES — LES AGGLOMÉRÉS — LES VERRES

A. — Le plâtre.

	Pages.
172. — Définition, historique et généralités	503
173. — Fabrication du plâtre	504
174. — Différentes formes du plâtre industriel.....	505
175. — Prise et durcissement du plâtre	506
176. — Influence de la quantité d'eau de gâchage	507
177. — Résistances mécaniques du plâtre	509
178. — Accélérateurs et retardateurs de prise; méthodes de mesure	511
179. — Propriétés physiques et chimiques du plâtre.....	515
180. — Compounds à base de plâtre et béton de plâtre	516
181. — Normalisation des plâtres	517
182. — Mise en œuvre du plâtre	519

B. — L'eau. Les phénomènes colloïdaux. Les argiles et céramiques.

183. — L'eau au point de vue de l'étude des matériaux de construction	520
184. — Les phénomènes colloïdaux	534
185. — Les argiles : généralités	539
186. — Formation, constitution et propriétés chimiques des argiles	540
187. — Propriétés physiques et physico-chimiques des argiles; plasticité et colloïdité; retrait.....	542
188. — Composition et granulométrie des argiles naturelles et des terres. Comportement suivant la nature des éléments en présence	546
189. — Essais d'identification et de qualification des argiles et des sols.....	550
190. — Le béton d'argile : généralités. Béton d'argile pour construction. Stabilisation	562
191. — Le béton d'argile pour routes et aérodromes.....	566
192. — Autres emplois de l'argile crue. La bentonite	573
193. — Théorie de la cuisson de l'argile; les produits céramiques et les produits réfractaires	575
194. — Les briques de terre cuite	580
195. — Fabrication des briques de terre cuite	581
196. — Propriétés physiques et mécaniques des briques. Normalisation et essai des briques	582
197. — Tuiles, hourdis, bardeaux et tuyaux.....	586

C. — Les pierres artificielles et les agglomérés.

198. — Les pierres artificielles et les pierres reconstituées	589
199. — Les agglomérés	591
200. — Les briques de laitier.....	593
201. — Les briques silico-calcaires	594
202. — Normalisation des agglomérés pour maçonnerie et pour hourdis, et des briques silico-calcaires	595
203. — Agglomérés aux oxychlorures et dallages magnésiens	598
204. — L'amiante-ciment	599
205. — Bétons légers de pouzzolanes	601

D. — Les verres.

206. — Définitions et généralités	602
207. — Fabrication des verres	606
208. — Propriétés physiques et mécaniques des verres	611
209. — Propriétés physico-chimiques du verre ; l'état vitreux	615
210. — Recuisson et trempe du verre	620
211. — Principaux usages des verres	624
212. — Le béton translucide	626
213. — Normalisation des verres	628
214. — Application de la biréfringence des corps vitreux soumis à des contraintes : la photoélasticimétrie	634
215. — Applications de la piézo-électricité du quartz à la détermination d'efforts à variations très rapides	652

CHAPITRE VII

LES LIANTS HYDROCARBONÉS

A. — Goudrons et bitumes.

216. — Généralités sur les liants hydrocarbonés	655
217. — Les goudrons bruts : origine et composition	657
218. — Les brais de houille. Les goudrons reconstitués : composition physico-chimique et caractères essentiels	660
219. — Bitumes et brais de pétrole ; bitumes fluides	668
220. — Composition chimique et physico-chimique des bitumes ; examen au microscope électronique. Caractères essentiels	670
221. — Les mélanges goudron-bitume	673
222. — Les goudrons-fillers et les bitumes caoutchoucs	675

B. — Les émulsions directes et inverses de liants hydrocarbonés.

223. — Constitution micellaire d'une émulsion	677
224. — Émulsions directes et émulsions inverses	678
225. — Précisions sur les termes de groupement polaire, groupement apolaire, groupement tensio-actif	680
226. — Différents types d'émulsions : anioniques, cationiques et neutres	682
227. — Émulsibilité des brais de pétrole de distillation directe	684
228. — Usages des émulsions hydrocarbonées	686

C. — Caractéristiques d'utilisation des liants hydrocarbonés.

229. — La viscosité des liants	687
230. — Pénétration et dureté des liants	690
231. — Point de ramollissement Bille et Anneau et point de ramollissement Kraemer Sarnow	691
232. — Susceptibilité des liants	692
233. — Ductilité et cohésion interne des liants	694
234. — Adhésivité des liants. Considérations générales	695
235. — Distinction entre les tensions d'humectation ou de rétraction, et la force adhésive des liants	709
236. — Enrobage sans mouillage effectif préalable par le liant	714
237. — Adhésivité d'ordre chimique : condition de stabilité à l'eau	718
238. — Adhésivité par affinité d'ordre physico-chimique, avec ou sans adsorptions sélectives et subséquentes	721
239. — Méthodes pratiques permettant de renforcer la stabilité à l'eau des liants d'enrobage	723

	Pages.
240. — Enrobage et adhésivité en milieu aqueux : savons anioniques non alcalins ; savons cationiques	726
241. — Procédés d'étude de l'adhésivité des liants ; rôle de la viscosité dans le déplacement par l'eau	735
242. — Influence de la nature de l'émulsif utilisé pour les émulsions sur l'adhésivité du bitume	738
243. — Prise et durcissement des liants : le vieillissement	740
244. — Etude du vieillissement des goudrons par l'examen de la température de ramollissement superficiel (T.R.S.)	740
D. — Principe des méthodes d'essai des liants hydrocarbonés et spécifications en vigueur.	
245. — Mesure de la viscosité	745
246. — Mesure du point de ramollissement Bille et Anneau	761
247. — Mesure du point de ramollissement Kraemer et Sarnow	762
248. — Point de goutte Ubbelohde	762
249. — Mesure de la pénétration Standard	763
250. — Mesures de la ductilité, de la cohésion et de la tension superficielle des liants	765
251. — Poids spécifique, dilatation cubique, chaleur spécifique, conductivité thermique et énergie totale superficielle des liants	767
252. — Distillation fractionnée des goudrons et des bitumes fluides	772
253. — Détermination des phénols, de la naphthaline et de l'anthracène dans les goudrons ; point d'inflammabilité ; T.R.S. ; insolubles	773
254. — Détermination de la paraffine et du soufre dans les bitumes ; point de flamme, carbone fixe ; perte à la chaleur ; détermination des asphaltènes	779
255. — Essais sur les émulsions : dosage de l'eau, finesse de dispersion, stabilité au stockage ; essai de congélation	780
256. — Essai de fragilité	781
257. — Essai d'adhésivité	784
258. — Contrôle du dosage en liant	785
259. — Essai de poinçonnage	787
260. — Circulaire ministérielle du 7 octobre 1947 sur les goudrons	787
261. — Circulaire ministérielle du 28 juillet 1948 relative aux spécifications des cut-backs	789