http://cnum.cnam.fr
Conservatoire numérique des Arts & Métiers

Titre : Le Mécanicien-Wattman
Auteur : Guédon, L.-Pierre

Mots-clés : Automobiles*Entretien et réparations ; Entretien et réparations*Appareils et matériel
Description : 1 vol. (XIV-772 p.) ; 21 cm
Adresse : Paris : H. Dunod et E. Pinat, 1909
Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 8 De 242

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?8DE242

La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*. You may assemble and distribute links that point to other *CNUM* documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from *CNUM*.

PDF créé le 27/9/2012

LE

MÉCANICIEN - WATTMAN

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° De 242

LE

MÉCANICIEN - WATTMAN

GUIDE PRATIQUE

CONCERNANT

LE FONCTIONNEMENT, LA CONDUITE ET L'ENTRETIEN

DES OMNIBUS, CAMIONS ET VOITURES AUTOMOBILES.
AUTOMOTRICES DE TRAMWAYS ET DE CHEMINS DE FER.
MÉTROPOLITAINS ET CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES.

PAR

L.-Pierre GUÉDON
INGÉNIEUR
CHEF DE TRACTION
à la C. G. O. de PARIS

Paul LIOT
EX-CHEF DE L'ATELIER
DES GROS VÉHICULES DES ÉTABLISSEMENTS
DE DION-BOUTON

BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE NATIONAL
des ARTS & MÉTIERS
N° du Catalogue 8° De 242.
Prix 8 f
11 Mai 1909.

PARIS (VIe)
H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS
49, Quai des Grands-Augustins, 49

1909
Tous droits réservés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

Pages.

Abréviations employées. Ouvrages consultés..... XIII

APERÇU HISTORIQUE 1

CHAPITRE PREMIER

NOTIONS DE MÉCANIQUE

Art. 1. Exposé..... 9
2. Mécanique appliquée (définition)..... 9
3. Mouvement, vitesse..... 10
4. Force, couple..... 15
5. Travail..... 17
6. Puissance..... 18
7. Rendement..... 19
8. Chaleur, conductibilité..... 21
9. Changement d'état des corps..... 23
10. Combustibles..... 25
11. Chaudière à vapeur..... 29
12. Dépense de combustible par cheval..... 29
13. Résistance des véhicules à la marche..... 31
14. Effort de traction..... 32
15. Adhérence..... 35
16. Frottement..... 36

CHAPITRE II

ORGANES ESSENTIELS DES MACHINES A VAPEUR ET A PÉTROLE MODE DE FONCTIONNEMENT DE CES MACHINES

17. Exposé..... 38
18. Cylindre..... 38

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Art. 19. Tiroir, soupapes 44
20. Distribution, marche normale, contre-marche 46
21. Moteurs à vapeur 55
22. Moteur à pétrole. Régulation 56
23. Puissance des moteurs 60
24. Piston 61
25. Bielle, manivelle 64
26. Arbre, moteur 66
27. Stabilité des véhicules moteurs 66
28. Tiroir de distribution. Excentriques. Cames 73
29. Graissage 76
30. Appareils de mesure 81
31. Transformation et transmission de mouvements 83
32. Engrenages 88
33. Joints articulés 93
34. Chaines 94
35. Assemblage et guidage des pièces 96
36. Embrayages de véhicules à pétrole 103
37. Changements de vitesse et de marche 110
38. Différentiel 116
39. Transmission du mouvement aux roues 119
40. Régulateur de vitesse 124
41. Carburateur. Soupapes d'admission et d'échappement 129
42. Dispositifs d'allumage 144
43. Refroidissement des moteurs à pétrole 145

CHAPITRE III

CHASSIS DES VÉHICULES A PÉTROLE

44. Châssis de support. Châssis moteur 150
45. Roues 155
46. Bandages. Amortisseurs 159
47. Essieux 163
48. Ressorts de suspension 169
49. Direction 174
50. Freins 177
51. Construction. Choix des métaux 191

CHAPITRE IV

NOTIONS D'ÉLECTRICITÉ

52. Fluide et courant électrique 199
53. Comparaisons entre les phénomènes électriques et physiques 201

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.
rt. 54. Force électromotrice (f. é. m.)..... 204
55. Résistance intérieure. Court-circuit. Masse.Terre..... 206
56. Couplages en tension, en quantité, mixtes..... 207
57. Etincelles de rupture ou d'extra-courant..... 209
58. Piles. Accumulateurs..... 209
59. Accumulateurs de traction..... 218
60. — d'allumage..... 223
61. Construction et fonctionnement des machines dynamos... 233
62. Excitation : série, en dérivation, compound..... 242
63. Réversibilité des machines dynamos..... 244
64. Moteurs électriques..... 245
65. Force contre-électromotrice (f. c. é. m.)..... 248
66. Bobine ou transformateur. Bougies. Condensateur..... 250
67. Magnétos *Nilmelior*..... 252
68. Allumage double *Nilmelior*..... 259
69. Magnétos à bougies *Simms-Bosch*..... 261
70. Bougie à haute tension *Simms-Bosch*..... 262
71. Magnéto *Eisemann*..... 268
72. Allumages doubles *Eisemann* et S. B..... 270
73. Régulateur de marche ou contrôleur-coupleur..... 271
74. Réglage de la vitesse des moteurs électriques..... 275
75. Freinage électrique..... 278
76. Appareillage électrique..... 280
77. Isolants..... 289
78. Appareils de mesure..... 291

CHAPITRE V

VÉHICULES AUTOMOBILES A VAPEUR

§ I. — Camions, voitures de tramways et automotrices de chemins de fer système V. Purrey.

79. Exposé..... 295
80. Chaudière ou générateur..... 297
81. Alimentation..... 302
82. Moteur..... 307
83. Graissage..... 311
84. Transmission..... 312
85. Châssis et roues..... 313
86. Freins..... 316
87. Chasse-corps automatique..... 323
88. Poids..... 327
89. Préparation et conduite..... 327
90. Travaux d'entretien..... 333
91. — effectués au lavage..... 333

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Art. 92. Lavages 335
93. Changements de roues 337
94. Automotrices Purrey avec condenseur 337
95. Puissance des automotrices Purrey 340
96. Automotrices Serpollet à générateur Purrey 331
97. Locomotives à générateur Purrey 343
98. Automotrices Purrey des chemins de fer P.-O., Nord et P.-L.-M. 347
99. Châssis 348
100. Chaudière 348
101. Moteur 352
102. Puissance 354
103. Caisse 355
104. Camions et omnibus Purrey 357

§ II. — Véhicules système Darracq-Serpollet

105. Générateur Serpollet 364
106. Moteur 368
107. Récupérateur. Condenseur. Radiateur 369
108. Transmission 370
109. Châssis 370
110. Conduite et entretien 371
111. Préparation de la voiture 371
112. Mise en marche 374
113. Incidents de route 375
114. Entretien 378
115. Voitures automotrices du chemin de fer P. L. M. 382

§ III. — Voitures automotrices Turgan

116. Automotrices du chemin de fer du Nord 382
117. Chaudière et machine 384
118. Caisse 386
119. Voiture postale 386

CHAPITRE VI

VÉHICULES A AIR COMPRIMÉ

§ I. — Automotrices de tramways

120. Traction par l'air comprimé 388
121. Fonctionnement des automotrices de la C. G. O. 389
122. Truck 390

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.
Art. 123. Système Mékarski 392
124. Conduite 395
125. Système Bonnefond 400
126. Mécanisme de distribution 405
127. Conduite 405
128. Voiture du tramway *Vichy-Cusset* 409
129. Systèmes *Popp-Conti* et *Molas* 409

CHAPITRE VII

OMNIBUS ET VÉHICULES INDUSTRIELS A PÉTROLE

130. Fonctionnement du moteur à explosion 412
131. Moteur et châssis des véhicules lourds 418

§ I. — Autobus Eugène Brillié

132. Exposé 421
133. Moteur 427
134. Fonctionnement 429
135. Carburateur 433
136. Régulateur 435
137. Allumage 436
138. Circulation d'eau 439
139. Echappement 440
140. Mise en marche 440
141. Conduite de la voiture 442
142. Graissage 445
143. Incidents de fonctionnement 446
144. Visites et réglages 449
145. Omnibus Dietrich, Girardot, Renault 451

§ II. — Véhicules de Dion-Bouton

146. Exposé 451
147. Moteur 455
148. Distribution 456
149. Allumage 457
150. Carburateur 461
151. Transmission 462
152. Conduite. Graissage. Entretien 468
153. Moteur monocylindrique type BG 482

§ III. — Véhicules Panhard-Levassor

154. Châssis 484
155. Moteur 486

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Art. 156. Carburateur..... 489
157. Allumage..... 489
158. Refroidissement..... 500
159. Régulateur..... 500
160. Embrayage..... 501
161. Causes de mauvais fonctionnement du moteur..... 503
162. Freins..... 506
163. Direction..... 508
164. Graissage et entretien..... 509

§ IV. — Véhicules des Chantiers de la Buire

165. Automobiles postales de Paris..... 514

CHAPITRE VIII

TRACTION ÉLECTRIQUE

166. Systèmes divers..... 519

§ I. — Systèmes a conducteur

A. — *Tramways à trolley et à caniveau*

167. Méthode directe..... 520
168. Automotrices de tramways..... 524
169. Moteur..... 528
170. Coupleur..... 533
171. Appareillage..... 534
172. Système à unités multiples..... 534
173. Conduite..... 534
174. Dérangements..... 537
175. Avaries..... 539
176. Entretien..... 540
177. Séchage des induits et des inducteurs..... 544
178. Accidents dus à l'électricité..... 548
179. Voitures à deux bogies..... 548
180. Frein à air *Christensen*..... 551
181. — *Lipkowski*..... 560
182. Automotrices *Louvre-Versailles*..... 561
183. Tramways à caniveau et systèmes mixtes..... 568
184. Omnibus à trolley..... 571

B. — *Métropolitains électriques*

185. Métropolitain de Paris..... 572

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Art. 186. Manœuvre des appareils électriques des motrices 577
187. Equipement à Unités doubles système T. H 580
188. — Unités multiples 583
189. — — système T. H 586
190. — — — Westinghouse 597
191. — — — Sprague-multiple .. 607
192. Conduite et petit entretien 608
193. Frein à air Westinghouse 614
194. Freinage dans les voitures à une seule loge et dans les trains à deux loges ou deux motrices 624
195. Avaries de freins 627
196. Freinage électrique 630
197. Eclairage de secours 631
198. Avaries à l'équipement électrique 632
199. Régularité du service 642

C. — *Chemins de fer électriques*

200. Exposé 643
201. Ligne des Invalides à Versailles 644
202. Marche du courant 647
203. Voitures automotrices des équipements à Unités multiples. 647
204. Avaries des machines électriques 655
205. Ligne de Paris-Orsay à Juvisy 658
206. Ligne du Fayet à Chamonix 663

§ II. — Véhicules a transmission électrique

207. Véhicules *Kriéger* et de *Dion-Bouton* 665

§ III. — Traction a accumulateurs

208. Voitures électriques à accumulateurs de la C. G. O 670
209. Accumulateurs 672
210. Poids et constantes spécifiques des batteries 676
211. Parcours des batteries. Soins à leur donner 677
212. Formation des batteries 678
213. Contrôleur-coupleur 680
214. Moteurs 681
215. Freins 683
216. Conduite 684
217. Avaries 686
218. Charge des voitures 688
219. Accumulateurs à charge lente 693
220. Véhicules sur routes à accumulateurs 695
221. Tractions à accumulateurs sur les chemins de fer 697
222 Véhicules mixtes 697

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANNEXES

		Pages.
NOTE	I. Pressions et températures de la vapeur d'eau saturée.....	700
	II. *Cie Générale des Omnibus de Paris.* — Entretien courant et réparations de nuit du matériel roulant.....	700
	III. *Cie des chemins de fer Nogentais.* — Traction électrique *Thomson-Houston.* Instructions aux Conducteurs.....	703
	IV. *Cie Générale des Omnibus de Paris.* — Règlement pour la conduite des automotrices à accumulateurs électriques.....	709
	V. Précautions à prendre dans la manipulation des accumulateurs.....	716
	VI. *Cie du chemin de fer Métropolitain de Paris.* — Trains *Thomson-double.* Conduites. Avaries.....	717
	VII. *Cie du chemin de fer Métropolitain.* — Matériel *Sprague multiple*.....	723
	VIII. *Cie du chemin de fer Métropolitain.* — Mesures à prendre en cas d'avaries au frein à air comprimé.....	727
	IX. Principaux dérangements pouvant survenir aux dynamos en fonctionnement.....	733
	X. Tableau donnant le nombre de tours que font par minute les roues motrices d'une voiture marchant à une vitesse donnée.....	735
	XI. Relevé des observations portées sur le livre de bord d'une automobile à pétrole.....	736
	XII. Organisation et fonctionnement d'un service d'autobus, de camions ou de fiacres automobiles.....	741
	XIII. Premiers soins à donner aux victimes d'accidents dûs à l'électricité.....	750
	XIV. Questions à poser aux examens d'admission des mécaniciens-wattmen.....	753
TABLEAU	I. Symboles et signes conventionnels adoptés par les électriciens.....	767
	II. Signes conventionnels généraux.....	768
	III. Schéma d'une installation électrique.....	771
	IV. Mesure des surfaces et des volumes.....	772
ERRATUM.....		XV

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ABRÉVIATIONS EMPLOYÉES

m	mètre.	w-h	watt-heure.
m^2	— carré.	kw-h	kilowatt-heure.
m^3	— cube.	f. é. m	force électromotrice.
cm	centimètre.	f. c. é. m	force contre-électromotrice.
cm^2	— carré.	E, *e*	force électromotrice.
mm	millimètre.	I, *i*	intensité.
mm^2	— carré.	R, *r*	résistance
km	kilomètre.	Ry	railway (chemin à rails).
g	gramme.	HP	haute pression.
kg	kilogramme.	BP	basse pression.
kgm	kilogrammètre.	T. H	*Cie Thomson-Houston.*
t	tonne.	D. B	*Ets de Dion-Bouton.*
chx	chevaux-vapeur.	P. L	*— Panhard-Levassor.*
c	calorie.	G. A	*— Grouvelle et Arquembourg*
0/0	pour cent.	MaB	*— Malicet et Blin.*
H. L. P.	haut-le-pied.	S. B	*— Simms et Bosch.*
amp	ampère.	F. L	*— de Fives-Lille.*
v	volt.	S. A	*Soc^te Alsacienne de constructions mécaniques.*
w	watt.	C. G. O	*Cie G^le des Omnibus de Paris*
kw	kilowatt.		
amp-h	ampère-heure.		

PUBLICATIONS ET OUVRAGES CONSULTÉS

Dunod et Pinat : La Technique Automobile ; La Vie Automobile ; Le Poids Lourd.
Dr Bommier : Le Bréviaire du Chauffeur.
Marchis : Leçons sur l'Automobile.
Monmerqué : Contrôle des installations électriques.
J. Fischer-Hinnen : Les Dynamos à courant continu.
Janet : Premiers principes d'électricité.
L. Pierre-Guédon : Le Mécanicien de chemins de fer.
Le de Dion-Bouton.
La Locomotion Automobile (L. A.).
La Revue d'électricité.
L'Éclairage électrique.
Album-Catalogue Nilmelior ;
— — Société Le Carbone ;
— — Panhard-Levassor ;
— — Darracq-Serpollet ;
— — Malicet et Blin ;
— — de la Société Westinghouse :
— — Simms-Bosch ;
— — Longuemarre.
Mémento Pratique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ERRATUM

Page 740, ligne 22,
Au lieu de : Rectifié les *Porée*,
Lire : Rectifié les *portées*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LE

MÉCANICIEN-WATTMAN

APERÇU HISTORIQUE [1]

Le premier véhicule automobile de poids lourd a été le fardier à vapeur de Cugnot (*fig.* 1), qui est au Conservatoire des Arts et Métiers à Paris, et dont la description a été donnée bien des fois, et notamment dans l'ouvrage de M. Pierre Souvestre, *Histoire de l'Automobile*.

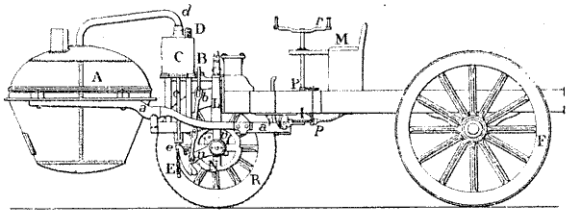


Fig. 1. — Fardier de Cugnot.

A, chaudière; B, balancier; C, cylindres (il y en a deux placés à côté l'un de l'autre); C, tiroir rotatif à quatre orifices commandé par les tiges de pistons; E, chaine reliée à la tige de piston *c* et actionnant la roue R par l'intermédiaire du bras *n* et de la roue N; N, roue à encoches; I, P, longerons en bois; *ava'*, cadre en fer forgé supportant la chaudière; L, chape assemblée avec la barre *aa'*; R, roue motrice-directrice; *v*, pièce de suspension du bâti sur l'essieu; I, *p*, secteur et roue dentés de direction; *r*, manette de direction; M, siège du conducteur.

La légende qui accompagne la figure dispense de toute description. D'après un journal de l'époque, ce fardier put faire

[1] On ne traitera pas ici de la Locomotive a vapeur, qui a fait l'objet d'un précédent ouvrage : Le Mécanicien de chemin de fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le trajet de Paris à Vincennes avec une charge de 6 milliers et demi, soit 3.250 kg.

Vers 1800, Richard Trévithick, contremaître mécanicien dans une usine de Cornouailles, construisit une sorte de petit omnibus (*fig.* 2) qui pouvait transporter huit personnes, et qui circula quelque temps sur les routes avoisinant Londres; mais peu après, Trévithick délaissa la traction sur route pour s'occuper de chemins de fer (il est le véritable créateur de la locomotive), et ce n'est qu'en 1825 que le problème des omnibus automobiles fut repris en Angleterre par Church, Gordon, Gurney, Hancock, etc. (*fig.* 3 et 4).

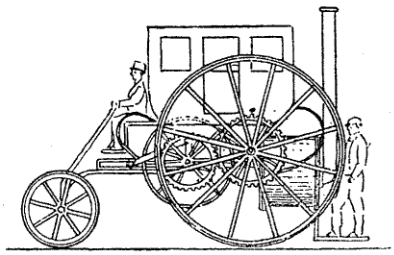


Fig. 2. — Omnibus de Trévithick.

Ces Inventeurs obtinrent des résultats remarquables : en 1831, notamment, un service régulier de voyageurs fut inauguré entre Gloucester et Cheltenham au moyen de trois voitures à vapeur, construites par Gurney; et, peu après, Hancock établissait un tracteur qui pouvait remorquer quatre omnibus ou diligences contenant en tout 50 voyageurs, et qui fut mis en service entre Londres et Greenwich.

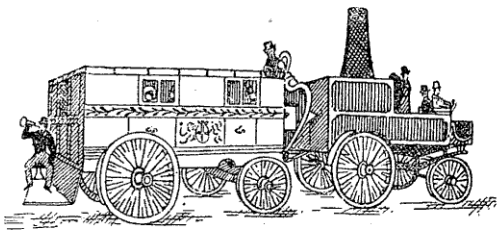


Fig. 3. — Tracteur de Gurney.

Les gros véhicules automobiles se seraient certainement développés d'une façon prodigieuse en Grande-Bretagne, sans les mesures restrictives que le Parlement prit sous la pression des Compagnies de chemins de fer, qui redoutaient la concur-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rence de ce mode de transport; ces mesures arrêtèrent totalement l'essor de cette industrie et même l'exploitation des services existants.

Un autre problème, celui des véhicules automobiles de chemins de fer, fut étudié vers 1847 en Angleterre, où le



Fig. 4. — « The Automathon » de Hancock.

« Eastern Counties Ry » mit en circulation une voiture automobile à vapeur, qui servit d'abord pour l'inspection des lignes et fut affectée ensuite à un service de voyageurs; elle pouvait contenir 8 à 10 personnes et marchait à la vitesse de 25 km environ à l'heure. Une voiture contenant 80 places, l'*Enfield*,

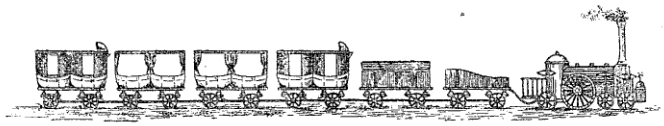


Fig. 5. — Tracteur de Charles Dietz.

fut mise en service l'année suivante sur le même réseau, et reproduite à plusieurs exemplaires.

En France, il faut arriver à l'année 1835 pour voir le premier véhicule automobile de poids lourd (après celui de Cugnot) circuler sur nos routes; construit par Charles Dietz,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mécanicien à Paris, il fit, le 26 septembre de cette même année, le voyage de Paris à Saint-Germain aller et retour en une heure et demie, soit à la vitesse moyenne de 20 km à l'heure. C'était un tracteur (*fig.* 5), qui était porté par *trois paires de roues* guidées dans des glissières ou plaques de garde, comme dans les véhicules de chemins de fer.

Lotz, de Nantes, construisit, de 1856 à 1865, différents types de véhicules à vapeur : locomotives routières pour l'agriculture et le transport du matériel de guerre, et omnibus à voyageurs (*fig.* 6) : ces derniers firent en 1865 un service régulier entre Nantes et Niort et Nantes et Clisson. Albaret, de Liancourt, construisait également vers la même époque des locomotives routières, et aussi des rouleaux compresseurs pour le cylindrage des routes, deux spécialités qui ont établi la réputation de sa maison.

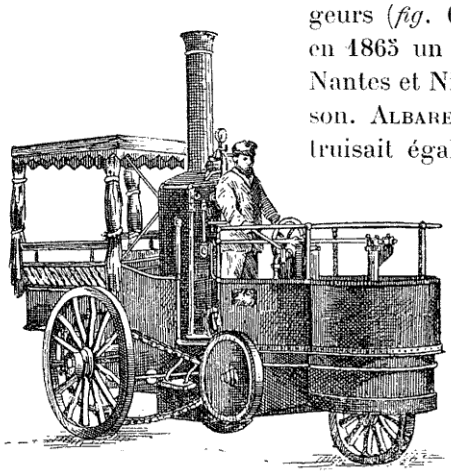


Fig. 6. — Automobile routière de Lotz.

En 1870, Ernest Michaux (l'inventeur de la pédale de vélocipède) construisit un tracteur avec lequel il fit le trajet de Paris à Saint-Germain aller et retour, en remorquant un break qui contenait 10 personnes. La même année, il effectua en sept heures, soit à une vitesse moyenne de 18 km, le parcours de Paris à Rouen, et, en 1871, il alla avec le même tracteur, remorquant le même break, de Paris à Marseille.

M. Amédée Bollée, du Mans, prit en 1873 un brevet pour un avant-train à deux pivots, et il construisit sur ce principe un grand break de chasse muni d'un mécanisme moteur double, avec coulisse de Stephenson, d'une puissance de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

20 chx, qui était alimenté de vapeur par une chaudière Field placée à l'arrière. Cette voiture portait 12 voyageurs et pesait 4.800 kg en ordre de marche ; en 1875, elle fit dans d'excellentes conditions le trajet du Mans à Paris, atteignant jusqu'à 20 km en palier. Une autre voiture Bollée fit, quatre ans après, le parcours de Paris à Vienne (Autriche), et un omnibus de 30 chx du même constructeur (*fig.* 7), établi en 1880, prit part au concours de Paris-Bordeaux en 1895 et y obtint un prix.

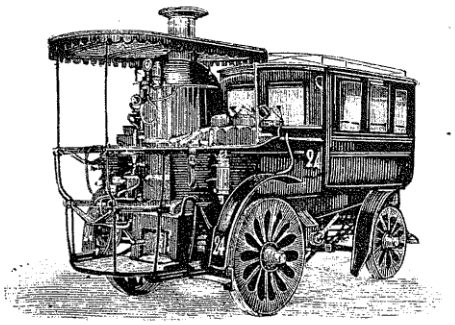


Fig. 7. — « La Nouvelle » de Amédée Bollée.

A la course précédente de Paris-Rouen, en 1894, avait pris part un tracteur à vapeur de 10 chx de Dion-Bouton, qui construisirent peu après un tracteur plus puissant pouvant remorquer une « pauline » de courses de 30 places. Des omnibus et des camions à vapeur furent ensuite établis par cette maison, qui, en 1899, commença à employer pour actionner ces gros véhicules des moteurs à pétrole, dans la construction desquels elle s'était distinguée d'une façon si ingénieuse et si pratique déjà, avec son moteur de tricycle datant de 1895. Également dans Paris-Rouen, Léon Serpollet figurait avec deux véhicules et Scotte avec un véhicule à vapeur.

Enfin la plupart des premières maisons de construction de voitures automobiles, Panhard-Levassor, Peugeot, etc., se mirent aussi à établir des véhicules de poids lourds à pétrole (le premier omnibus à pétrole a été construit par Panhard et Levassor en 1897), comme un grand nombre de celles fondées dans la suite : Brillié, Berliet, Cohendet... ; aussi cette industrie a-t-elle pris un essor considérable, et chaque jour,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous la poussée de tant d'efforts intelligents et soutenus, des progrès sont réalisés dans l'établissement et la construction de ces véhicules, qui circulent aujourd'hui en nombre déjà considérable en France.

Il faut noter encore, comme ayant grandement favorisé ce développement, l'application de l'avant-train à deux pivots réalisée par JEANTAUD en 1881, qui permet aux roues d'être braquées sous des angles différents, de manière que dans les virages les quatre roues aient un centre commun de braquement.

Entre temps, d'autres ingénieurs s'occupaient de la traction mécanique des tramways, et M. MÉKARSKI établissait en 1875 une voiture de tramway à air comprimé, qui était mise aussitôt en essai sur différentes lignes de la Compagnie des « Tramways Nord » à Paris. Le même système fut appliqué en 1879 aux tramways de Nantes; la partie mécanique de l'installation en fut faite par LOTZ-BRISSONNEAU, de Nantes.

BOLLÉE lui-même, en collaboration avec DALIFOL, faisait en 1876 des essais de traction mécanique sur les voies de la Compagnie générale des Omnibus de Paris, avec une automotrice à vapeur à 50 places.

Les véhicules Serpollet, avec leur générateur à vaporisation instantanée, datent de 1887, et la première application aux tramways d'un générateur basé sur ce principe fut faite en 1894; en 1898, M. Serpollet appliqua à un générateur semblable le chauffage aux huiles lourdes, dont il munit aussi presque aussitôt une voiture de livraison. Les véhicules lourds, omnibus et camions, DARRACQ-SERPOLLET, sont chauffés aujourd'hui au pétrole ou à l'huile de schiste d'Autun.

M. PURREY a commencé à construire des voitures automobiles de tramways en 1887; aujourd'hui, le système de cet inventeur, essayé à Paris en 1897, est très employé par diverses compagnies de tramways et de chemins de fer comme automotrices sur rails, et par de nombreux industriels comme camions pour le transport de lourdes charges.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Raffard, ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (comme Albaret, Lotz...), équipait en 1881, au moyen d'accumulateurs et de moteurs électriques, une voiture-tramway de 50 places de la Compagnie des Omnibus de Paris, avec laquelle il effectuait, entre la place de la Nation et Montreuil, divers parcours qui montrèrent la maniabilité du système; en 1883, avec des accumulateurs Faure, la même voiture (*fig.* 8) put effectuer d'une seule traite le trajet aller et

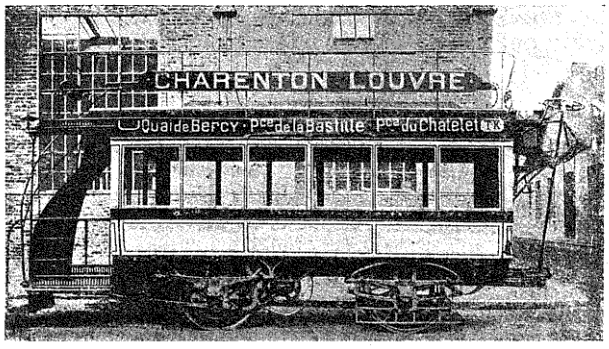


Fig. 8. — Tramcar électrique Raffard.

retour de la place de la Nation (Paris) à Versailles (47 km).

(Raffard est aussi l'inventeur du joint qui porte son nom, joint employé dans quelques groupements électro-moteurs d'automobiles.)

Une autre application de la traction électrique par accumulateurs a été faite, en 1900, par Mildé, à un camion de 22 t de la raffinerie Say, puis à des fourgons postaux en 1898; Kriéger a appliqué à des camions et voitures de livraisons le système mixte dit *pétroléo-électrique;* enfin des services d'omnibus électriques par fil aérien et *trolley* automobile système Lombard-Gérin fonctionnent depuis 1901 à Fontainebleau et depuis 1902 à Marseille, après la démonstration faite de l'excellence du système à l'Exposition de Paris 1900.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La traction automobile électrique a réussi plus brillamment sur les tramways et les chemins de fer. Après l'essai fait à l'exposition d'électricité de Paris en 1881 par la Maison Siemens, la première ligne de tramway électrique par fil aérien installée en France a été celle de Clermont-Ferrand à Royat, établie en 1890 par le grand entrepreneur lyonnais Claret, qui a aussi construit la première ligne à plots : celle de Paris à Romainville (système Vuillemier à distributeurs); le système Diatto à plots indépendants a été appliqué à Tours en 1899.

Les systèmes de traction électrique à accumulateurs et à caniveau ont été appliqués en service régulier, le premier en 1892 sur la ligne de tramway de Paris à Saint-Denis, et le second sur une partie de la ligne de Paris (Bastille) à Charenton en 1898. Enfin, des systèmes mixtes à accumulateurs et à conducteurs aérien ou souterrain sont encore employés sur un assez grand nombre de lignes.

Du côté des chemins de fer, en dehors de la « Fusée » de J. Heilmann, des véhicules électriques à conducteur aérien ont été mis en service entre la gare de Saint-Germain-en-Laye et celle de Saint-Germain-Ceinture en 1897, puis sur celles de Paris-Orsay à Austerlitz (1900), Paris-Invalides à Versailles (1901), Annemasse au Fayet (1900), etc. Le système pétroléo-électrique a été appliqué par la firme de Dion-Bouton à des voitures de chemins de fer hongrois et fonctionne aussi dans d'autres pays ; le système à accumulateurs a reçu des applications principalement en Italie.

Les divers systèmes de traction : à vapeur, à pétrole ou électriques, appliqués aux véhicules sur routes, le sont aussi aux voitures automobiles de tramways et de chemins de fer, de sorte qu'une seule description de chaque système sera généralement suffisante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE PREMIER

NOTIONS DE MÉCANIQUE

1. L'établissement des diverses parties des véhicules automobiles est basé sur certains principes dont la connaissance est indispensable aux constructeurs et à tous leurs collaborateurs. Les appareils moteurs et de transmission se perfectionnent sous les efforts incessants des ingénieurs ; mais les principes qui ont servi à les établir et règlent leur fonctionnement sont fixes, invariables, et il est nécessaire que les mécaniciens-conducteurs d'automobiles aient une certaine connaissance de ces notions, qui ont donc leur place ici.

2. La **Mécanique** est la science qui traite du mouvement et de ses causes. Les principales branches de la *Mécanique appliquée* qui trouvent leur application dans l'automobile sont : la *Cinématique*, qui s'occupe principalement des mouvements ; la *Résistance des matériaux*, qui sert à déterminer la forme ou les dimensions les plus avantageuses à donner aux pièces et organes ; la *Construction des machines*, qui embrasse tout un vaste ensemble ; l'*Hydraulique*, etc.

On donne le nom général de *machine* à tout corps ou à tout ensemble de corps destiné à transmettre le travail des forces, ou, plus exactement, à tout appareil ou dispositif capable de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transformer d'une manière régulière et continue une forme quelconque de l'énergie en une autre forme de l'énergie. Parmi les *machines simples* (*fig.* 9 à 11) on peut citer le levier

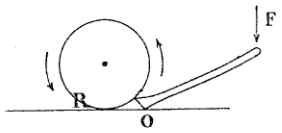


Fig. 9. — Levier du 1er genre.

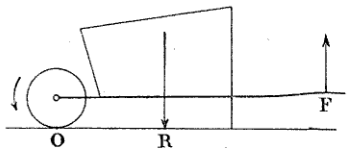


Fig. 10. — Levier du 2e genre

et le coin, et parmi les machines composées, les appareils de levage, les machines-outils, les machines motrices, etc.

Le levier a habituellement la forme d'une barre, droite ou courbe; il est dit du premier, du deuxième ou du troisième genre suivant que le point intermédiaire se trouve être le point d'appui O (*fig.* 9), la résistance R (*fig.* 10), ou la force F (*fig.* 11).

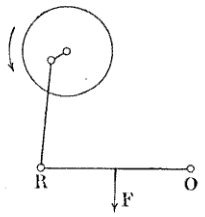


Fig. 11. — Levier du 3e genre.

Les longueurs OF, OR s'appellent les bras de levier de la force et de la résistance; pour que le système soit en équilibre, il faut que ces forces (la résistance est également une force) soient dans le rapport inverse de leurs bras de levier, — par exemple dans le rapport de 2 à 1 si les bras de levier sont dans le rapport de 1 à 2.

3. Le ***mouvement*** est l'état d'un corps qui change de position dans l'espace sous l'action d'une cause ou force extérieure. Le mouvement peut être rectiligne ou circulaire, continu ou alternatif, uniforme, retardé, accéléré, etc.

En mécanique, les mouvements sont en général considérés par rapport au temps; le rapport du déplacement du mobile (exprimé en mètres) au temps correspondant (exprimé en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

secondes) constitue la ***vitesse*** de déplacement du corps. Un organe de machine-outil qui parcourt 2 m en 10 secondes possède une vitesse moyenne de 0,20 m par seconde. Dans certains cas de translation, comme dans les chemins de fer et les transports automobiles, la vitesse s'exprime en kilomètres par heure ; elle est alors égale à la vitesse du véhicule par seconde, multipliée par le nombre de secondes renfermé dans une heure, c'est-à-dire par 3.600. Ainsi la vitesse, par heure, d'un véhicule qui parcourt 10 m par seconde, est de :

$$10 \times 3.600 = 36.000 \text{ m ou } 36 \text{ km.}$$

Le mobile ou le véhicule peuvent se déplacer d'un *mouvement uniforme*, les divers chemins parcourus étant proportionnels aux temps correspondants ; c'est souvent le cas lorsque la marche a lieu en profil régulier, l'effort du moteur et sa vitesse étant constants, ou bien lorsque le moteur, dans les véhicules à pétrole, est muni d'un régulateur de vitesse très sensible (c'est aussi le cas dans les véhicules électriques munis d'un moteur-série) : chaque hectomètre ci-dessus sera parcouru alors en 10 secondes. Le mouvement peut être, aussi, *accéléré* ou *retardé*, d'une manière uniforme ou au contraire irrégulière ; c'est ce dernier cas qui se présente généralement dans la marche d'une voiture automobile de chemin de fer : en rampe, par exemple, la vitesse peut n'être que de 20 km par heure en moyenne, plus faible encore à la fin de la montée qu'au commencement ; en pente, cette vitesse peut s'élever à 50 km, et enfin varier entre ces deux limites dans les autres parties du parcours. — On appelle *accélération* la quantité constante dont la vitesse d'un mobile animé d'un mouvement uniformément varié croît ou décroît dans l'unité de temps, c'est-à-dire dans une seconde, sous l'action d'une force extérieure. L'accélération est positive ou négative, suivant que la vitesse du mobile augmente ou diminue sous l'influence de l'effort.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La ligne $Oa'b'$ de la figure 12 représente la loi du *mouvement uniforme*, les temps Oa, Ob, portés en abscisses étant proportionnels aux espaces aa', bb' portés en ordonnées.

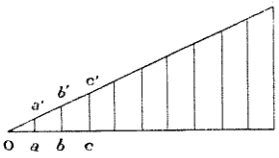


Fig. 12. — Représentation du mouvement uniforme.

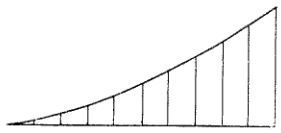


Fig. 13. — Représentation du mouvement accéléré.

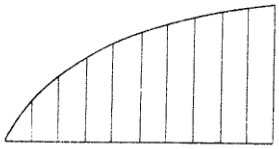


Fig. 14. — Représentation du mouvement retardé.

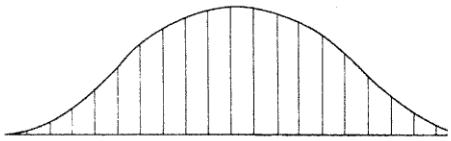


Fig. 15. — Mouvement accéléré, puis retardé.

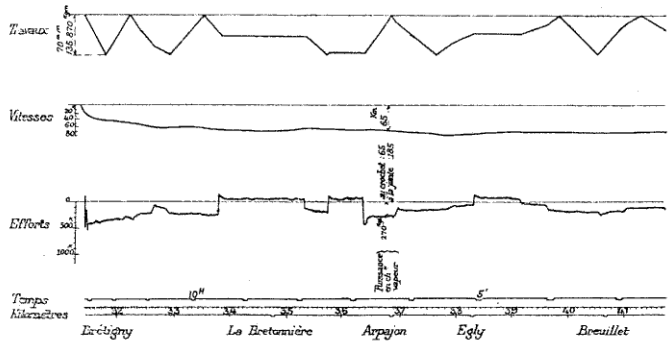


Fig. 16. — Représentation des vitesses et des efforts développés dans la marche d'un train.

La ligne courbe (*fig.* 13) représente un mouvement accéléré, où les espaces parcourus dans des temps égaux vont en croissant, et la courbe (*fig.* 14) un mouvement *retardé*, où

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est le contraire qui a lieu. Enfin la courbe de la figure 15 représente un mouvement d'abord accéléré, puis retardé : c'est la loi du mouvement du piston d'une machine dont l'arbre moteur tourne d'un mouvement régulier. On y voit que la vitesse du piston, partant de zéro, croît dans la première moitié de chaque course, puis décroît dans la seconde moitié, à la fin de laquelle elle tombe de nouveau à zéro.

Les variations de vitesse peuvent être indiquées à tout moment au conducteur d'un véhicule par des appareils : chronotachymètres ou autres, placés à sa vue et comprenant un mécanisme actionné par un organe du véhicule et occasionnant, par exemple, le déplacement d'une aiguille sur un cadran gradué. Les vitesses peuvent être aussi enregistrées sur une bande de papier se déroulant sous l'action d'un mécanisme d'horlogerie (*fig.* 16). Les appareils enregistreurs permettent de déterminer exactement :

La *vitesse commerciale* du véhicule, qui est le quotient du chemin parcouru entre les deux points extrêmes du parcours (en kilomètres) par la durée totale du trajet (en heures et fractions d'heure) ;

La *vitesse moyenne de marche*, pour le calcul de laquelle on déduit de la durée du trajet celle des stationnements ;

La *vitesse moyenne de pleine marche*, dans laquelle n'entrent pas en compte les pertes de temps occasionnées par les divers ralentissements aux démarrages et arrêts, et les réductions de vitesse au passage de certaines courbes ou autres points dangereux du parcours ;

Enfin, les *vitesses réelles de marche à tout instant*, qui se lisent facilement sur la feuille, laquelle montre aussi les travaux et les efforts développés correspondants.

Dans les moteurs à piston, l'organe soumis aux plus grandes variations d'allure est le piston lui-même, dont la vitesse linéaire, dans une course, passe graduellement de zéro (commencement de la course) à un maximum (milieu de la course environ), puis redescend graduellement à zéro (fin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la course, où le mouvement change de sens). Pour un moteur à pétrole de 100 mm de course tournant à 1.500 tours par minute, le chemin total parcouru pendant ce temps de 1 minute par le piston à raison de deux courses (une d'aller, l'autre de retour) par tour de l'arbre manivelle est de :

$$0{,}100 \times 2 \times 1.500 = 300 \text{ m.}$$

La vitesse moyenne par seconde est par suite de :

$$300 : 60 = 5 \text{ m.}$$

La vitesse maximum est à peu près le double de ce chiffre, de sorte qu'à chaque course la vitesse réelle varie entre zéro et 10 m environ par seconde, d'une façon régulièrement croissante dans la première moitié environ de la course et régulièrement décroissante dans la seconde moitié. — La vitesse moyenne de piston paraissant donner les meilleurs résultats, avec un bon allumage, est celle de 6,50 m.

L'expression de *vitesse angulaire* se rapporte aux organes animés d'un mouvement de rotation. On entend par cette expression la vitesse linéaire par seconde possédée par tout point situé à 1 m du centre de rotation. On donne parfois aussi le nom de vitesse angulaire au nombre de tours effectué en une minute par un organe à mouvement rotatif, un arbre vilebrequin par exemple. Les organes à mouvement rotatif continu des moteurs à pétrole ont une vitesse angulaire généralement très régulière dans la marche en régime, c'est-à-dire dans la marche à une allure constante donnée. Cette régularité est d'abord assurée par le régulateur, qui agit sur la quantité ou la richesse du mélange entrant dans le cylindre, puis par le volant, qui agit par sa masse, reportée pour une grande proportion à la jante, pour absorber du travail dans les moments d'accélération et le restituer dans les ralentissements. L'emploi de plusieurs cylindres régularise aussi le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travail et la vitesse, principalement dans les moteurs à vapeur, où les manivelles sont calées dans les meilleures positions à cet égard, ce qui dispense d'ailleurs de munir ces moteurs de régulateur.

4. On appelle ***force*** toute cause qui modifie ou tend à modifier l'état de repos ou de mouvement d'un corps (1); les forces sont comparables à des poids et leur intensité s'évalue en kilogrammes. Ainsi, on dit, par exemple, que la vapeur exerce sur un piston un effort ou une force de 10 kg par cm^2 de surface de ce piston (2); que les fusées des essieux d'un véhicule reçoivent de la part du châssis et de la caisse qu'ils supportent une charge ou un effort de 5 ou 10 kg par cm^2 de projection horizontale, etc.

L'*inertie*, qui est la tendance que les corps ont à conserver leur état de repos ou de mouvement, constitue une force, qui agit comme résistance lorsque les corps sont au repos, et comme puissance quand ils sont en mouvement.

Les forces d'inertie se développent dans les organes dont la vitesse varie, bielles et pistons principalement, où cette vitesse passe dans un tour de manivelle deux fois par un maximum (piston à mi-course) et deux fois par un minimum (piston à fond de course), en changeant encore deux fois de sens. La force d'inertie est utilisée dans les machines sous forme de volants pour régulariser la vitesse de rotation. La puissance vive emmagasinée dans le volant est égale au produit de sa masse par la distance du centre de gravité au centre de rotation et par le carré de la vitesse angulaire.

La force centrifuge se développe également dans le mouvement de rotation; elle tend à éloigner du centre de rotation les diverses parties des corps soumis à cette force, avec une intensité qui augmente avec leur vitesse.

(1) Nous empruntons une partie de ces définitions à notre précédent ouvrage *le Mécanicien de chemin de fer*.

(2) Voir en appendice le tableau des principales unités mécaniques et électriques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque plusieurs forces agissent sur un corps, on peut parfois les combiner et les remplacer par une force unique, qui constitue la *composante* de ces forces. Si, par exemple, deux forces F′, F″ (*fig.* 17) agissent en un même point O d'un corps, suivant les directions des flèches et avec des intensités représentées par les grandeurs des lignes OF′, OF″, le mouvement qu'elles impriment au corps sera le même que si elles étaient remplacées par une force unique F, dont la direction et l'intensité seraient figurées par la diagonale OF du parallélogramme construit sur OF′ et OF″.

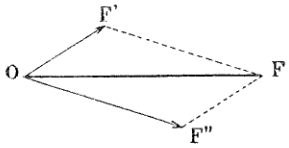
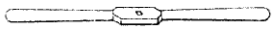


Fig. 17. — Composition des forces et des vitesses.

On peut aussi considérer un corps soumis à l'action de la *gravité* ou *pesanteur*, laquelle est une force qui tend à attirer les corps vers le centre de la terre ; les molécules du corps sont des forces verticales parallèles, dirigées de haut en bas, et leur ensemble constitue le poids du corps. Toutes ces forces parallèles pourraient être considérées comme remplacées par une force unique égale au poids total du corps et appliquée à son centre de gravité, point où toute la masse du corps est supposée concentrée.

Inversement, une force donnée peut se décomposer en plusieurs autres d'intensité et de direction différentes.

La composition des forces et leur remplacement par une force unique ne sont pas toujours possibles : c'est le cas de deux forces parallèles de sens contraire agissant perpendiculairement aux extrémités d'un diamètre, — ce qu'on dénomme un *couple*. On démontre en mécanique qu'un couple appliqué à un corps solide et en repos ne saurait déplacer son centre de gravité, et qu'il ne peut imprimer à ce corps qu'un mouvement de rotation autour d'un axe passant par ce centre. Un couple semblable est réalisé dans les moteurs des


Fig. 18. — Tourne-à-gauche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

véhicules électriques ; ou encore lorsqu'on actionne avec une égale intensité et à égale distance de l'axe les deux branches d'un tourne-à-gauche (*fig.* 18) ou les barres opposées d'un cabestan (*fig.* 19), en agissant toujours bien normalement aux branches ; la valeur du couple est égale à la somme des deux forces multipliée par le rayon qui constitue leur bras de levier commun.

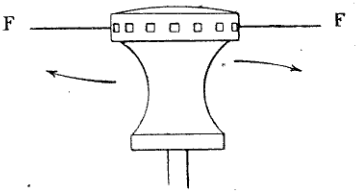


FIG. 19. — Cabestan.

Le couple moteur, ou *moment moteur*, s'entend de l'effort exercé par l'organe moteur d'une machine, multiplié par le chemin parcouru par cet organe dans une seconde.

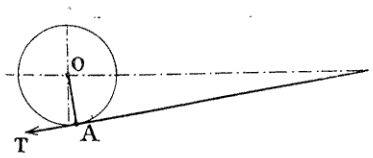


FIG. 20. — Moment d'une force.

Le moment d'une force par rapport à un point est le produit de cette force T par la perpendiculaire OA abaissée du point considéré sur la direction de la force (*fig.* 20).

5. Une force donne lieu à un ***travail*** lorsque l'effort qu'elle exerce occasionne le déplacement du corps ; le travail s'exprime en kilogrammètres et il est égal au produit de l'effort exercé, exprimé en kilogrammes, par le chemin parcouru par le point d'application de la force suivant sa propre direction, exprimé en mètres. Ainsi un effort de 100 kg, exercé suivant la direction du chemin parcouru sur une longueur de 10 m, donne un travail de 1.000 kgm.

Pour se rendre un compte exact de l'importance du travail d'une force, il faut encore considérer le temps d'application ; l'unité de temps est la seconde et le travail d'une force est le nombre de kilogrammètres produits en une seconde. Le travail en une heure est évidemment 3.600 fois plus élevé ; ainsi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un cheval-heure égale 75 kgm × 3.600 secondes, soit 270.000 kgm. Un moteur, dont le piston a une section de 100 cm² et qui est soumis à une pression continue moyenne de 3 kg par cm², et se déplace avec une vitesse moyenne de 4 m par seconde, effectue un travail de :

$$100 \times 3 \times 4 = 1.200 \text{ kgm} \qquad \text{ou} \qquad \frac{1.200}{75} = 16 \text{ chx.}$$

Ce travail, effectué pendant 1 heure, donnerait 16 chx-heure, et pendant 10 heures 160 chx-h.

Le travail produit sur le piston d'un véhicule automobile n'est pas transmis entièrement aux roues : le frottement du piston dans le cylindre, celui des articulations de la bielle, puis le frottement de l'arbre-manivelle dans ses paliers, en absorbent une première partie, et ce dernier arbre ne reçoit que les 85/100 environ du travail sur le piston ; les transmissions qui existent ensuite jusqu'aux roues absorbent encore une fraction importante du travail, et finalement celui qui est appliqué à la jante n'est que les 60/100 environ du travail initial. Le premier chiffre de 85/100 ci-dessus est le rendement mécanique ou organique du moteur, le second est le rendement de l'ensemble, celui de la transmission étant lui-même de

$$60 : 85 = 70\ 0/0 \text{ environ.}$$

6. Un moteur est établi pour un travail déterminé, qui constitue sa ***puissance*** nominale : en dessous, il travaille à une fraction de sa charge, 2/3 ou 3/4 par exemple ; en dessus, il travaille en surcharge. Pour les véhicules à vapeur, leur puissance nominale est celle qui correspond au plus grand travail que peut fournir pendant plusieurs heures le moteur sans que le générateur se trouve trop poussé. Pour les véhicules à pétrole, comme pour les moteurs à gaz, la puissance nominale est celle qui correspond, à peu près, au fonctionnement le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus économique; ce fonctionnement est celui où un poids donné d'essence fournit le plus grand travail : le plus généralement on dit que c'est en développant cette puissance que la consommation du moteur par cheval est le plus faible. Ainsi un moteur de 10 chx dépensera par exemple 400 gr d'essence par cheval effectif et par heure lorsqu'il produira un travail de 10 chx, tandis que cette consommation sera supérieure et pourra s'élever à 450 gr par cheval-heure pour un travail de 12 chx et à 500 gr pour un travail de 7 chx.

7. Cette consommation par cheval effectif, c'est-à-dire par cheval produit sur l'arbre-manivelle (le cheval indiqué est celui qui est produit sur le piston : il s'obtient au moyen du diagramme des pressions dans le cylindre, qu'on relève au moyen de l'appareil appelé *indicateur*), permet de déduire le **rendement** global du moteur, par la considération de l'*équivalence calorifique du travail et de la chaleur*. Cette équivalence est déduite de ce fait que, chaque fois qu'il y a un travail accompli, il y a une disparition correspondante de calorique : des mesures nombreuses et précises ont montré qu'une disparition de 1 calorie (qui est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température de 1 kg d'eau pure, correspond à un travail effectué de 426 kgm. Or 1 kg d'essence à 700° renferme en nombre rond 10.000 calories, qui correspondent à $426 \times 10.000 = 4.260.000$ kgm ; 0,400 kg d'essence correspondent donc à $4.260.000 \times 0,400 = 1.704.000$ kgm. On a vu plus haut que 1 cheval-heure équivaut à 270.000 kgm ; le *rendement du moteur sur l'arbre*, lorsqu'il consomme 0,400 kg d'essence par cheval-heure, est donc de :

$$\frac{270.000}{1.704.000} = 0,152.$$

Le *rendement calorifique*, dans le cylindre, est évidemment plus fort ; avec un rendement organique du moteur de 0,80, il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

atteint 0,152 : 0,80 = 0.19. Ce rendement est relativement élevé; celui du moteur à vapeur d'automobile avec sa chaudière n'atteint pas la moitié de ce chiffre.

Le rendement calorifique est donné aussi par la formule $\frac{T - T'}{T}$, où T est la *température absolue* (égale au chiffre de la température centigrade augmentée du nombre 273) du mélange au moment de l'explosion, et T' la température absolue de ce même mélange à la fin de la détente. Le rendement est donc d'autant plus élevé que la première température est plus élevée elle-même et qu'au contraire la seconde est plus basse, la chute de température étant supposée obtenue par la détente et le travail des gaz. Pour avoir une température élevée au moment de l'explosion, il convient d'abord d'avoir une forte compression, parce que la compression dégage de la chaleur (toute détente, au contraire, absorbe de la chaleur et produit du froid), et c'est ainsi que les compressions élevées sont économiques; il faut ensuite ne refroidir le cylindre que de la quantité nécessaire pour que l'huile de graissage ne se décompose pas et ne perde pas de ses propriétés lubrifiantes. Cette considération a poussé les constructeurs d'automobiles à demander des huiles de graissage résistant de plus en plus aux températures élevées; le refroidissement est réglé en proportion inverse de la qualité de l'huile et limité sensiblement au minimum dans chaque cas ; il absorbe encore cependant jusqu'à 30 0/0 des calories développées par l'explosion, les gaz d'échappement en emportant de leur côté environ 20 0/0. On abaisse le plus possible la température de ces derniers en poussant la détente à une valeur aussi voisine que possible de la pression atmosphérique.

La température des gaz au moment de l'explosion atteint 1.600° environ; si cette température, par le fait de leur détente seule, s'abaissait à 200° C, le rendement calorifique du moteur serait de 0,74. Mais on conçoit qu'une pareille tempé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rature de 1.600° détériorerait immédiatement le cylindre, le piston et les soupapes ; aussi est-il indispensable de refroidir ces organes. On a remarqué d'ailleurs qu'à partir d'une certaine température le rendement n'augmente plus, la somme des pertes par refroidissement et par l'échappement devenant constante.

Dans les moteurs à vapeur surchauffée, la température de la vapeur à son entrée dans les cylindres ne dépasse pas habituellement 350° C. ; à l'échappement, quand il se fait à l'air libre, cette température n'est pas inférieure à 110° ; dans ces conditions, le rendement calorifique est seulement de :

$$\frac{350 + 273 - (110 + 273)}{350 + 273} = 0{,}38.$$

Les pertes de chaleur intérieures et extérieures et l'insuffisance de la détente réduisent ce rendement de moitié environ ; d'autre part, le rendement du générateur n'est guère que de 50 0/0, de sorte que le rendement calorifique final n'est pas supérieur lui-même à 10 0/0. On verra que les organes, par leur frottement, absorbent encore un travail important qui diminue d'autant le travail réellement disponible.

8. La ***chaleur*** est due, suivant la théorie généralement admise, à un mouvement vibratoire très rapide des atomes des corps, sous l'influence de diverses causes : ce serait donc une forme du mouvement ; suivant une théorie plus récente, la source de la chaleur serait l'électricité.

La chaleur se propage en ligne droite et dans tous les sens avec une intensité qui varie en raison inverse du carré des distances. La température des corps est le degré de chaleur ou de froid relatifs qu'ils possèdent par rapport à la température de la glace fondante. Dans quelques cas, très rares, on considère la température des corps par rapport à celle que posséderait un corps dont les molécules seraient privées tota-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lement d'élasticité, et par suite inertes : cette dernière, qui est le zéro absolu, est à 273° au-dessous du zéro centigrade ; on donne le nom de *température absolue* (on l'a vu plus haut) à la température centigrade augmentée de ce chiffre 273.

La température des corps se mesure, entre zéro et 100° et parfois au-dessus dans certaines circonstances, au moyen du thermomètre à mercure à division centigrade, où le zéro correspond à la glace fondante, et le chiffre 100 à la température de l'eau bouillante (sous une pression barométrique de 760 mm). Pour les températures élevées, on fait usage de pyromètres métalliques ou autres. Les manomètres métalliques peuvent aussi servir à mesurer la température des vapeurs saturées par la connaissance de la relation qui existe entre ces températures et les pressions de la vapeur (voir Note I en appendice).

La chaleur produit différents effets sur les corps, suivant leur état, leur composition, leur *conductibilité ;* cette dernière est la propriété que possèdent les corps de se laisser pénétrer plus ou moins facilement par la chaleur. Les corps sont qualifiés *bons* ou *mauvais conducteurs* suivant leur plus ou moins de facilité à absorber ou à laisser passer la chaleur ; parmi les premiers se placent d'abord les métaux, qui ont leurs molécules très serrées ; et parmi les seconds, les matières fibreuses, la soie, la laine, les matières végétales, la suie, etc., qui présentent des vides entre leurs parties.

La chaleur augmente le volume des corps en proportion de leur *coefficient de dilatation*, qui est la quantité dont ce volume s'accroît sous l'influence d'une augmentation de température de 1°.

La *chaleur spécifique* ou *capacité calorifique* d'un corps est le nombre de calories nécessaires pour élever de 1° la température de 1 kg de ce corps ; la *calorie*, qui est la chaleur spécifique de l'eau pure, est l'unité de chaleur. La chaleur spécifique de la vapeur saturée sèche est de 0,475 c et celle de la vapeur surchauffée de 0,60 c ; celle des gaz est très faible : pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'air, par exemple, elle est de moins de 1/4 de calorie, de sorte qu'une faible incorporation de chaleur produit une augmentation sensible de volume (ou de pression, si l'air occupe un espace fermé).

La compression des gaz produit aussi de la chaleur, en même temps qu'une augmentation de pression. Si la compression était isothermique, c'est-à-dire se produisait à température constante, l'augmentation de pression se produirait suivant la loi de Mariotte, la pression du gaz comprimé étant à tout moment en raison inverse de son volume. Ainsi une réduction de volume de moitié doublerait la pression. Lorsque la compression se produit d'une façon adiabatique, c'est-à-dire sans soustraction de chaleur, la température des gaz augmente pendant la compression, et c'est la cause d'une nouvelle augmentation de la pression. Dans le cas ci-dessus, pour une réduction de moitié, la pression se trouverait, par exemple, triplée. C'est ce qui se produit dans les moteurs à pétrole d'automobiles, où l'échauffement des gaz par les parois à haute température du cylindre vient encore accentuer le phénomène.

9. Les corps peuvent ***changer d'état*** sous l'influence de la chaleur ou du froid, si on les soumet pendant un temps suffisant à l'action d'une source, d'une intensité et d'une température également convenables.

La glace fond, par exemple, à 0°, en se transformant en eau à la même température ; l'eau se transforme elle-même, sous une pression égale à celle de l'atmosphère, en vapeur à 100°, lorsqu'elle a atteint cette température. La température reste constante pendant tout le changement d'état du corps, si bien que la chaleur incorporée au corps pendant la transformation ne sert qu'à produire ce changement d'état. Cette quantité de chaleur est généralement considérable : ainsi 1 kg de glace à 0° absorbe, pour passer à l'état d'eau à la même température, 80 c, soit la quantité suffisante pour porter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ensuite cette eau à 80°. De même, 1 kg d'eau à 100° absorbe, pour passer à l'état de vapeur à la même température, 536 c. La chaleur absorbée ainsi n'est pas sensible au thermomètre, puisqu'il n'y a pas de changement de température : on lui donne le nom de *chaleur latente*. Si la vapeur est séparée de son liquide générateur et qu'on continue à la soumettre à l'action d'un foyer, elle se *surchauffe*, et sa température va sans cesse en augmentant à mesure des calories qu'elle absorbe, sa pression pouvant être indépendante de cette surchauffe. La vapeur est dite *saturée*, au contraire, si elle reste en communication avec le liquide qui lui donne naissance, sa pression reste alors liée à sa température suivant une loi invariable. Le tableau I indique cette relation.

Inversement, si la vapeur revient à l'état d'eau, et l'eau à l'état de glace, elles restituent la chaleur qu'elles avaient absorbée dans leur première transformation.

Tous les liquides ne passent pas à l'état de vapeur à la même température, cela ressort de la définition ci-dessus de la chaleur spécifique ; ainsi l'essence de pétrole à 0,7 de densité émet des vapeurs à 0° ; l'huile de pétrole, à 35° ; l'alcool pur bout à 78°, et le benzol à 81° en commençant à émettre des vapeurs à 18° ; les huiles de graissage, à des températures variant de 200 à 370° environ ; la naphtaline, à 212°, etc.

La vapeur d'eau et tous les gaz sont des fluides élastiques d'une grande expansibilité, expansibilité qui leur donne la propriété d'exercer une certaine pression sur les parois des vases qui les renferment, et aussi sur tous les corps avec lesquels ils sont en contact. C'est cette propriété qui est utilisée dans les machines à vapeur et les moteurs à essence et à alcool pour donner l'impulsion motrice au piston. La pression exercée par les gaz s'exprime en kg par cm^2. Dans les machines à vapeur, cette pression, à l'entrée de la vapeur dans les cylindres, est souvent de 20 kg ; si chaque piston a un diamètre de 100 mm, soit une surface de 78,5 cm^2, il supporte ainsi une pression de 1.570 kg. Dans les moteurs à essence,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la pression du mélange gazeux atteint 15 kg et plus au moment de l'explosion; un piston de 120 mm de diamètre est soumis à ce moment à une pression totale de 1.695 kg.

10. Les ***combustibles*** utilisés dans les véhicules automobiles sont l'anthracite, le coke de gaz, le coke de four, le pétrole, l'essence, l'alcool pur ou carburé, le benzol et la naphtaline.

L'*anthracite* est un charbon dur et compact, produisant peu de cendre et de fumée.

Le *coke* provient de la carbonisation de menus de houilles grasses ou demi-grasses. Le coke de gaz ou de cornue est un sous-produit obtenu dans la fabrication du gaz d'éclairage en distillant en vase clos des houilles grasses et sèches à longue flamme, renfermant jusqu'à 28 et 30 0/0 de matières volatiles. Ce coke est très poreux, et son poids à l'hectolitre est seulement de 40 à 42 kg; éteint à l'étouffée ou bien débarrassé entièrement de son eau d'extinction, il a un pouvoir calorifique de 6.500 à 7.500 c. C'est ce coke qui est généralement employé dans les voitures à vapeur de chemins de fer et de tramways; exceptionnellement, on emploie dans les voitures Rowan du coke métallurgique, qui est obtenu dans des fours à coke. Il est plus dur, et il a une densité et un pouvoir calorifique plus élevés que le coke de gaz, et une moindre teneur en cendres; il est plus dur également à allumer et demande l'emploi du souffleur ou de l'échappement.

Des combustibles liquides provenant du traitement des huiles minérales sont parfois aussi employés au chauffage des générateurs à vapeur.

Dans les véhicules à moteur à explosions, on donne le nom général de *carburants* aux combustibles qui servent à carburer l'air pour produire un mélange combustible et explosif : la gazoline, l'essence de pétrole, le pétrole lampant, l'alcool pur ou carburé, le benzol.

L'*essence de pétrole* employée dans les automobiles a une densité moyenne de 0,680 à 0,700 kg; 1 kg correspond donc

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à un volume de 1 : 0,7, soit 1,430 l. Sa puissance calorifique est de 11.300 environ. Elle est extraite par distillation d'huiles minérales ou d'autres produits.

L'essence émet des vapeurs à la température ordinaire. On la chauffe cependant, en raison du refroidissement causé par son évaporation, en plaçant le carburateur dans le voisinage du cylindre ou de l'échappement pour assurer sa vaporisation complète et son mélange intime avec l'air.

La proportion de vapeurs d'essence et d'air employée en automobile est d'environ $\frac{1}{22}$, soit 1 fois 1/2 la proportion théorique, qui est de $\frac{1}{15}$ en poids.

Le *pétrole* est un composé de carbone et d'hydrogène, qui provient de la distillation d'huiles minérales diverses ; sa densité moyenne est de 0,830 kg et son pouvoir calorifique de 10.500 environ. Il n'émet de vapeur qu'au-dessus de 35° et ne présente pas ainsi les mêmes risques d'incendie que l'essence ; il est employé dans différentes circonstances pour cette raison. En retour, il demande à être chauffé plus que l'essence dans le carburateur.

Les principaux éléments des combustibles sont le carbone et l'hydrogène, qui jouissent de la propriété de produire de la chaleur en s'unissant à l'oxygène de l'air. 1 kg de carbone, en se combinant avec 2,75 kg d'oxygène, donne 3,75 kg d'acide carbonique, et la chaleur dégagée dans la combustion de ce mélange est d'un peu plus de 8.000 calories. Il y a formation d'oxyde de carbone lorsque le carbone se trouve en présence d'une quantité insuffisante d'oxygène ; 1 kg de carbone s'unit alors à 1,375 kg d'oxygène pour former 2,375 kg de produit combustible en dégageant seulement 2.400 c.

L'hydrogène se trouve dans les combustibles principalement uni au carbone sous la forme d'hydrocarbures ; la combustion de 1 kg de ces hydrocarbures produit environ 12.000 calories.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'*alcool* a commencé à être employé dans les moteurs d'automobile en 1899 ; M. Brillié en a rendu l'emploi pratique au moyen de son carburateur à gicleur. La puissance calorifique de l'alcool pur est de 6.700 c au kilogramme, soit 5.340 environ au litre. L'alcool du commerce renferme une proportion d'eau de 10 0/0 ; sa densité est de 0,800 et son point d'ébullition de 78°. On le dénature et on augmente son pouvoir calorifique en le mélangeant avec divers produits avant de l'employer dans les moteurs. On peut l'utiliser pur ou mélangé avec un carburant tel que le benzol, qui est extrait de la houille, et qui augmente sa capacité calorifique en diminuant encore son prix de revient.

C'est de l'alcool carburé à 50 0/0 de benzol (densité 0,825 à 0,830) qui a été employé au début (actuellement c'est du benzol à 90°) dans les autobus de Paris. La capacité calorifique de ce mélange, avec de l'alcool de commerce, est d'un peu plus de 8.000 c par kilogramme. L'alcool ne brûle complètement que dans une quantité d'air égale à 1 fois et demie environ celle théorique, laquelle est de 9 kg ; en cas de combustion incomplète, il y a formation de produits acides qui peuvent attaquer le métal des cylindres et les pistons et soupapes.

Il faut chauffer l'alcool dans le carburateur, car il n'émet pas de vapeurs au-dessous de 17 à 18° ; on utilise à cet effet les vapeurs d'échappement du moteur ou le voisinage des cylindres. En hiver, par les temps très froids, dans un service à départs accélérés, on peut effectuer la mise en route au moyen d'essence pour diminuer le temps de la préparation avant le premier départ.

Tous les véhicules industriels à essence de quelque marque que ce soit peuvent fonctionner aujourd'hui à l'alcool pur ou carburé ou au benzol, comme l'ont montré les épreuves du concours de mai 1907.

En raison de l'eau que contient l'alcool employé, et qui donne une augmentation de la pression de détente, le rendement calorifique de l'alcool dans le cylindre est plus élevé que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celui de l'essence, et il peut produire le cheval-heure avec un nombre de calories moins grand, correspondant à une consommation de 0,550 l.

La *naphtaline*, qui est, comme le pétrole, un carbure d'hydrogène, provient des goudrons de houille ; elle a commencé à être employée d'une façon pratique dans les véhicules automobiles par M. Brillié. Elle se trouve dans le commerce à l'état solide : on la liquéfie pour l'employer dans les moteurs en la chauffant au moins à 80° ; gazéifiée et mélangée avec un volume d'air suffisant, elle brûle avec explosion comme les vapeurs d'essence et d'alcool. Sa densité est un peu supérieure à 0,800, son pouvoir calorifique est de 9.620 au kilogramme.

M. Brillié effectue la mise en marche au moyen d'alcool carburé, comme dans ses autobus ; les deux combustibles demandent également une compression élevée et un fort réchauffage. Le récipient contenant la naphtaline est réchauffé par les gaz de l'échappement ; il en est de même du carburateur et de l'air servant à la carburation. Un second carburateur est nécessaire pour la mise en route avec l'alcool, qui doit durer entre un quart d'heure et une demi-heure suivant la température extérieure ; après un arrêt de même durée, il faut encore remettre en route à l'alcool.

Dans un essai effectué avec un autobus Brillié à six roues d'une contenance de 50 places et pesant 7.150 kg avec 30 voyageurs, les consommations d'alcool et de naphtaline, pour un parcours d'environ 100 km, ont été respectivement de 12 l et de 37,7 kg, soit, par tonne-kilomètre, 0,07 l d'alcool et 0,052 kg de naphtaline. Aux prix de 0,35 f le litre d'alcool carburé et de 0,165 f le kilogramme de naphtaline, ces consommations représentent une économie de 60 0/0 sur le fonctionnement à l'essence.

L'emploi de la naphtaline est donc de nature à diminuer d'une façon très sensible le prix du combustible dépensé ; malheureusement l'odeur des gaz d'échappement ne permettra pas toujours d'employer ce combustible pour un service urbain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'autres carburants sont encore susceptibles d'être employés dans les moteurs à explosion.

11. *Chaudière.* — Le fluide nécessaire au fonctionnement des moteurs à vapeur est produit dans des générateurs qui sont tous, dans les véhicules automobiles, du système dit à *petits éléments*, permettant une mise en pression rapide et l'obtention de vapeur parfois très surchauffée. On donnera la description de ceux qui sont utilisés en France en décrivant les véhicules sur lesquels ils sont appliqués.

Ces générateurs sont renfermés dans une enveloppe en tôle garnie d'amiante, et sont chauffés au coke ou au pétrole. Ils comprennent à peu près tous les accessoires habituels des chaudières fixes : pompe alimentaire, manomètres, indicateurs de température, indicateurs de niveau de l'eau, soupapes de prise de vapeur et de sûreté, robinet de vidange, etc.

Le tirage du foyer, dans les véhicules chauffés au coke, est généralement obtenu en faisant échapper dans la cheminée la vapeur sortant des cylindres. Dans les générateurs chauffés au pétrole, c'est une pression d'air, créée sur le réservoir qui contient le pétrole, qui règle l'intensité de la combustion. La vapeur d'échappement du moteur peut alors être condensée dans un réfrigérant à air (dans le cas d'emploi de coke aussi) et réemployée à nouveau pour l'alimentation de la chaudière, ce qui dispense d'emporter une aussi grande quantité d'eau ou d'en renouveler l'approvisionnement aussi fréquemment.

Le rendement des générateurs d'automobiles ne dépasse pas habituellement 50 à 60 0/0.

12. *Dépense de combustible par cheval-heure.* — La combustion de 1 kg de coke peut produire 6 à 7.000 c, et celle de 1 kg de pétrole environ 11.000 c; comme il en faut environ 720 pour vaporiser, à la pression de 15 kg, 1 kg d'eau et surchauffer ensuite la vapeur produite de 100°, de manière à porter sa température à 300°, il s'ensuit que 1 kg

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de coke, dont toute la chaleur de combustion serait utilisée dans les conditions ci-dessus, pourrait vaporiser

$$7.000 : 720 = 9{,}7 \text{ kg d'eau,}$$

et 1 kg de pétrole

$$1.000 : 720 = 13{,}9 \text{ kg.}$$

Mais les générateurs à vapeur n'utilisent au maximum que les 2/3, quelquefois la moitié, de la chaleur dégagée par les combustibles, l'autre tiers ou l'autre moitié étant perdus par suite d'une combustion incomplète et de pertes par le rayonnement, ou emportés par les gaz s'échappant dans la cheminée, de sorte que les chiffres ci-dessus peuvent se réduire pratiquement à 5 et 7 kg environ.

D'autre part, il faut, pour produire 1 ch-h sur le piston d'un moteur à vapeur surchauffée d'automobile, environ 10 kg de vapeur à 300°; la production d'un pareil travail exigera ainsi une dépense de

$$10 : 5 = 2 \text{ kg de coke}$$

et

$$\frac{10}{7} = 1{,}4 \text{ kg de pétrole.}$$

Si le travail produit sur l'essieu n'est que les 0,7 du travail sur le piston, on voit que la production de 1 ch-h sur cet essieu demandera :

$$2 : 0{,}7 = 2{,}85 \text{ kg de coke}$$

et

$$1{,}4 : 07 = 2 \text{ kg de pétrole.}$$

Quant aux moteurs à essence, ils consomment dans de très bonnes conditions de fonctionnement environ 0,500 l, soit 0,350 kg d'essence par cheval et par heure, et le rendement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du moteur et de la transmission s'y abaisse fréquemment à 0,60. La dépense d'essence par cheval-heure à la jante des roues est alors 0,350 : 0,6, soit 0,600 l en nombre rond.

13. ***Résistance ou coefficient de traction des véhicules.*** — Voyons maintenant le travail qu'exige le déplacement d'un véhicule à diverses vitesses, en rapportant ce travail à 1 t de son poids.

Sur macadam sec et en bon état, ou sur pavé assez régulier, la résistance, ou coefficient de traction, d'un véhicule muni de bandages en fer ou en caoutchouc plein, et marchant à une vitesse de 20 km par heure, est environ de 25 à 30 kg par tonne, en palier; pour une résistance de 30 kg, le travail à la jante des roues ou sur l'essieu moteur est dans ces conditions, par tonne, de

$$30 \text{ kg} \times 5{,}55 \text{ m (vitesse par seconde)} = 166{,}5 \text{ kgm},$$

soit

$$166{,}5 : 75 = 2{,}2 \text{ chx}.$$

Si la vitesse était de 40 km, le travail serait double (un peu plus en réalité, la résistance augmentant avec la vitesse), soit de 4,4 chx.

En rampe de 3 0/0, ou de 30 mm par mètre, la résistance à la marche serait double aussi de celle en palier, chaque mm de rampe occasionnant une résistance supplémentaire de 1 kg par tonne; et pour la vitesse de 20 km, le travail serait donc de 4,4 chx à la jante des roues.

Pour un camion de 16 t en charge (camions Say) gravissant une côte de 4 0/0 à la vitesse de 7,2 km à l'heure ou de 2 m par seconde, le travail à la jante serait de :

$$(30 + 40)\,16 \times 2 = 2.240 \text{ kgm},$$

soit environ 30 chx. Sur les pistons, avec un rendement organique du moteur et de la transmission égal à 0,6, le travail s'élèverait à 50 chx.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avec ces divers chiffres et ceux ci-dessus, on peut déterminer facilement la consommation de combustible, par km ou t-km, d'un véhicule de poids quelconque marchant à une vitesse et sur un profil donnés, la consommation étant supposée nulle dans les descentes un peu longues d'une inclinaison égale ou supérieure à 3 0/0. Les mêmes calculs pourraient se faire avec un moteur marchant à l'alcool, dont la consommation peut être estimée supérieure de 1/4 environ à celle d'un moteur à essence.

14. La connaissance de l'***effort de traction*** du véhicule et des divers rendements du moteur et de la transmission permet aussi de déterminer la charge qu'il peut porter sur un profil donné.

L'effort de traction se calcule de la façon suivante.

Supposons un moteur à vapeur à deux cylindres travaillant à double effet, et soient :

d, le diamètre des cylindres en centimètres ;

l, la course des pistons en mètres ;

p, la pression de la vapeur à l'admission dans les cylindres, et que l'on supposera égale à la pression maxima dans la chaudière, c'est-à-dire au chiffre du timbre. (La pression des gaz se mesure à l'aide du manomètre (*fig.* 81), qui comprend essentiellement un tube à section elliptique en laiton mince se déroulant sous l'action de la pression et entraînant par son extrémité libre une aiguille qui se déplace sur un cadran gradué.) On supposera aussi que la vapeur entre dans les cylindres pendant toute la course des pistons.

La force avec laquelle la vapeur presse chaque piston est égale à la surface de ce dernier en centimètres carrés $\left(\frac{\pi \times d^2}{4}\right)$, multipliée par sa pression en kg, soit à

$$\frac{\pi \times d^2}{4} \times p.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le travail effectué par cette vapeur pendant une course du piston est égal à cette quantité multipliée par la course, soit à :

$$\frac{\pi \times d^2}{4} \times p \times l.$$

Pendant un tour du moteur, il y a dans chaque cylindre deux actions motrices ; la machine ayant deux cylindres, c'est donc quatre actions motrices qu'il se produit par tour, et le travail correspondant est :

$$T = \frac{\pi \times d^2}{4} \times p \times l \times 4,$$

ou bien :

$$T = \pi\, d^2 \times p \times l.$$

Si les bielles motrices attaquent directement les roues sans l'intermédiaire de chaînes ni de cardans, le travail ci-dessus se rapportera également à un tour de roues. — Ce travail, reporté à leurs jantes, est destiné à vaincre les diverses résistances opposées au déplacement du véhicule, résistances qui peuvent être ramenées à une force unique E, tangente à la circonférence des roues motrices à leur point de contact avec le sol, et dirigée en sens inverse du mouvement à produire.

Pour un tour de roues, pendant lequel le chemin parcouru par le véhicule est $\pi \times D$ (D étant le diamètre des roues motrices), cette résistance sera égale à :

$$E \times \pi \times D.$$

Pour que le travail moteur puisse vaincre cette résistance, il faut qu'il lui soit au moins égal, c'est-à-dire que

$$\pi \times d^2 \times l \times p = E \times \pi \times D,$$

égalité de laquelle on déduit :

$$E = \frac{\pi \times d^2 \times l \times p}{\pi \times D} = p\,\frac{d^2 l}{D}.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est l'*effort maximum théorique de traction* de la machine. Dans les véhicules automobiles où le moteur fait par rapport aux roues un nombre de tours représenté par $\frac{N}{n}$, l'expression ci-dessus doit être multipliée par ce dernier rapport, qui est généralement voisin de 3.

L'effort de traction pratique est seulement compté aux 0,65 ou 0,70 de l'effort théorique, dans les automobiles de chemins de fer, parce qu'il y a dans le moteur des frottements qui réduisent le travail disponible sur l'essieu, et que, d'autre part, la vapeur subit une dépression dans le cylindre et ne travaille pas à pleine pression pendant toute la course des pistons.

Dans les véhicules à vapeur sur route, en raison d'un nombre plus grand de transmissions entre l'arbre-manivelle et les essieux, ce rapport est estimé à 0,60; si on fait une application de ce coefficient au calcul de l'effort de traction d'un moteur Serpollet ayant deux cylindres de 0,10 m de diamètre et de 0,15 m de course de piston, en supposant une pression à la chaudière de 15 kg, un diamètre de roues motrices de 1,20 m et un rapport du nombre de tours du moteur au nombre de tours de roues égal à 3, on obtient pour l'effort pratique de traction :

$$E = 0{,}60 \times 15 \times \frac{\overline{10^2} \times 0{,}15}{1{,}20} \times 3 = 337{,}5 \text{ kg.}$$

Cet effort permettrait de démarrer en rampe de 3 0/0 (30 mm par mètre), sur macadam ou pavé en bon état d'entretien présentant un coefficient de traction de 30 kg par tonne, un poids de :

$$337{,}5 : (30 + 30) = 5{,}625 \text{ t ou } 5.625 \text{ kg.}$$

En multipliant, d'autre part, cet effort par la vitesse du véhicule par seconde, on obtient le travail développé, lequel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

atteint, pour une vitesse de 18 km à l'heure, ou de 5 m par seconde :

$$337{,}5 \times 5 = 1.687{,}5 \text{ kgm}$$

ou :

$$1.687{,}5 : 75 = 22{,}5 \text{ chx.}$$

Dans les véhicules à pétrole, où les cylindres travaillent à simple effet, chaque piston n'a qu'une action motrice par deux tours de l'arbre-manivelle, au lieu de quatre actions semblables dans les moteurs à vapeur. Pour un même nombre et un même volume des cylindres, toutes choses égales d'ailleurs, l'effort de traction théorique sera donc quatre fois plus faible, soit seulement :

$$E = p \times \frac{d^2 \times l}{4 \times D}.$$

Pour quatre cylindres, l'effort du moteur à pétrole sera encore, toutes autres choses égales, inférieur de moitié à celui d'un moteur à vapeur à deux cylindres ; et il faudra huit cylindres pour produire un effort égal. L'égalité des travaux s'obtient d'une façon différente, en donnant au moteur à pétrole une vitesse de rotation plus élevée qu'au moteur à vapeur.

15. Si l'effort transmis par le moteur aux roues dépassait l'***adhérence*** de ces dernières sur le sol, elles tourneraient sur place, et le véhicule n'avancerait pas. Il faut donc proportionner convenablement l'effort moteur à l'adhérence, afin que l'entraînement des roues se fasse sans perte de travail. Le coefficient d'adhérence dépend de l'état du sol et aussi du genre de bandages des roues ; on l'estime en moyenne au sixième du poids que supporte l'essieu moteur, mais il peut descendre au 1/10e et même moins (1/16e), dans le cas de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaussée boueuse, de verglas ou lorsque de l'huile se trouve répandue sur le sol. Pour un véhicule du poids total de 5 t, chargé de 3 t sur les roues motrices, l'adhérence, pour un coefficient de 1/10e, est de 300 kg ; pour que les roues ne patinent pas sur place, il faut donc que l'effort moteur qui leur est appliqué ne dépasse pas ce chiffre.

D'autre part, un certain effort est nécessaire pour faire démarrer le véhicule et entretenir ensuite son mouvement. Sur macadam en bon état et sec et sur pavé régulier, la résistance moyenne opposée par un véhicule à la marche est, on l'a vu, de 25 à 30 kg par tonne de son poids, en terrain plat; le démarrage du véhicule ci-dessus exigera donc un effort de 125 à 150 kg en palier. En rampe, la résistance est augmentée de 1 kg par millimètre et par tonne; pour des rampes de 25 à 30 mm, que l'on rencontre fréquemment, la résistance s'élève ainsi par tonne de poids du véhicule entre 50 et 60 kg, soit entre 250 et 300 kg pour 5 t. On ne pourrait faire gravir au véhicule des rampes plus fortes qu'avec une plus grande proportion de son poids sur les roues motrices, ou bien en augmentant le coefficient d'adhérence, par l'emploi de sable, par exemple, permettant dans certaines conditions de porter ce coefficient à 1/4. L'emploi de bandages pneumatiques augmente l'adhérence sur route sèche ou bien lavée ; mais sur terrain argileux ou gras, l'adhérence est moins bonne que celle que donnent les bandages en fer. Le défaut d'adhérence peut être aussi à redouter dans les cas de freinage, car, si les roues motrices viennent à être calées, le dérapage risque de s'ensuivre aussitôt.

16. Le ***frottement*** est la résistance engendrée par la pression qu'exercent des corps en mouvement relatif les uns contre les autres. Le coefficient de frottement est le chiffre qui représente la proportion de la pression ci-dessus qui est absorbée par le frottement. Si un tiroir de distribution est pressé par une force de 100 kg et offre au déplacement une résistance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 15 kg, son coefficient de frottement est de 15 : 100, soit 0,15.

Le coefficient de frottement est d'autant moindre que les surfaces en contact sont mieux polies et lubrifiées ; il peut être réduit dans les différentes transmissions de mouvement à une proportion très faible en employant des métaux très durs et à grain serré (exemple : l'acier trempé), en polissant parfaitement les surfaces et en les lubrifiant suffisamment avec de bonne huile appropriée. Mais si les organes de transmission sont nombreux, ce qui est le cas des véhicules automobiles, où, au frottement des pistons, bielles et paliers de l'arbre moteur, s'ajoute celui des engrenages, chaînes, cardans et arbres intermédiaires, la résistance opposée par tous ces organes devient considérable et peut réduire de 35 à 40, et même 50 0/0, le travail moteur produit sur les pistons, de sorte qu'il peut n'être transmis aux roues que la moitié de ce travail. Dans les véhicules à vapeur, les transmissions de mouvement sont moins nombreuses, et elles n'absorbent pas, en général, plus de 20 à 30 0/0 de l'effort moteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II

ORGANES ESSENTIELS DES MACHINES A VAPEUR ET A PÉTROLE MODE DE FONCTIONNEMENT DE CES MACHINES

17. Les ***machines à vapeur*** utilisent la puissance expansive de la vapeur d'eau pour la production de mouvement et de force motrice; on donne plus spécialement le nom de ***moteurs*** aux machines à gaz, à pétrole et à air comprimé, utilisées dans les mêmes conditions. Ces moteurs ou machines sont parfois du système dit *rotatif*, où l'arbre, claveté sur l'organe soumis à l'action du fluide moteur, reçoit directement de cet organe un mouvement de rotation; la plupart du temps ils sont du système *alternatif* ou à piston, et on n'étudiera ici que ces derniers.

18. L'organe essentiel des machines ou des moteurs à piston est le ***cylindre,*** qui est une sorte de fourreau long, en fonte ou en acier, soigneusement alésé intérieurement, et fermé à ses deux extrémités, dans les machines à double effet (*fig.* 21), par deux fonds, dont l'un vient généralement de fonte avec le cylindre, et dont l'autre est un plateau tourné faisant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

joint sur la bride correspondante au moyen de boulons ou de goujons. Les machines à vapeur sont généralement à double effet, c'est-à-dire que la vapeur y travaille alternativement

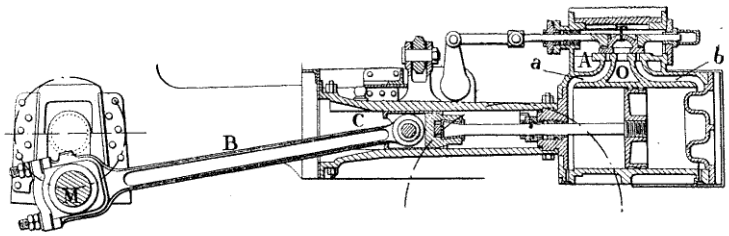


Fig. 21. — Moteur à vapeur.

de chacun des côtés de chaque cylindre ; dans les véhicules automobiles, ces cylindres sont horizontaux.

Dans les moteurs à simple effet, comme ceux à pétrole des automobiles, où le fluide moteur n'est admis qu'à une des extrémités du cylindre, celui-ci (*fig.* 22 et 23) n'a besoin d'être fermé qu'à une seule extrémité ; le piston fait office de deuxième fond (un fond mobile), pour réaliser la capacité étanche dans laquelle vient agir le fluide moteur. Le fond de cylindre est rapporté comme le montre la figure ; l'espace compris entre ce fond et le piston, quand il est au bout de sa course, s'appelle la *culasse :* c'est la capacité dans laquelle le fluide moteur est comprimé et où il fait explosion. On voit que cette capacité a ici un certain volume, 1/4 environ de celui du cylindre ; dans les machines à vapeur, on donne à cette capacité le nom d'*espace neutre* ou *nuisible ;* son volume y est environ le dixième de celui engendré par le piston. Au point de vue du rendement, et aussi pour éviter les allumages prématurés dans les moteurs à explosions, une culasse en forme de calotte polie, sans aspérités ni cavités irrégulières, est préférable.

Dans les moteurs à plusieurs cylindres, les axes de ces derniers sont généralement parallèles, et ils rencontrent l'axe de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'arbre-vilebrequin ; on a cependant employé parfois des mo-

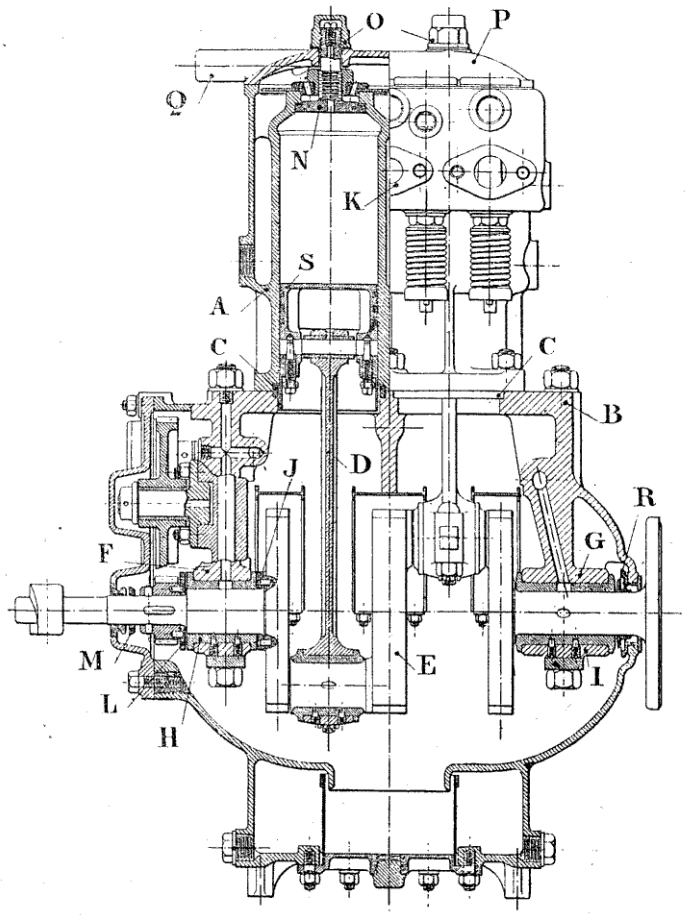


FIG. 22. — Moteur à pétrole à 2 cylindres D. B.
Coupe longitudinale.

A, cylindre ; B, bâti ; D, bielle ; E, manivelle de l'arbre-vilebrequin ; F, G, paliers de l'arbre ; H, coussinet de palier ; I, chapeau de palier ; J, L, bagues de bâti ; K, entrée d'eau de refroidissement ; N, fond de cylindre ; O, écrou de serrage de la calotte ; P, calotte de cylindre ; R, bague de retour d'huile ; S, piston.

teurs dits en V (*fig.* 24), où les cylindres sont deux à deux à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

90° dans le même plan. Quelques constructeurs (Mors, Bra-

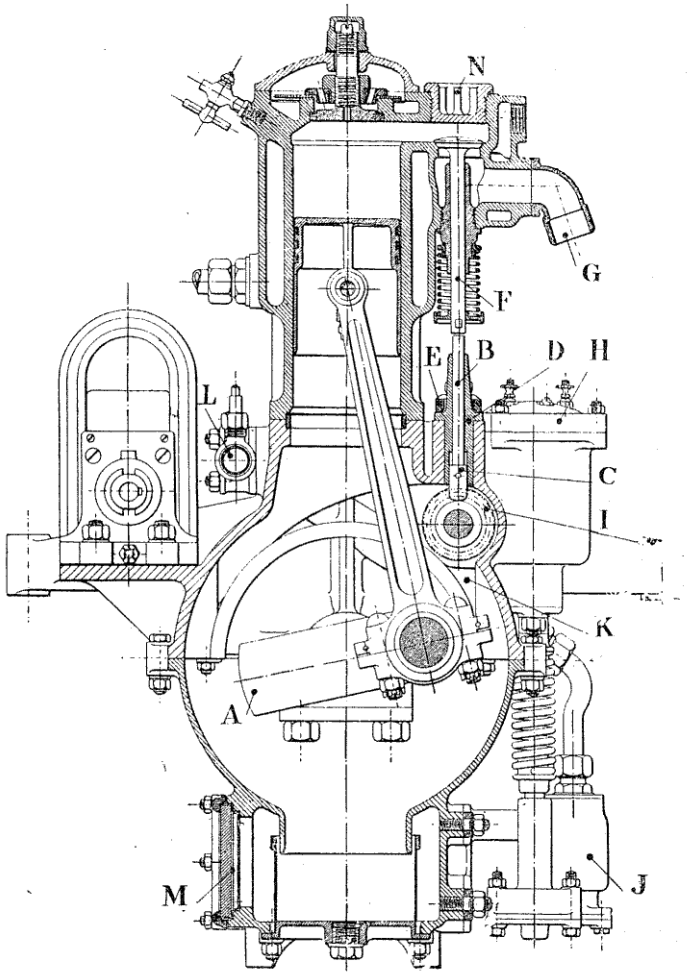


FIG. 23. — Moteur à pétrole à 2 cylindres D. B.
Coupe transversale.

A, manivelle de l'arbre-vilebrequin; B, tige de poussoir; C, butoir de came; D, guide de soupape; F, tige de soupape; G, échappement; I, came d'échappement; J, pompe à huile L, tuyau des gaz; N, bouchon de visite de soupape.

sier) ont aussi employé le moteur dit *désaxé*, où l'axe du cy

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lindre ne rencontre pas l'arbre du vilebrequin (*fig.* 25) ; cette disposition est avantageuse pour réduire la composante transversale qui appuie le piston latéralement contre la paroi du cylindre et qui est due à l'obliquité de la bielle ; elle donne aussi une augmentation de la course motrice du piston et une meilleure utilisation de la détente.

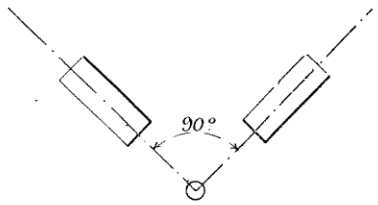
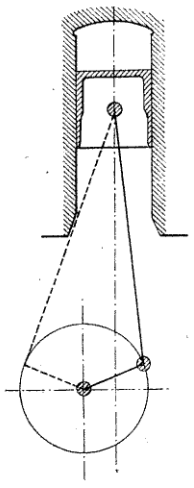


Fig. 24. — Moteur en V.

Pour la circulation de l'eau, le cylindre porte généralement une chemise venue de fonte ; le fond est aussi constamment baigné par l'eau de refroidissement. Les cylindres des moteurs à pétrole d'automobile sont le plus souvent verticaux, rarement horizontaux ou inclinés. Dans les véhicules industriels, le moteur comporte généralement deux cylindres ; pour les faibles puissances, on peut n'employer qu'un cylindre, et pour les puissances élevées on peut en employer quatre, qui peuvent être indépendants (*fig.* 26), jumelés, ou fondus tous les quatre en un seul bloc.


Fig. 25. — Moteur désaxé.

Un ***piston***, muni d'une tige, se déplace dans le cylindre sous l'action du fluide admis tour à tour, dans les machines à double effet, à chacune de ses extrémités, par des conduits *a*, *b*, qui peuvent être découverts par un tiroir T ou des soupapes se déplaçant dans une boîte A, où afflue le fluide moteur (*fig.* 21). Le piston prend ainsi un mouvement rectiligne alternatif ou de va-et-vient, qu'une bielle B, reliée à la tige de piston par l'intermédiaire de la crosse C sur laquelle elle est articulée, transmet par une autre articulation à une manivelle M d'arbre ou d'essieu, ou à un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simple bouton fixé sur un volant ou sur une roue calés sur cet arbre ou sur l'essieu : la bielle et la manivelle sont donc employées pour transformer le mouvement rectiligne alternatif

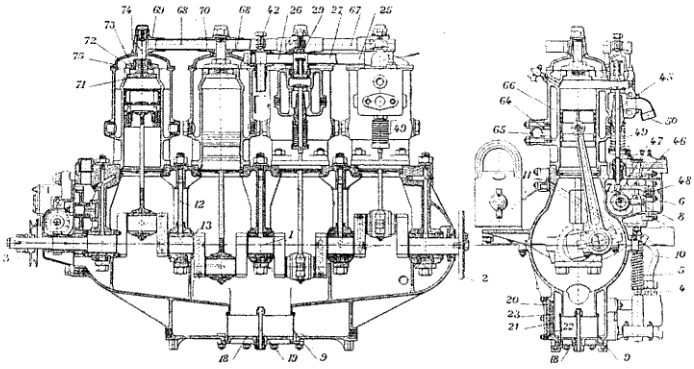


FIG. 26 et 27. — Moteur à 4 cylindres de Dion-Bouton.
Coupe longitudinale. Coupe transversale.

Vilebrequin. — 1, arbre-vilebrequin; 2, plateau recevant le volant; 3, dent de loup de mise en marche.
Graissage sous pression. — 4, axe de pignon de la pompe; 5, ressort d'entraînement; 6, axe vertical entraîné par 7; 7, arbre à came des soupapes d'échappement; 8, engrenage hélicoïdal commandant 7; 9, cloison filtrante pour l'huile; 10, tube de refoulement; 11, conduit longitudinal de refoulement; 12, conduit de déversement aux paliers; 13, canaux percés dans l'arbre-vilebrequin. 14, pastille; 15, espace annulaire; 16, conduit de retour au carter; 18, pièce de fermeture et de nettoyage; 19, tuyau de dégagement; 20, glace épaisse; 21, tôle émaillée percée de trous; 22, trous.
Tuyauterie d'aspiration. — 24, tuyau d'amenée des gaz; 25, conduit horizontal longeant le moteur; 26 et 27, tubes formant le conduit 25; 28 et 29, pipes d'aspiration; 30 et 31, demi-colliers d'assemblage de 24 et 26; 32, bagues emboîtées par 30 et 31; 33, vis de serrage; 34, étrier; 35, orifices en communication avec 25; 36, soupape d'admission; 38, joint; 39, cloche d'aspiration; 40, colonnette maintenant la cloche; 41, traverse; 42, vis de serrage; 43, tête de colonnette.
Échappement. — 45, soupape d'échappement; 46, marteau de commande de 45; 47, came de commande de 45; 48, axe d'oscillation de 46; 49, ressort de rappel des soupapes; 50, orifices d'échappement des gaz brûlés.
Décompresseur. — 52, arbre; 53, doigt porté par 52; 54, bague calée sur 48.
Commandes auxiliaires. — 55, engrenage hélicoïdal; 56, arbre transversal; 57, allumeur; 69, cloche; 71, obturateur de fermeture de cylindre; 72, écrou-disque de serrage de 71; 73, trous de passage de l'eau; 74, tige filetée; 75, faux-fond de cylindre.

du piston en un mouvement circulaire continu de l'arbre-manivelle ou de l'essieu.

Le piston reçoit ici à chacun de ses déplacements et sur l'une comme sur l'autre de ses faces l'action du fluide moteur; un tour de l'arbre ou de l'essieu moteur correspond donc

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à deux actions motrices du piston. Quand la machine comporte deux cylindres, il y a quatre actions motrices par tour de roues, et il y en a huit quand les cylindres sont au nombre de quatre ; si l'essieu, au lieu d'être commandé directement par la manivelle, reçoit son mouvement par un arbre intermédiaire au moyen d'engrenages ayant une vitesse angulaire double, le nombre d'actions motrices de la machine par tour sera encore doublé.

On peut arriver ainsi à une très grande régularité d'effort et de mouvement ; cette multiplication est indispensable dans les moteurs à pétrole, où les pistons n'ont qu'une course motrice sur quatre, et bien que la vitesse du moteur puisse généralement varier dans de grandes limites.

En employant ce dernier mode de réglage de la vitesse, on ne ferait pas donner au moteur constamment son maximum de puissance ; ce maximum ne se produirait que pour la vitesse normale du moteur, toutes les allures inférieures donnant lieu à une perte de puissance.

Pour ne pas avoir de perte, il faut donc faire tourner le moteur constamment à son allure normale ; lorsque la résistance du véhicule croît, par suite de rampe à franchir, l'emploi du changement de vitesse permet d'augmenter l'effort du moteur en réduisant l'allure du véhicule.

On appelle *cylindrée* le volume engendré par le piston dans sa course descendante ; la cylindrée est égale à la section du cylindre multipliée par la course du piston.

19. L'organe qui distribue la vapeur sur les faces du piston est généralement un ***tiroir*** plat T (*fig.* 21-28), qui se déplace sur une table ou glace percée de trois orifices ; les orifices extrêmes *a*, *b* servent pour l'admission du fluide moteur sur chaque face du piston ; la lumière centrale O débouche dans l'atmosphère, avec laquelle le tiroir peut mettre

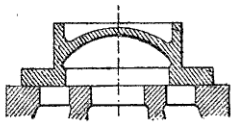


FIG. 28. — Tiroir plan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'une ou l'autre extrémité du cylindre en communication au moyen de la lumière centrale et de la lumière extrême correspondante ; chaque face du piston est ainsi en communication pendant la course d'aller, ou plus exactement pendant une partie de cette course, avec la boîte à vapeur, et pendant la course de retour ou une partie de cette course avec l'atmosphère ; dans la première course, cette face est motrice, dans la seconde elle est résistante.

Le moteur à pétrole à quatre temps et à un cylindre n'a pas, comme la machine à vapeur à simple effet et à un cylindre également, une action motrice par tour de l'arbre-manivelle, mais seulement par deux tours de cet arbre ; cette différence provient de ce que le cylindre à vapeur utilise immédiatement le fluide moteur tel qu'il le reçoit de la chaudière, tandis que dans le moteur à pétrole le fluide moteur ne pénètre dans le cylindre que par le jeu du piston, dans l'une de ses courses, et qu'ensuite ce fluide doit subir avant l'action motrice une sorte de préparation par la compression produite dans une autre course du piston ; c'est donc deux courses supplémentaires pour une action motrice que doit effectuer le piston des moteurs à pétrole à simple effet par rapport aux machines à vapeur similaires ; et comme le moteur à pétrole subit aussi deux autres phases : explosion (avec détente) et expulsion des gaz brûlés [correspondant à l'admission (avec détente), et à l'échappement, dans les machines à vapeur], il s'ensuit que le piston doit effectuer quatre courses ou quatre temps, correspondant à deux tours de l'arbre-manivelle, pour fournir une course motrice. Les moteurs à pétrole à quatre temps sont donc, pour une même pression moyenne effective dans le cylindre, un même volume de cylindre et un même nombre de tours de l'arbre-manivelle par minute, deux fois moins puissants que les moteurs à vapeur ayant un même nombre de cylindres travaillant à simple effet, et quatre fois moins que ceux à double effet, toutes autres conditions étant égales comme ci-dessus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les moteurs à pétrole à deux temps sont peu employés.

Les ***soupapes d'admission*** des moteurs à pétrole sont ou automatiques, leur levée étant déterminée par l'aspiration du piston et leur fermeture par le refoulement du même piston ; ou commandées par une came, avec ressort à spirale pour la fermeture (*fig.* 22). C'est ce dernier mode de commande qui tend à prévaloir actuellement. L'explosion peut être un peu avancée ou retardée en agissant sur l'allumage. Les soupapes d'échappement (*fig.* 23) sont également actionnées par des cames dont on munit un arbre spécial commandé, avec réduction de vitesse angulaire dans le rapport de 2 à 1, par un autre arbre mû par l'arbre moteur au moyen d'engrenages droits.

20. *Distribution.* — Le mouvement est donné initialement au tiroir des moteurs à vapeur par un excentrique, dont la poulie est calée sur l'arbre-vilebrequin, ou directement sur l'essieu moteur, et de telle sorte que l'*excentricité oa* (*fig.* 29),

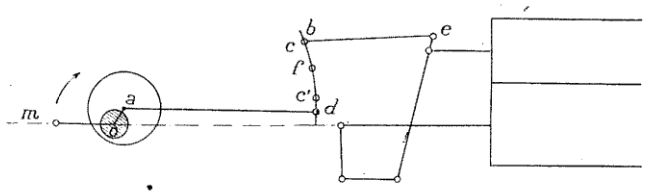


Fig. 29. — Distribution.

ou *rayon de l'excentrique*, fasse avec la manivelle motrice *om* un angle *moa* égal ou un peu supérieur (de l'angle d'avance) à un angle droit, en avant du sens de son mouvement. Avec cette disposition, quand la manivelle est horizontale et le piston à fond de course, le tiroir commence ou vient de commencer (*fig.* 30) à découvrir l'orifice d'admission, et le piston reçoit l'impulsion motrice dès qu'il a franchi le point mort.

La durée de l'admission peut être rendue variable au moyen

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une coulisse *bd* dans laquelle se déplace le coulisseau *c* qui commande la bielle *ce* du tiroir; la coulisse oscillant autour de son milieu *f*, on voit que la course du coulisseau sera d'autant plus grande qu'il sera plus éloigné de ce milieu. Une plus grande course du coulisseau donne une plus grande course du tiroir et de plus grandes ouvertures des lumières ; le piston reçoit ainsi plus longtemps l'action de la vapeur, de même que la pression de cette dernière peut être augmentée, ainsi que le travail produit sur le piston. Pour que les démarrages soient assurés, ils sont effectués en plaçant le coulisseau à l'extrémité de la coulisse ; dans cette position, l'admission de vapeur dans les cylindres a lieu pendant les 70 ou 80 centièmes de la course des pistons, et toujours l'un au moins de ceux-ci reçoit l'action de cette vapeur, de sorte que si la pression de cette dernière est suffisante, le moteur se met en route. Dès que le démarrage est effectué, on diminue l'admission en rapprochant le plus possible le coulisseau du milieu de la coulisse afin d'utiliser économiquement la vapeur : c'est la détente, qui est l'augmentation du volume que prend la vapeur dans le cylindre lorsque, isolée de la chaudière par la fermeture du tiroir d'admission, elle continue à pousser le piston en vertu de son expansibilité ; elle commence à se produire dès

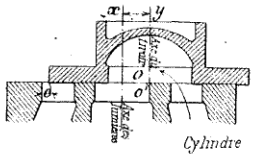


FIG. 30.
Avance à l'admission.

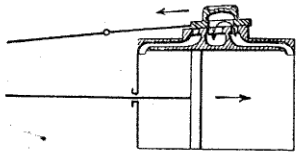


FIG. 31. — Fin de l'admission.
Détente.

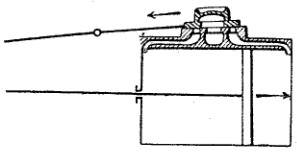


FIG. 32. — Échappement anticipé.

que le tiroir, revenant en arrière, ferme l'orifice d'introduction (*fig.* 31), et elle dure jusqu'à la fin presque de la course du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

piston. L'augmentation de volume réalisée par la détente est accompagnée d'une diminution proportionnelle de la pression, qui est définie par la loi de Mariotte : *la pression d'une masse de gaz donnée varie en raison inverse de son volume, si la température reste constante.* La détente donne lieu à une importante économie de combustible ; elle est surtout avantageuse lorsqu'elle est réalisée suivant le *système compound*, imaginé par M. Mallet, où la vapeur admise de la chaudière dans un premier cylindre se détend plus complètement dans un second cylindre de volume plus grand.

Un peu avant la fin de la course du piston, le tiroir, continuant sa marche en arrière, découvre de nouveau l'orifice, mais par son arête intérieure cette fois, et le fait communiquer par son dessous (*fig.* 32) avec l'orifice d'évacuation O

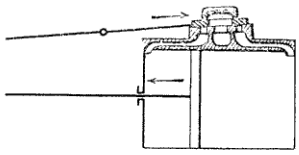


Fig. 33. — Commencement de la compression.

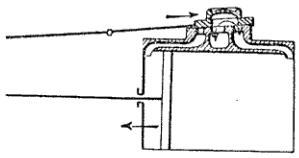


Fig. 34. — Commencement de l'avance à l'admission.

(*fig.* 21) ; la vapeur s'échappe alors dans l'atmosphère ou dans le condenseur, si la machine est pourvue de cet organe. L'avance à l'échappement qui se produit ainsi a pour but de faire arriver le piston à fond de course avec une force moindre que si l'orifice ne s'ouvrait qu'à ce moment précis, et de réduire la pression de ce côté du cylindre pour que le piston puisse repartir avec plus de facilité dans l'autre sens, sous l'influence de la vapeur admise sur son autre face.

Dans le trajet de retour du piston, la partie correspondante du cylindre reste presque continuellement en communication avec l'atmosphère, pour permettre à la vapeur ayant produit son effet de continuer à s'échapper. Un peu avant la fin de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

course, le tiroir, qui depuis un moment a changé le sens de son mouvement, vient fermer l'orifice par son bord intérieur (*fig.* 33), et la vapeur qui reste dans le cylindre se trouve emprisonnée ; en continuant sa marche, le piston comprime donc cette vapeur, ce qui a pour effet d'augmenter sa pression et d'amortir la vitesse du piston, qui arrive ainsi avec douceur à fond de course ; le tiroir recommence ensuite à ouvrir l'orifice d'admission (*fig.* 34), et la vapeur entre dans le cylindre pour une autre action motrice. L'ensemble de ces phases s'effectue de la même façon pour l'autre côté du cylindre, et le piston se trouve toujours soumis, sur l'une de ses faces, à l'action motrice de la vapeur du générateur, et sur l'autre à l'action résistante de la vapeur d'échappement (1). Le diagramme (*fig.* 35) montre ces diverses phases de la distribution. Ce diagramme peut être relevé, la machine étant en fonctionnement, au moyen de l'appareil appelé *indicateur ;* il peut être construit aussi avec assez d'exactitude, pour une admission donnée, quand on connaît les autres phases correspondantes de la distribution, la pression et la vitesse de marche ; s'il est établi à l'échelle, il permet de déterminer la pression de la vapeur aux différents points de la course du piston, ainsi que la pression moyenne effective pendant toute une course, qui sert, avec d'autres relevés, à déterminer le travail de la machine.

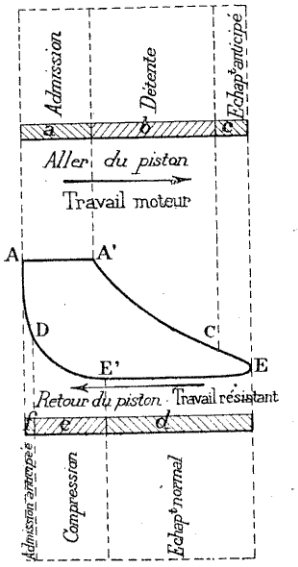


FIG. 35. — Diagramme du travail de la vapeur.

(1) *La régulation du tiroir* est expliquée d'une façon plus complète, ainsi que tout ce qui se rapporte à la distribution et à l'utilisation de la vapeur, dans notre ouvrage : *le Mécanicien de chemin de fer.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour produire la marche arrière, on voit qu'il suffit d'amener le coulisseau dans la partie de la coulisse située en dessous de l'axe de rotation (*fig.* 29); le mouvement de ce coulisseau change alors de sens et détermine également le changement du sens de la marche de la machine.

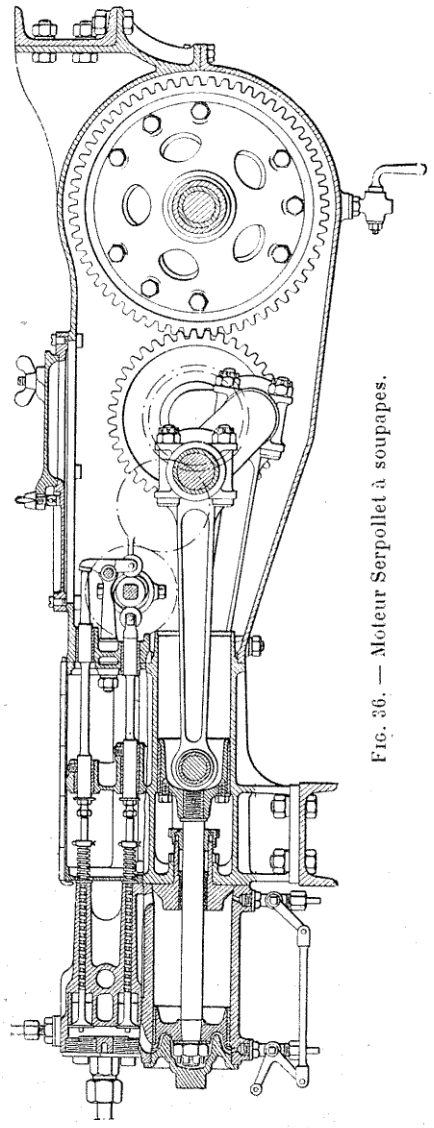


Fig. 36. — Moteur Serpollet à soupapes.

Dans les moteurs à soupapes (*fig.* 36), ces dernières sont au nombre de quatre par cylindre, deux d'admission et deux d'échappement. Elles sont actionnées par des cames, qui sont des sortes de bossages excentrés de forme déterminée, formant relief sur un arbre spécial commandé par engrenages par l'arbre-vilebrequin ; ces cames permettent de faire varier la course des soupapes d'introduction, et par suite la durée de l'admission et le travail du moteur. La course des soupapes d'échappement est au contraire constante, ce qui modifie un peu la régulation par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapport à celle ci-dessus avec distribution à coulisse et tiroir à coquille. La fermeture des soupapes s'effectue sous l'effort de ressorts antagonistes, dès que les cames cessent d'appuyer sur les soupapes.

Pour produire la marche arrière, l'arbre de distribution est muni d'autres cames qu'il suffit d'amener, par un déplacement longitudinal de l'arbre, en regard des tiges des soupapes. Enfin, si, le véhicule marchant en avant, on dispose le tiroir ou l'arbre des cames pour la marche arrière, on obtient la marche à contre-vapeur, pour la réalisation complète de laquelle il faut encore ouvrir l'obturateur de prise de vapeur de la chaudière.

Voici ce qui se produira alors, dans le cas d'une distribution par tiroir et coulisse.

Le tiroir, se trouvant conduit par la partie de la coulisse qui se rapporte à la marche arrière, se déplacera à l'opposé du mouvement qu'il possédait dans la marche avant, puisque le haut et le bas de la coulisse se meuvent dans des sens différents; l'action à laquelle se trouvait soumis le piston dans la marche normale se trouvera ainsi changée, et de motrice deviendra retardatrice.

Dans la marche normale, si on considère le piston dans sa position extrême arrière, la manivelle étant horizontale, on voit que, pendant un tour de roue, la face arrière de ce piston se trouve soumise aux six phases suivantes (*fig.* 35) :

Pendant l'aller, action motrice :

a) Admission ;
b) Détente ;
c) Avance à l'échappement.

Au retour, action retardatrice :

d) Échappement ;
e) Compression ;
f) Avance à l'admission.

Le véhicule continuant à *avancer*, si on met le changement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de marche à l'arrière, les phases de la distribution se présenteront dans l'ordre suivant (*fig.* 37) :

Aller du piston. — Dans la première phase (de très courte durée), de A en D, le tiroir découvrira l'orifice du côté de l'admission, et la vapeur de la chaudière pénétrera dans le cylindre derrière le piston, qu'il poussera en créant une action motrice.

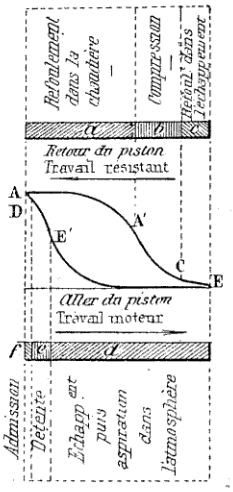


FIG. 37. — Diagramme de la contre-vapeur.

Au début de la deuxième phase, le tiroir aura fermé l'orifice, et la vapeur précédemment admise se détendra en produisant encore un travail moteur DE', mais très faible, comme l'indique le diagramme.

Dans la troisième phase, le tiroir découvrira l'orifice par son arête intérieure, pour produire l'échappement anticipé ; le piston, en continuant sa course, fera détendre la vapeur contenue dans le cylindre et abaissera sa pression, qui pourra devenir inférieure à la pression atmosphérique. Celle-ci, agissant sous le tiroir par la cheminée et le tuyau d'échappement, soulèvera alors le tiroir, et les gaz de la combustion, mêlés de cendres à une température de 200° à 300°, seront aspirés dans le cylindre jusqu'à ce que le piston soit parvenu au bout de sa course. La majeure partie de cette phase de la distribution sera encore motrice.

Retour du piston. — Dans les premiers instants de la course rétrograde du piston, le tiroir sera encore ouvert du côté de l'échappement, et le piston refoulera librement dans l'atmosphère les gaz précédemment aspirés. Au point C de la course du piston, le tiroir fermera l'échappement, et le piston, en continuant sa course, comprimera les gaz ci-dessus dans le cylindre; leur température déjà élevée croîtra rapidement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en même temps que leur pression, et elle pourra atteindre 700 à 800° à la fin de cette période de compression. Ces deux phases : échappement et compression, sont des phases résistantes, qui produiront le ralentissement du véhicule.

Au point A′ de la course du piston, le tiroir viendra ouvrir l'orifice du côté de l'admission ; il établira ainsi la communication entre le cylindre et la chaudière, et la vapeur de cette dernière se précipitera devant le piston : pour continuer sa marche, celui-ci devra refouler cette vapeur dans la chaudière en produisant un travail résistant très élevé, lequel, renouvelé à chaque tour de manivelle sur chacune des faces des deux pistons, produira l'arrêt rapide du véhicule.

On peut remarquer que les phases de la distribution, dans la marche renversée, se produisent dans le même ordre que dans la marche directe, pour un déplacement dans un même sens du véhicule, soit :

A l'aller du piston, action motrice :

f′) Admission ;

e′) Détente ;

d′) Échappement, puis aspiration dans la cheminée (au lieu de l'échappement anticipé).

Au retour, action retardatrice :

c′) Échappement (refoulement dans l'atmosphère) ;

b′) Compression ;

a′) Contre-vapeur (ou avance à l'admission).

Mais l'action motrice est très faible (et seulement égale à l'action résistante dans la marche directe), tandis que l'action résistante devient, au contraire, très élevée, et presque égale à l'action motrice dans la marche directe, du moins à de faibles allures du véhicule. D'autre part, la résistance du mécanisme concourt au ralentissement et à l'arrêt en s'ajoutant à l'action de la contre-vapeur, tandis que dans la marche directe cette résistance vient en déduction du travail moteur.

Dans les automotrices de chemins de fer, les mécaniciens, lorsqu'ils veulent employer la contre-vapeur, envoient à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

base de la cheminée, par un robinet placé sur la chaudière et une tuyauterie appropriée, un mélange d'eau et de vapeur, et c'est ce mélange, au lieu des gaz de la combustion, qui est aspiré dans les cylindres pendant la fin de la troisième phase (d') de la distribution. La compression, ensuite (phase b'), ne donne pas lieu à une élévation sensible de la température, de sorte que la contre-vapeur peut s'employer sur de longs parcours, comme moyen de ralentissement, sans qu'il en résulte aucun dommage pour les cylindres et pour la chaudière.

Mais il n'en est pas de même dans les tramways et les véhicules à vapeur sur route, où les gaz et les cendres, aspirés à la fin du troisième temps et comprimés pendant tout le cinquième, sèchent et rayent les cylindres, les pistons, les tiroirs, les tiges et leurs garnitures, en fatiguant encore la transmission : aussi ne doit-on y faire usage de la contre-vapeur (ou plus exactement de la *contre-marche*) qu'en cas de nécessité absolue (pour éviter un accident) ou d'avaries aux freins.

On ne pourrait pas obtenir un mode de freinage semblable dans les véhicules à pétrole en embrayant la marche arrière, le véhicule continuant à progresser en avant, car on produirait rapidement la rupture des engrenages ou des chaînes; mais, en coupant seulement l'allumage, on peut produire un certain ralentissement, surtout avec les moteurs à plusieurs cylindres, par le fait du travail négatif de l'aspiration et de la compression (compensé en partie seulement par la détente), et aussi par la résistance du mécanisme.

Un effet plus complet est obtenu avec le système Saurer de la façon suivante :

Par le jeu d'une manette placée sur le volant de direction, le mécanicien y a la possibilité de fermer complètement l'entrée des gaz carburés dans les cylindres et de n'y admettre que de l'air pur. La compression de cet air à chaque course ascensionnelle de chaque piston, et sans restitution de travail de détente, crée une action retardatrice importante, à laquelle vient s'ajouter, comme ci-dessus, la résistance du mécanisme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et de la transmission pour produire le ralentissement du véhicule ; une certaine gradation peut être obtenue dans ce ralentissement par le réglage de l'échappement, et ce mode de freinage convient particulièrement ainsi aux véhicules lourds pour la descente des fortes déclivités, où il évite de fatiguer et d'échauffer les organes par un serrage intempestif des freins ordinaires.

L'air, à une pression de 3 à 5 kg produit dans cette marche, peut aussi être envoyé dans un réservoir et servir, après un arrêt de courte durée, à la remise en marche du moteur, qu'on peut plus aisément arrêter ainsi dans ces stationnements.

Les véhicules Berliet possèdent une disposition à peu près analogue pour le ralentissement dans les fortes descentes.

21. Les ***moteurs*** des voitures automotrices ***à vapeur*** de tramways et de chemins de fer, comme aussi de véhicules sur route, sont généralement à changement de marche et à détente. Celle-ci fait réaliser une très grande économie de vapeur et doit être employée le plus possible ; ainsi, une consommation de vapeur résultant d'une admission pendant les 20/100 de la course ne présente qu'une diminution de travail de 45 0/0 par rapport à une admission de 50/100, tandis qu'elle donne lieu à une réduction de dépense de 150 0/0. La détente s'effectue le plus souvent tout entière dans le cylindre même où la vapeur a été introduite, mais elle peut aussi se continuer et s'achever dans un cylindre de plus grande capacité : ce dernier système constitue la *double expansion* qui a été imaginée par HORNBLOWER, en 1781, et est appliqué aujourd'hui sur une très grande échelle, tant dans les machines fixes que dans les machines marines et les locomotives. (Dans les premières et les secondes, on emploie même la triple et la quadruple expansion.)

Les machines à double expansion peuvent être du système compound ou du système WOOLF, suivant que la vapeur ayant travaillé dans le premier cylindre se rend dans un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réservoir intermédiaire avant de pénétrer dans le second cylindre, ou bien que le transvasement s'effectue directement. C'est le premier mode de fonctionnement, lequel doit son application aux locomotives à un ingénieur français, M. A. Mallet, qui est employé d'une manière générale sur les locomotives et les voitures automotrices de chemins de fer et de tramways : les manivelles de l'arbre ou de l'essieu moteur peuvent y être calées, suivant le nombre de cylindres, de différentes façons (à 90, 120, 135, 180°, *fig.* 38 à 41); dans le système Woolf, elles ne peuvent être calées que dans deux positions, à 0° ou 180°, où les pistons ont un mouvement concordant ou opposé.

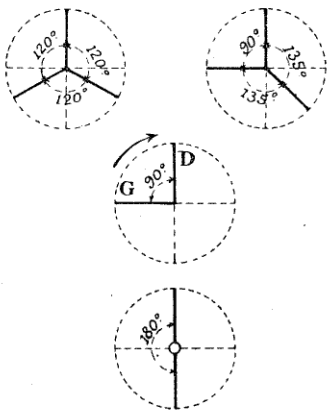


Fig. 38 à 41.
Calage des manivelles.

Le système compound présente de grands avantages, tant mécaniques que thermiques; il s'est généralisé sur les locomotives modernes, au point qu'en France et dans d'autres pays on ne construit plus guère de locomotives à simple expansion, à moins d'emploi de la surchauffe.

L'emploi du système compound a été également envisagé pour les moteurs à pétrole de véhicules automobiles par M. Forest, l'inventeur bien connu, qui a pris un brevet à ce sujet en 1888.

22. *Régulation du moteur à pétrole.* — On a vu (**10**) que le fluide moteur est ici un mélange de vapeur d'essence, de benzol ou d'alcool, et d'air, fourni par le carburateur; ce mélange est aspiré, puis comprimé par le piston, il est ensuite enflammé par une étincelle électrique, et fait explosion en poussant le piston, lequel entraîne l'arbre-vilebrequin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La *régulation* d'un moteur à pétrole est la relation qui existe entre les mouvements du piston et les positions correspondantes d'ouverture ou de fermeture des soupapes d'admission et d'échappement, pendant une révolution entière du moteur, soit deux tours de l'arbre-manivelle. Le diagramme des pressions, ou diagramme d'indicateur (*fig.* 42), indiquant les pressions du fluide moteur évoluant dans le cylindre pendant cette révolution, aide également à comprendre le fonctionnement du moteur.

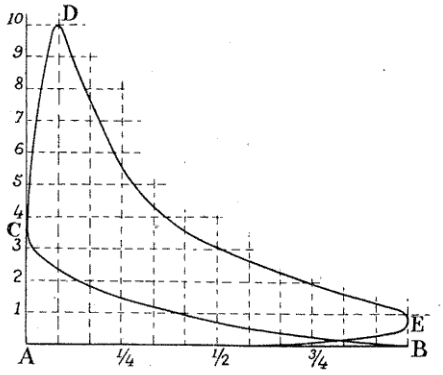


Fig. 42. — Diagramme des pressions dans un cylindre de moteur à pétrole à 4 temps.

Si l'on considère ce dernier en marche et au commencement de son cycle, c'est-à-dire lorsque le piston est au haut de sa course pour l'aspiration, et qu'on en suive le mouvement pendant deux tours de l'arbre-vilebrequin, on voit qu'en s'abaissant, le piston produira derrière lui un vide (1) qui amènera l'ouverture de la soupape d'aspiration (*fig.* 43), pour laisser entrer dans le cylindre le mélange de vapeurs d'essence et d'air venant du carburateur. C'est la première phase du cycle, représentée sur le diagramme (*fig.* 42) par la ligne AB, égale à la course du piston, et pendant laquelle la soupape d'échappement reste fermée.

Le piston, entraîné par l'arbre-vilebrequin, remontera ensuite dans le cylindre, en comprimant le mélange gazeux qui l'emplit, lequel s'échauffera et dont la pression BC augmen-

(1) Si la soupape d'aspiration est *commandée* (*fig.* 70), c'est-à-dire entraînée par une came, c'est cette dernière qui produira l'ouverture de la soupape.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tera en proportion de sa réduction de volume. Pendant ce deuxième temps, les soupapes d'admission et d'échappement resteront fermées (*fig.* 44).

Lorsque le piston sera sur le point d'atteindre le haut de sa

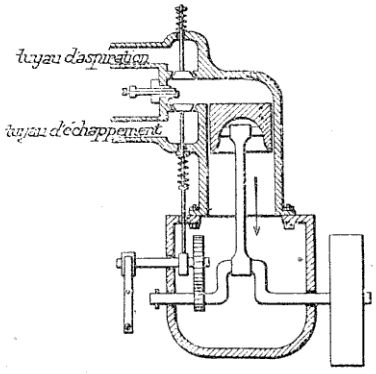


Fig. 43. — 1er temps.

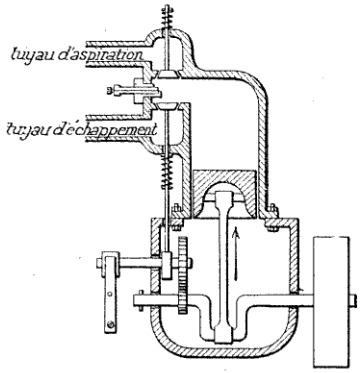


Fig. 44. — 2e temps.

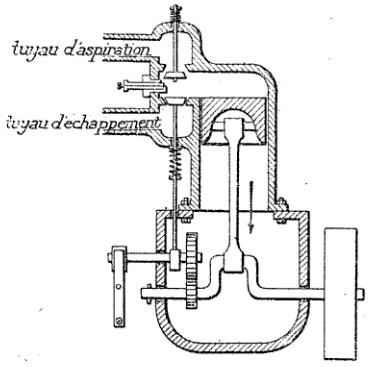


Fig. 45. — 3e temps.

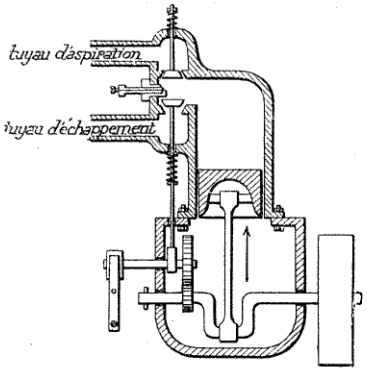


Fig. 46. — 4e temps.

Fig. 43 à 46. — Régulation du moteur à pétrole (L. A.).

course, une étincelle produite par la source d'électricité enflammera le mélange, qui fera explosion et dont la pression s'élèvera brusquement suivant la ligne CD, comme le montre le diagramme. Le piston, sous cette action et celle de détente

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui lui fera suite, redescendra vers le bas du cylindre; la pression motrice baissera à mesure, suivant la ligne DE, pour n'être plus à la fin de la course qu'assez peu supérieure à la pression atmosphérique. Ce sera le troisième temps, pendant lequel les soupapes resteront également fermées (*fig.* 45).

A la fin de cette course, point E du diagramme (ou plus exactement un peu avant), la soupape d'échappement commencera à se soulever pour laisser échapper les gaz brûlés, lesquels seront chassés du cylindre par le piston s'élevant pour effectuer son quatrième temps (*fig.* 46); pendant cette course, la pression EA dans le cylindre sera à peine supé-

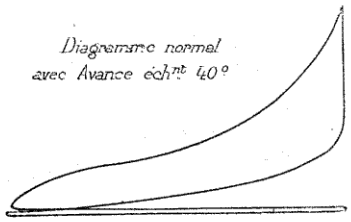


FIG. 47.

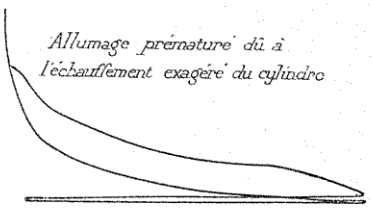


FIG. 48.

rieure à la pression atmosphérique. Au haut de la course du piston, la soupape d'échappement se refermera, terminant la révolution du moteur, dont la durée aura donc compris deux tours entiers de l'arbre - vilebrequin, ou deux courses descendantes et deux courses montantes du piston.

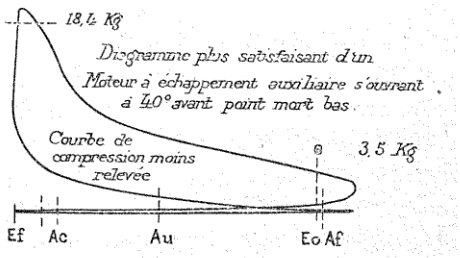


FIG. 49.

La distribution ne s'effectue pas toujours très régulièrement; les figures 48 et 50 montrent : la première une avance trop grande et la seconde un retard à l'allumage, préjudi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ciables tous deux au bon fonctionnement mécanique et au rendement du moteur. Les diagrammes d'indicateur servent précisément à se rendre compte des défectuosités de la régulation et à y remédier.

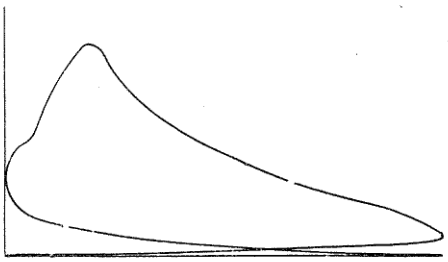


Fig. 50. — Retard à l'allumage.

23. La ***puissance ou force normale d'un moteur*** correspond, on l'a vu (5), au travail qu'il peut produire d'une façon continue, sans être forcé. On distingue ici, comme dans les moteurs à vapeur, la *puissance* sur les pistons, ou *indiquée*, qui se calcule au moyen du diagramme (*fig.* 42), et dépend de la pression moyenne, déduite de la surface du diagramme, du diamètre du cylindre, de la course du piston et du nombre de tours du moteur par seconde, — et la puissance sur l'arbre, ou *puissance effective*. C'est cette dernière que l'on considère toujours dans l'automobile; elle se mesure par des essais au frein. Il y a enfin *la puissance à la jante* des roues motrices, qui est égale à la puissance effective diminuée du travail absorbé par le frottement des organes de la transmission : coussinets et arbres, engrenages et différentiel, joints de cardan ou chaînes, enfin fusées de l'essieu. Le travail à la jante, égal en moyenne aux 75/100 du travail effectif et aux 60/100 du travail indiqué, est donc le travail employé utilement à la propulsion du véhicule; ce travail est égal aussi, dans une marche en régime constant, au travail résistant du véhicule, qui dépend lui-même de son coefficient de traction, ou résistance par tonne, et de la vitesse.

Diverses formules sont employées pour déterminer la puissance des moteurs d'automobiles. Dans un mémoire lu au Congrès de Milan en 1906, M. Enrico Giovanni, ingénieur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des usines Fiat, à Turin, a donné la formule suivante pour le calcul de la puissance indiquée :

$$P = A^2CNnk.$$

Dans cette formule, A représente l'alésage des cylindres et C la course en mètres, N le nombre de cylindres, n le nombre de tours par minute, et k un coefficient de puissance qui, dans les meilleures conditions d'établissement, peut atteindre 5,2. En faisant l'application de cette formule à un moteur à 4 cylindres de camion de Dion-Bouton, de 104 mm d'alésage et de 130 de course, tournant à 1.400 tours, on trouve pour P, en prenant k égal à 5, la valeur de 40,9 chx. La puissance à la jante peut être évaluée aux 0,60 de la puissance indiquée (avec un rendement organique du moteur de 0,80 et un rendement de la transmission de 0,75), soit donc ici à 24 1/2 chx.

La formule de la Commission technique de l'A. C. F. pour les moteurs à un cylindre est kD^2. Elle ne tient compte que du diamètre, la vitesse linéaire du piston (dépendant de la course et du nombre de tours) étant supposée la même pour tous les véhicules. D s'exprime en millimètres, et k est un coefficient dont la valeur est de 0,0028.

24. Le ***piston*** est un disque métallique creux, ou évidé, en fonte, en acier coulé ou en acier embouti, ayant un diamètre un peu inférieur à celui du cylindre et une épaisseur ou hauteur habituellement comprise entre 1/3 et 2/3 de son diamètre dans les moteurs à vapeur (*fig.* 21) et jusqu'à 1 fois 1/2 ce diamètre (*fig.* 51) dans les moteurs d'automobiles. Ce disque porte, sur son pourtour, un certain nombre de gorges ou rainures, deux ou trois généralement, qu'on munit de segments, ou bagues coupées, généralement en fonte. Ces bagues, quand elles sont libres hors du cylindre, ont un diamètre un peu plus grand que ce dernier ; mises en place, elles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont ainsi une certaine bande ou élasticité, qu'on augmente en les martelant avec la panne d'un marteau, et qui assure

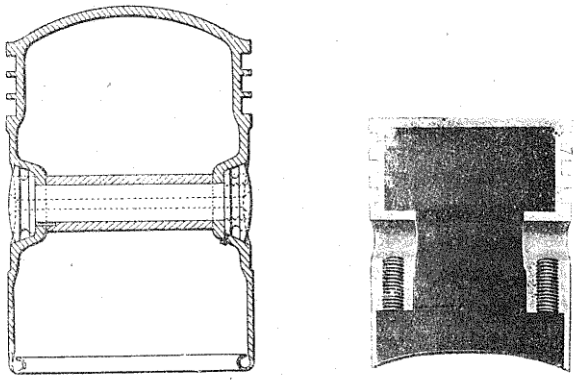


Fig. 51. — Piston de moteur à explosions.

leur étanchéité si elles ont été soigneusement tournées au diamètre exact du cylindre après la coupure faite. Cette coupure peut être en forme de languette ou baïonnette (*fig.* 52), lorsque les segments sont un peu larges; dans l'automobile, elles sont aussi de ce type ou du type à biseau, et on met généralement deux segments à coupure orientée de sens opposé dans une seule rainure pour s'opposer aux fuites. Un piston comporte le plus habituellement deux jeux semblables de segments, ou trois segments simples. L'épaisseur des segments peut être uniforme, ou bien décroissante depuis la partie milieu jusqu'aux extrémités.

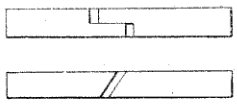


Fig. 52. — Segments de piston à languettes et à biseau.

Dans les machines à double effet, le piston comporte une *tige* qui sort du cylindre par l'un des fonds à travers un presse-étoupe étanche (*fig.* 53), et parfois une contre-tige (*fig.* 54); la tige est vissée à force (*fig.* 21) ou emmanchée un peu cône et fixée par un écrou goupillé, dans le piston (*fig.* 36), et elle est fixée par son autre extrémité à une *crosse* ou tête au moyen

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une clavette (*fig.* 55), ou d'un écrou, ou encore par une partie filetée (*fig.* 36). Cette crosse porte des patins qui se

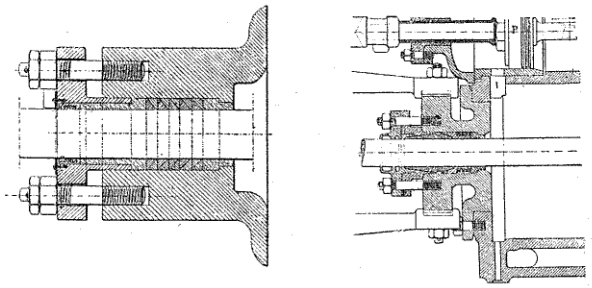


FIG. 53. — Tiges de piston et de tiroir et presse-garnitures.

déplacent entre les glissières servant à guider le mouvement rectiligne, et parallèle à l'axe du cylindre, du piston; elle porte aussi un boulon sur lequel vient s'articuler la petite tête de bielle motrice (*fig.* 56).



FIG. 54. — Piston à contre-tige.

Dans les moteurs à quatre temps d'automobiles, le piston se guide lui-même, grâce à sa grande hauteur, qui est égale au moins à son diamètre ; il est habituellement cylindrique. (On a

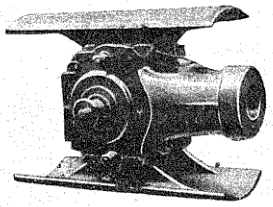


FIG. 55. — Tête de piston de machine à vapeur.

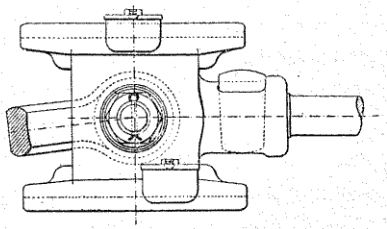


FIG. 56. — Crosse ou tête de piston.

proposé aussi de le tourner un peu cône, car il se dilate inégalement dans le cylindre, sa partie supérieure étant plus chauf-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fée, en raison de son contact avec les gaz, que la partie extérieure, qui est à peu près à la température du cylindre.) Le boulon d'articulation de la bielle est disposé vers le milieu du piston (*fig.* 51) ; il est maintenu fixe au moyen de vis.

25. La ***bielle*** est une pièce rigide qui s'emploie avec la manivelle pour transformer un mouvement de va-et-vient en mouvement de rotation continu, ou *vice versa*, ou encore un mouvement de rotation en un autre mouvement de rotation (bielles d'accouplement des locomoteurs et automotrices à air comprimé). Elle se compose (*fig.* 58) d'un corps et de deux têtes munies de coussinets formant articulations et reliées d'une part à la manivelle, d'autre part soit directement au piston (*fig.* 22), soit à une crosse sur laquelle la tige de piston vient se claveter (*fig.* 56). Dans les locomotives, la bielle motrice a une longueur égale à cinq ou six fois, quelquefois plus, la *manivelle ;* elle a une section à peu près rectangulaire (*fig.* 56), ou bien à double té (**I**), dont la hauteur d'âme va en augmentant d'une façon régulière de la petite tête à la grosse tête (*fig.* 21) ; parfois, la bielle est renflée en son milieu (*fig.* 58), principalement quand elle a une grande longueur.

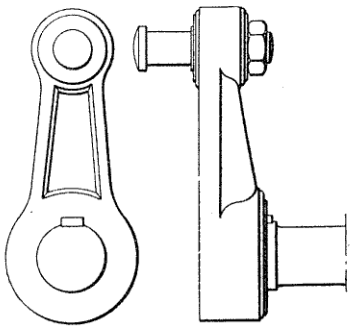


Fig. 57. — Manivelle à un seul bras.



Fig. 58. — Bielle de machine à vapeur.

Les bielles des véhicules à pétrole (*fig.* 22-23-26-27) sont légères et plus courtes ; elles ne doivent cependant pas avoir moins de quatre à cinq fois le rayon de la manivelle, soit deux fois ou deux fois et demie la course du piston, pour ne pas présenter une trop

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande obliquité ni exercer une pression trop grande, latéralement, sur le piston et le cylindre, dans les positions correspondant au travail maximum (*fig.* 23-27).

Le pied de bielle renferme une bague en bronze dur ou en acier trempé, en une ou deux parties, où s'engage à frottement doux un axe en acier, cémenté et trempé. Cet axe peut être fixe (*fig.* 22), ou osciller avec le pied de bielle (*fig.* 60);

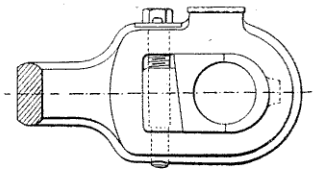


FIG. 59. — Pied de bielle à cage.

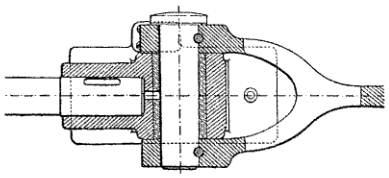


FIG. 60. — Pied de bielle à fourche.

dans la bielle Purrey (*fig.* 368), il s'engage dans les deux flasques de la crosse par des portées coniques, et il est maintenu dans le sens transversal par un écrou muni d'une goupille fendue: un ergot l'empêche d'autre part de tourner. Un trou de graissage est percé dans le pied de bielle et dans la bague, pour conduire sur l'axe l'huile débitée par un graisseur à mèche; une patte d'araignée creusée en forme de grain d'orge, au moyen d'un bec-d'âne ou à la machine, sur la presque totalité de la longueur de l'axe, conduit l'huile jusqu'à ses extrémités.

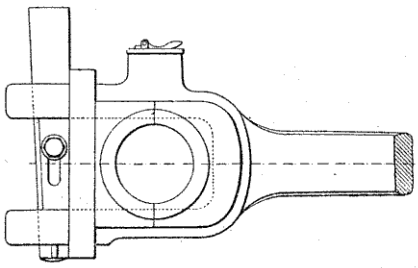


FIG. 61. — Grosse tête de bielle.

La grosse tête de bielle, articulée sur la manivelle (*fig.* 57), peut avoir différentes formes (*fig.* 61, 21, 22, 36); elle est munie d'un coussinet en bronze en deux parties serrées sur le tourillon par des boulons ou par une clavette.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

26. Quand l'***arbre*** est commandé par l'intermédiaire d'un volant, il peut ne pas être coudé, et la tête de bielle vient alors s'atteler sur un bouton dont on munit ce volant ; dans ce cas, cette tête peut comporter un coussinet à bague en une ou deux parties (comme le pied de bielle), retenues transversalement au moyen d'une rondelle ou d'un écrou. Cette disposition d'arbre sans coudes peut s'employer encore dans un moteur à deux cylindres et deux volants ; le poids de la tête de bielle complète peut être équilibré par un contrepoids venu de fonte avec le volant à l'opposé du manneton. Ce contrepoids peut aussi équilibrer une partie du pied de bielle et du piston. Les deux mannetons, dans les moteurs à pétrole, sont parfois à l'opposé (*fig.* 62), mais plutôt dans la même ligne. Dans les machines à vapeur, ils sont généralement intérieurs, et l'arbre porte deux coudes à angle droit (*fig.* 40). Les manivelles peuvent être équilibrées par des contrepoids venus de forge (*fig.* 62, 23) et auxquels on donne parfois la forme de secteurs (*fig.* 369, moteur Purrey). Dans les moteurs à deux cylindres à 180° (*fig.* 22), ces manivelles tendent à s'équilibrer naturellement. Cependant, dans les dispositions des figures 23, 62, les flasques extérieures sont encore prolongées.

Quand le moteur comporte plus de deux cylindres, il possède un volant extérieur ; les tourillons des bielles sont à l'intérieur des paliers extrêmes, et l'arbre comporte autant de coudes qu'il y a de cylindres (*fig.* 65 à 67) ou de groupes de cylindres en tandem, c'est-à-dire superposés ou bout à bout (moteurs Gobron et Purrey). Les portées des tourillons de manivelles et de paliers sont munies de collets pour empêcher tout déplacement latéral nuisible (c'est-à-dire supérieur à 1/2 ou à 1mm) des bielles et de l'arbre lui-même.

27. ***Stabilité des véhicules.*** — La stabilité des véhicules automobiles en marche tend à être affectée par diverses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

causes, dont l'une des principales est l'action du fluide moteur dans les cylindres.

Dans les automotrices de chemins de fer à *attaque directe* des roues par les bielles, l'effort exercé sur les pistons est transmis par la bielle et la manivelle aux boîtes à graisse qui, appuyées alternativement de chaque côté contre les glissières de plaques de garde, impriment au véhicule, en raison de la non-concordance du mouvement des pistons, un léger mouvement de rotation autour d'un axe vertical : on donne à ce mouvement, assez analogue à celui qu'un cheval imprime à une voiture en agissant alternativement sur le collier par l'une ou l'autre de ses épaules, le nom de **lacet.** Sous son influence, qui est d'autant plus accentuée que les cylindres sont plus écartés de l'axe longitudinal du châssis, les boudins des roues tendent à venir tour à tour porter contre les rebords de chaque file de rails.

Roulis. — Dans la marche en avant de la machine, la vapeur, en agissant sur chaque piston, fait appuyer la crosse contre la glissière supérieure ; comme cette dernière est reliée d'une façon rigide au châssis, les roues les plus proches se trouvent déchargées d'un certain poids à tour de rôle, tandis que les autres roues de la machine sont surchargées d'une même quantité totale ; le châssis, sous ces variations de charge, oscille sur ses ressorts en produisant le mouvement qu'on appelle *roulis* (ce mouvement se produit aussi dans un véhicule tiré par un cheval, lorsque les points d'attache des deux traits au véhicule sont plus bas que ceux de fixation des mêmes traits au collier, le véhicule étant alors soulevé alternativement de droite et de gauche). Plus la bielle motrice est courte (comme plus est court le trait pour une même différence de niveau de ses points d'attache), et plus la quantité dont se trouve déchargée chaque roue avant est élevée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Recul. — L'action des pièces tournantes (manivelle, partie de la bielle motrice y attenant, parties des bielles d'accouplement attenant aux mannetons), et des organes à mouvement alternatif (piston, crosse, partie de la bielle motrice attenant à la petite tête), tend également à produire tour à tour une surcharge des roues sur le rail, puis une décharge des mêmes roues, donc un certain roulis; et en outre un mouvement généralement peu prononcé, en long de la locomotive parallèlement aux rails, appelé *recul*, et à peu près semblable à celui qui est dû à un réglage défectueux de la distribution et, dans les véhicules attelés, à un galop saccadé du cheval. Cette action des pièces à mouvement tournant ou alternatif accentue aussi le lacet.

Galop. — Enfin, quand les cylindres sont inclinés, la vapeur, en pressant alternativement chacun des fonds, tend encore à soulever l'avant de la machine, puis à l'abaisser dans la course suivante du piston ; la locomotive prend alors le mouvement connu sous le nom de *galop* et qui est analogue, en effet, à celui qui est imprimé à un véhicule par un cheval lancé au galop. Ce mouvement ne se manifeste plus, ou n'est que peu prononcé, dans les lourdes automotrices à vapeur actuelles, dont les cylindres sont, d'ailleurs, le plus souvent horizontaux ou ne sont que légèrement inclinés ; il n'affecte, d'autre part, que le poids suspendu de la machine et aucunement les essieux, les roues, etc.

Les dénivellations de la voie causent, de leur côté, de grandes perturbations dans la charge des roues du véhicule sur les rails ; quand les joints de la voie sont concordants, on y ressent à la fois un mouvement de galop et un mouvement de recul ; quand ils sont alternés et défectueux, c'est un mouvement de roulis qui se manifeste d'une manière très accusée dans un véhicule à deux essieux un peu écartés : ce mouvement est plus complexe dans les véhicules à un plus grand nombre d'essieux très rapprochés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les perturbations dues à l'action alternative de la vapeur sont particulièrement sensibles sur les véhicules à cylindres extérieurs, à grand effort de traction et marchant à faible vitesse; elles se manifestent d'une façon très apparente à l'avant d'une machine à cylindres extérieurs, montant une forte rampe, ou bien quand on fait patiner cette machine sur place, lors d'un démarrage. Le lacet peut devenir, d'autre part, dangereux quand une machine marche à une vitesse excessive sur une voie fatiguée, à forts surécartements ou dénivellations, ou bien lorsque les masses en porte-à-faux : foyer, cylindres extérieurs, sont importantes. Une usure latérale trop grande des coussinets des boîtes ou des boudins des roues avant peut aggraver les perturbations, et il convient de ne pas laisser cette usure dépasser une limite donnée, les machines devant par suite être levées à temps.

Lorsque les boudins viennent appuyer latéralement contre les rails, les roues avant peuvent monter sur la table si elles se trouvent en même temps déchargées d'une façon importante par l'effet de l'obliquité des bielles ou par une dénivellation importante de la voie, si encore les ressorts des roues n'ont pas une flexibilité suffisante pour maintenir une charge convenable sur ces roues. Les ressorts des roues d'avant doivent donc être surveillés d'une façon particulière par les mécaniciens, qui en demanderont le remplacement quand ils leur paraîtront avoir perdu de leur bande.

Les perturbations dues aux organes en mouvement de la machine sont efficacement combattues par certaines dispositions, comme l'application de contrepoids aux roues motrices et accouplées, la suppression des masses en porte-à-faux, l'emploi d'un bogie ou d'un bissel, enfin de cylindres intérieurs, ou disposés extérieurement vers le milieu de la machine.

Les contrepoids employés pour équilibrer les pièces tournantes sont appelés contrepoids de l'équilibre vertical; ils sont appliqués séparément sur chaque roue motrice ou accou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plée, à l'opposé de la manivelle ; l'équilibre vertical peut être complètement réalisé de cette façon. On pourrait annihiler totalement aussi les perturbations horizontales dues aux masses à mouvement alternatif, et qui donnent lieu au recul et au lacet, en appliquant d'autres contrepoids suffisants sur les roues accouplées, mais on pourrait créer ainsi une perturbation verticale plus dangereuse que celle que l'on voudrait faire disparaître, et on doit être prudent dans cette voie.

La stabilité des véhicules automoteurs est enfin conservée par l'emploi de balanciers de répartition articulés par leur milieu au châssis et reliés par leurs extrémités à deux ressorts voisins (*fig.* 234), qui tendent à égaliser constamment la charge sur les essieux qu'ils intéressent. Du côté de la voie, l'emploi de rails lourds, très longs et soudés, et de traverses rapprochées de fort équarrissage, diminue la flexibilité et les dénivellations et augmente, par suite, la stabilité [1].

Dans les voitures automobiles à vapeur, l'emploi d'un moteur à cylindres intérieurs et à grande vitesse de rotation, attaquant les essieux par l'intermédiaire de chaînes, atténue et supprime même presque entièrement les perturbations; lorsque la caisse de la voiture n'est pas réunie d'une façon rigide au truck moteur (voitures Turgan du Nord et Purrey de l'Orléans), cette caisse est également soustraite aux perturbations dues au moteur, et elle est seulement sensible à celles qui proviennent de la voie. Dans les voitures à air comprimé, où les cylindres sont extérieurs au châssis et attaquent directement les essieux, les perturbations sont particulièrement sensibles, en raison du faible écartement des essieux, et elles se manifestent surtout à l'impériale, dans les automotrices qui en sont munies. Dans les véhicules électriques, le couple moteur étant constant, les seules perturbations ressenties sont dues à la voie, à la conicité des bandages et à la

[1] *Le Mécanicien de chemin de fer*, 2e éd. ; Dunod et Pinat, éditeurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dissymétrie de la caisse et des moteurs par rapport à l'axe longitudinal, qui fait que le centre de gravité ne se trouve pas sur cet axe ; ces perturbations sont encore d'autant plus importantes que le porte-à-faux de la caisse est plus grand.

Dans les véhicules actionnés par des moteurs à explosions,

FIG. 62. — Arbre-vilebrequin à un coude (K) à contrepoids (G).

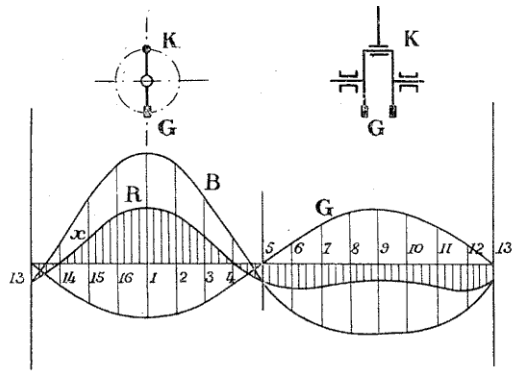


FIG. 63. — Forces d'inertie développées dans un monocylindre.

la réaction opérée sur l'arbre-vilebrequin et sur le bâti par les forces d'inertie (*fig.* 63), transmises par les pistons et par les bielles, imprime au moteur un mouvement de tangage et de roulis qui se traduit sur le véhicule par des trépidations verticales et transversales d'autant plus accentuées que le moteur est plus puissant, les organes mobiles plus lourds, le nombre des cylindres moindre, l'équilibrage moins bien réalisé, enfin le véhicule plus léger et de plus faible empattement. Comme dans les locomotives, les forces centrifuges sont produites par les parties à mouvement tournant : coudes de l'arbre-

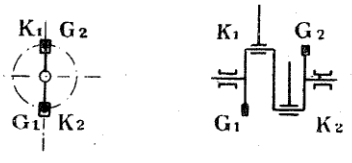


FIG. 64. — Arbre-vilebrequin à 2 coudes opposés, à contrepoids.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manivelle, tête de la bielle et partie (le 1/3 environ) du corps; et les forces alternatives par les pièces à mouvement de va-et-vient : piston, petite tête de bielle et partie du corps (les 2/3).

L'équilibrage d'un moteur est la compensation plus ou moins parfaite de ces forces centrifuges et alternatives. Les premières peuvent être totalement compensées par des contrepoids; c'est ce que l'on fait dans les monocylindres où l'on applique ces contrepoids dans le prolongement des flasques du vilebrequin (*fig.* 62).

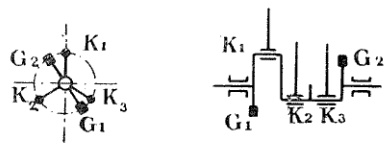


FIG. 65. — Arbre à 3 coudes (K) et deux contrepoids (G).

Dans les deux-cylindres, on cherche encore à équilibrer l'inertie des masses alternatives. Les deux-cylindres avec manivelles concordantes sont plus difficiles à équilibrer [1] que ceux avec manivelles à 180° (*fig.* 64), si d'autre part leur régularité est plus grande puisqu'il s'y produit une explosion par tour, tandis que dans ces derniers on a deux explosions pendant un tour et aucune le tour suivant; mais l'équilibrage est encore incomplet, car le moteur reste soumis, dans le cas de manivelles concordantes, à une force variable produisant des trépidations dans le sens horizontal, et dans le cas de manivelles à 180° à un couple, variable également, produisant des oscillations dans des plans passant par l'axe [2].

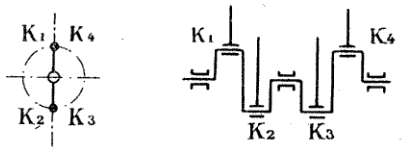


FIG. 66. — Arbre à 4 coudes opposés 2 à 2.

Dans les trois-cylindres à manetons calés à 120°, on dispose les contrepoids d'équilibre symétriquement par rapport au

(1) A. LAURET, *la Technique automobile*, numéro de novembre 1907, auquel nous empruntons ces figures.

(2) C. FAVRON, *la Technique automobile*, 15 janvier 1908.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

centre et aussi par rapport aux coudes 1 et 3 (*fig.* 65) du vilebrequin, soit à 30° de chacune des manivelles.

Les quatre-cylindres formés de 2 deux-cylindres accolés (*fig.* 66) sont généralement estimés s'équilibrer d'une manière suffisante, en raison aussi de la régularité de leurs explosions, et on ne leur applique généralement pas de contrepoids. Les quatre-cylindres en V s'équilibrent complètement, comme les six-cylindres ordinaires formés de 2 trois-cylindres symétriques par rapport au plan médian (*fig.* 67), et ni l'un ni l'autre n'ont besoin de contrepoids.

Sous ce rapport, le moteur à deux cylindres en V à 90° (*fig.* 24) est préférable, car les forces d'inertie peuvent y être presque totalement équilibrées ; il en résulte un rendement

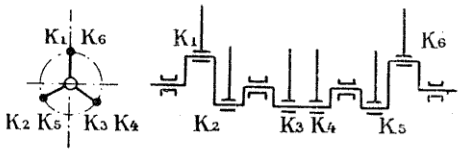


FIG. 67.
Arbre à 6 coudes.

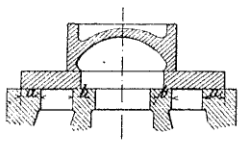


FIG. 68.
Tiroir de distribution.

organique meilleur et la possibilité d'employer ces moteurs avec une puissance sensiblement plus grande (1/3 à 1/4) que celle des deux-cylindres parallèles, qui est limitée à une valeur pratique d'environ 14 à 16 chx [2].

28. Le ***tiroir*** (remplacé parfois par des soupapes) est, dans les moteurs à vapeur et à air comprimé à double effet, l'organe qui distribue le fluide moteur de chaque côté du piston et permet ensuite son échappement dans l'atmosphère (ou le condenseur). Il a habituellement la forme dite *à coquille* de la figure 68, et il est appuyé sur la glace du cylindre par la pression du fluide moteur agissant sur son dos.

Lorsqu'il est dans sa position moyenne, ses bandes re-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couvrent les orifices extrêmes de quantités a et b qui sont appelées les recouvrements extérieur et intérieur du tiroir.

Le tiroir est entraîné par un cadre comportant une tige qui sort de la boîte de distribution dans un presse-étoupe (*fig.* 21), et qui est clavetée sur une crossette entraînée par la bielle *eb* de tiroir (*fig.* 29). Celle-ci est enfin actionnée par un coulisseau se déplaçant dans une coulisse *cc'* qui oscille autour de son centre *f* sous l'influence des excentriques montés sur l'essieu ou sur l'arbre moteur.

Dans les moteurs à changement de marche, les excentriques sont ordinairement au nombre de deux, l'un X (*fig.* 69) commandant la marche avant, et l'autre X' la marche arrière. Dans la distribution Walschaerts, l'un des excentriques est remplacé par un système de levier et de bielles reliant la crosse de piston à la tige de tiroir (*fig.* 29). Le second est emmanché à force sur un manneton venu de forge avec la contre-manivelle motrice, et il peut être aussi remplacé par un bouton sur cette contre-manivelle (*fig.* 386, locomotives et automotrices à air comprimé système Mkéarski).

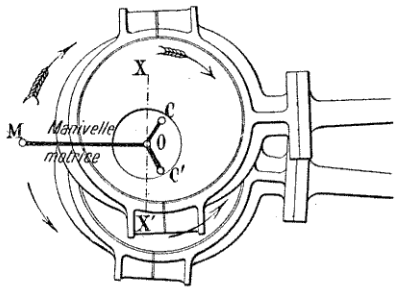


Fig. 69. — Excentriques de distribution.

Un *excentrique* se compose (*fig.* 69-29) d'un disque circulaire en fer appelé poulie ou chariot, d'un collier avec réservoir de graissage dans lequel tourne la poulie, et d'une barre *ad* reliant le collier à l'organe à commander. Le centre *a* de la poulie (*fig.* 29, ou *c* et *c'*, *fig.* 69) se trouve écarté de celui *o* de l'essieu d'une quantité *oa* (ou *oc*, *oc'*) que l'on nomme *excentricité* ou rayon de l'excentrique.

Dans le mouvement de l'excentrique, l'axe *ad* de la barre passe par le centre de la poulie, comme l'axe d'une bielle passe par le centre du tourillon ; le rayon de l'excentrique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est comparable lui-même à la longueur de la manivelle, de sorte qu'un excentrique avec sa barre est l'équivalent du système bielle et manivelle. Mais alors que l'excentrique avec sa barre est un système irréversible et ne peut transformer qu'un mouvement de rotation en un mouvement de translation ou de va-et-vient, la bielle avec la manivelle peut aussi transformer un mouvement de va-et-vient en un mouvement de rotation.

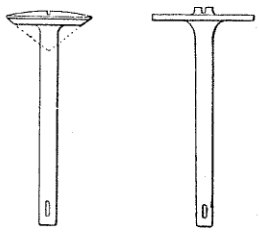


Fig. 70. — Soupapes de distribution.

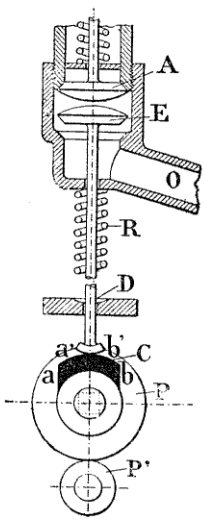


Fig. 71.

Soupape et came.

Mécanisme de l'échappement d'un moteur à pétrole.

A, soupape d'aspiration; E, soupape d'échappement; O, tubulure d'échappement; R, ressort de la soupape E; D, doigt du poussoir; *ab*, profil de la came; P, roue de dédoublement sur laquelle est fixée la came.

Dans la commande des tiroirs, le rayon de l'excentrique *oa* (ou *oc*, *oc'*) fait généralement avec la manivelle motrice M un angle supérieur à un angle droit d'une quantité que l'on appelle *angle d'avance*. Ce calage a pour but d'avancer le déplacement du tiroir de manière que, dans la position horizontale de la manivelle *om* représentée sur la figure 29, il se trouve avoir découvert l'orifice d'admission d'une quantité *c* (*fig.* 30) appelée avance linéaire à l'admission.

Dans les moteurs à *soupapes* (*fig.* 70), le mouvement est donné à ces dernières par des *cames*, qui sont des sortes de bossages constituant des parties excentrées sur un arbre de distribution (*fig.* 71, 36). Un ressort antagoniste fait revenir la soupape sur son siège après le passage du bossage. L'arbre à came est commandé au moyen d'un harnais d'engrenages droits par l'arbre-vilebrequin; les engrenages ont même diamètre dans les moteurs à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

double effet (*fig.* 36), tandis que dans les moteurs à pétrole à simple effet ou à quatre temps, la roue dentée de l'arbre à cames a un diamètre moitié seulement de celui de la roue d'entraînement, afin que cet arbre fasse deux fois moins de tours que l'arbre moteur.

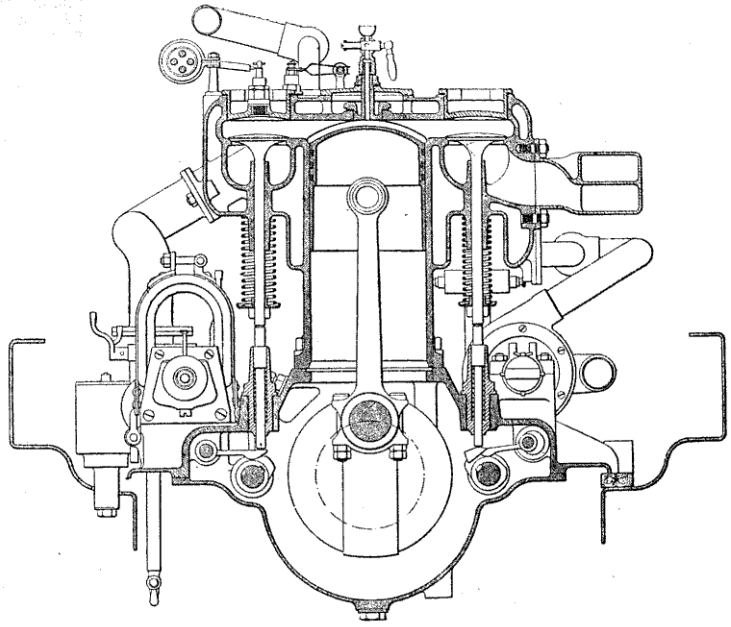


FIG. 72.—Moteur Peugeot.— Commande par came des soupapes d'admission et d'échappement.

29. ***Graissage.*** — Les divers organes en mouvement ont besoin d'être guidés au moyen de paliers, de glissières, de butées..., qui les maintiennent avec le moins de jeu possible dans la direction qu'elles doivent suivre ; le déplacement relatif des pièces en contact donne lieu ainsi à un certain frottement, qui peut absorber un travail important et produire une usure rapide des organes, qu'il y a évidemment lieu de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réduire le plus possible. A cet effet, on emploie d'abord pour la construction des pièces un métal plus ou moins dur élastique ou résistant, approprié à la fonction et au mode de travail de chacune d'elles. La conservation des parties en contact est assurée d'un autre côté par une lubrification convenable des surfaces, au moyen d'huile ou de graisse de qualité appropriée, suivant la nature et l'intensité des efforts à transmettre, la température du milieu, etc.

Ce problème a été très difficile à résoudre convenablement, en raison de la diversité de fonctionnement des organes, de la vitesse très grande de leur déplacement, de la pression élevée par unité de surface à supporter, de la haute température de plusieurs d'entre eux. Jusqu'à ces derniers temps, on employait à cet effet toute une batterie de compte-gouttes dont il fallait régler séparément le débit suivant la fatigue des pièces ; l'huile arrivait sous pression à la rampe de distribution par un dispositif à réservoir d'air comprimé qu'il fallait purger fréquemment, ou à l'aide de la pression des gaz d'échappement qui produisaient un encrassement rapide des conduits, ou encore par une pompe à courroie ou à chaîne dont le fonctionnement laissait souvent à désirer.

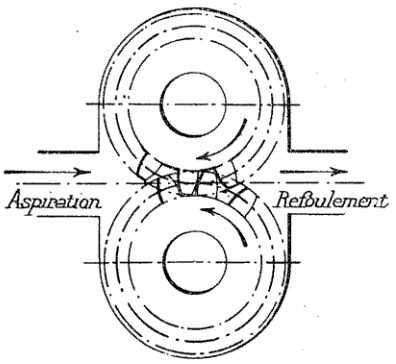


FIG. 73. — Pompe à engrenages D. B.

Devant l'importance capitale du problème, les principaux constructeurs ont fait étudier et expérimenter de nombreux dispositifs de graissage, et aujourd'hui les deux principales parties du véhicule : le moteur et la boîte des vitesses, sont lubrifiés d'une façon sûre, et en même temps économique, au moyen de la disposition ci-dessous, qui a généralement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remplacé le procédé *par barbotage* longtemps employé.

La partie inférieure des carters du moteur et de la boîte des vitesses forme réservoir d'huile, le niveau supérieur en étant déterminé de façon qu'aucun des organes en mouvement ne puisse venir en affleurer la surface. Une pompe à engrenages (*fig.* 73) ou à piston à commande par excentrique aspire continuellement l'huile du réservoir, et la refoule à une pression déterminée, variant de 120 gr à 1 kg, suivant les circonstances, à travers l'arbre-vilebrequin du moteur; celui-ci est percé, à cet effet, d'une extrémité à l'autre, d'un trou central avec canaux perpendiculaires venant déboucher au milieu des portées des coussinets de têtes de bielles et de paliers. Cette huile pénètre entre les surfaces frottantes, qu'elle lubrifie abondamment, et retombe ensuite dans la partie basse du carter, en entraînant les impuretés qui auraient pu se loger entre les tourillons et les coussinets.

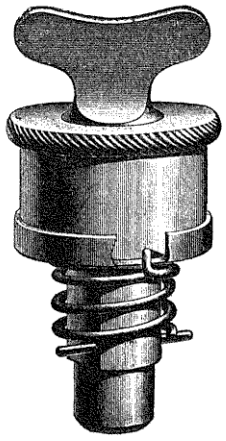


FIG. 74. — Graisseur à graisse consistante.

Pour la boîte de vitesses, l'huile gicle, par le haut, entre les dents en prise des engrenages et sur les paliers; avec un montage bien établi, on est donc assuré dens les deux cas d'un graissage efficace. Ce procédé présente encore un avantage, c'est que l'huile reste toujours propre et limpide et conserve toute son efficacité.

Les autres organes ou pièces en mouvement relatif du véhicule: fusées, pivots, articulations diverses, jumelles et lames de ressorts, sont lubrifiées au moyen de graisse consistante dite graisse jaune (*fig.* 74); cette graisse, moins fluide que l'huile, a moins tendance à s'échapper et à couler sur les bandages et sur les parties frottantes des freins. Des graisseurs ou chambrages, disposés sur les organes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à lubrifier, permettent de constituer une réserve de graisse qui fond et augmente automatiquement le graissage si les pièces dépassent une température de 60 à 80°.

Avec ces dispositions, et étant donné la qualité et la préparation des surfaces de frottement des divers organes, ceux-ci

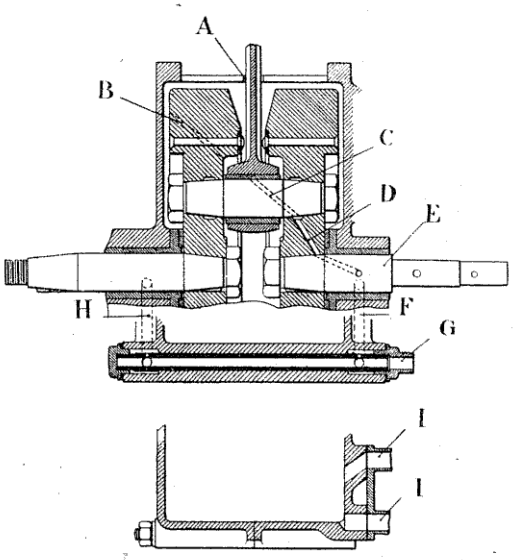


FIG. 75. — Graissage sous pression des coussinets et des cylindres dans les moteurs de Dion-Bouton.

I, trou d'aspiration de l'huile; G, broche tubulaire de distribution d'huile; F, H, canaux de montée de l'huile aux coussinets; B, C, D, trous percés dans le volant et dans l'axe d'accouplement pour le graissage de la bague de tête de bielle; A, passage de l'huile pour le graissage du cylindre.

ne prennent pour ainsi dire pas d'usure et n'absorbent qu'un travail très faible, de sorte que la plus grande partie de l'effort exercé sur les pistons se trouve transmise à l'essieu moteur ou aux roues.

La figure 75 et la légende qui l'accompagne montrent une application de ce mode de graissage à un moteur de DION-BOUTON. Les cylindres et les pieds de bielles sont lubrifiés par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le brouillard d'huile qui règne dans le carter et qui s'élève aux cylindres par l'ouverture A ; seule, pour ainsi dire, l'huile qui a servi au graissage des cylindres et qui est entraînée par les gaz d'échappement est perdue et doit être remplacée.

Pour la pompe à huile, deux engrenages (*fig.* 73) s'entraînent dans une boîte fermée, pourvue de deux orifices percés dans la direction de la tangente à leurs deux cercles primitifs. L'huile du réservoir pénètre dans la boîte par l'orifice inférieur, emplit le creux de la denture, d'où elle est entraînée puis chassée dans l'orifice de refoulement par les dents des pignons, dans leur mouvement de rotation ; elle passe ainsi dans les canaux de l'arbre, et une certaine quantité va aux cylindres. L'espèce de brouillard d'huile qui emplit le carter suffit pour lubrifier les autres organes, le conduit étranglé A permet le passage d'une quantité suffisante pour le graissage des cylindres.

En raison de la température élevée que prennent les parois de ces derniers, il est nécessaire que le lubrifiant employé soit de l'huile minérale de qualité supérieure ne se décomposant pas aux températures élevées. Le *de Dion-Bouton* a rendu compte d'expériences effectuées sur un grand nombre d'échantillons de toutes provenances ; avec celui classé le premier, les constatations faites furent les suivantes :

On prit un moteur de 12 chx et on préleva sur chacun des échantillons à comparer la quantité nécessaire pour assurer le graissage complet ; on mit le moteur en route et on le laissa marcher pendant une heure.

La température de l'huile, qui était au départ de 23°, fut trouvée à l'arrêt de 37° seulement ; pendant tout l'essai, la force du moteur se maintint la même exactement ; enfin, l'huile filtrée au papier ne laissa aucun résidu sur le filtre.

Avec l'échantillon classé deuxième, la perte de puissance du moteur après 35 minutes de marche atteignit 36 0/0 ; l'huile avait une température de 53°, et sa couleur était devenue brun sale, signe certain d'un commencement de carbo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nisation ; enfin, filtrée comme la précédente, elle laissa un léger résidu sur le papier.

La consommation de l'huile classée première et adoptée par la Maison de Dion-Bouton est estimée en marche courante à 35 grammes par heure pour un moteur de 12 chx ; le coefficient de frottement au départ est seulement de 1/200e, ou de 5 pour 1.000, — ce qui implique évidemment un moteur en bon état et bien rodé.

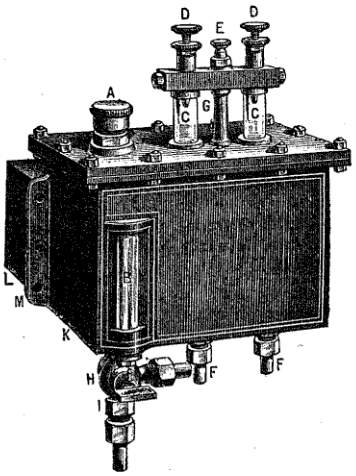


FIG. 76. — Graisseur Lefebvre.

A, bouchon de remplissage ; A', tube plongeur permettant de réserver *sans tâtonnement, en emplissant, la couche d'air devant rester entre le niveau de l'huile et le couvercle* ; B, tube en verre pour niveau ; CC, compte-gouttes ; DD, pointeaux de réglage avec contre-écrous et presse-étoupes ; E, robinet d'arrêt des compte-gouttes ; FF, tubes conduisant l'huile des compte-gouttes. La longueur de ces tubes est telle qu'ils plongent toujours dans l'huile ; H, robinet à trois voies servant à l'admission de l'eau et à la purge du graisseur. La clé est munie d'une flèche indiquant la position des orifices de la clé ; I, clapet de retenue évitant les retours d'eau et la manœuvre de la clé à l'arrêt du moteur ; K, récipient ; L, bossage traversant le garde-crottes et *permettant le réchauffage constant de l'huile par le voisinage du moteur.*

La figure 76 représente un graisseur à compression LEFEBVRE amenant l'huile aux divers organes à graisser. Les cylindres des moteurs à vapeur surchauffée sont généralement lubrifiés au moyen d'un graisseur à piston genre MOLLERUP (*fig.* 77) ou BOURDON. Les organes du moteur peuvent être munis de réservoirs propres (*fig.* 80), ou lubrifiés par barbotage (moteur PURREY).

30. *Appareils de mesure.* — On a généralement besoin de connaître à tout instant, dans les machines et les installations mécaniques ou électriques, la pression du fluide moteur, la quantité d'énergie dépensée, la résistance ou la chute de pression dans les conduites et conducteurs, etc.

Dans les véhicules à vapeur, on emploie à cet effet divers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manomètres (*fig.* 81, 82, 83), qui sont constitués essentiellement par un tube en laiton aplati (*fig.* 82) dans lequel pénètre la vapeur ou l'air dont on veut mesurer la pression ; l'extrémité du tube est fermée et s'éloigne ou se rapproche du centre du tube suivant que la pression intérieure augmente ou diminue, en entraînant par des bielles et des pignons une aiguille qui marque la pression du fluide sur un cadran gradué.

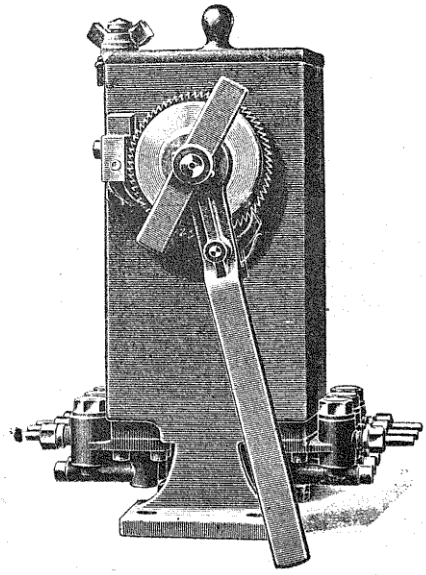


Fig. 77. — Graisseur mécanique.

C'est un appareil semblable qui indique la pression de la vapeur dans les chaudières ; lorsque cette vapeur est saturée, sa température est dans une certaine relation avec la pression, et on la détermine ainsi d'après cette dernière (voir *Note I* en appendice). Lorsque la vapeur est surchauffée, sa température peut être indépendante de sa pression, et on la mesure généralement alors au moyen d'appareils à cadran appelés **pyromètres**.

Dans les véhicules Darracq-Serpollet, un manomètre à faible graduation in-

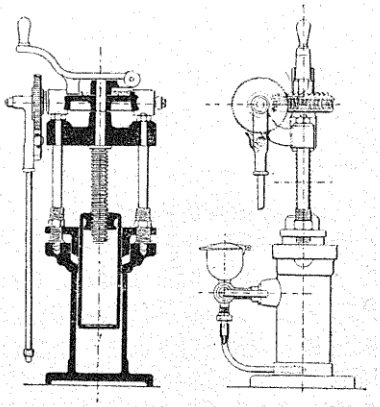


Fig. 78-79. — Graisseur Mollerup.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dique encore la pression de l'air sur le brûleur ; un autre manomètre, dont la graduation est continuée en deçà du zéro, sert à mesurer la pression de la vapeur dans le condenseur, laquelle, par temps froid, peut descendre en dessous de la pression atmosphérique.

Comme autres appareils de mesure, on fait usage de compteurs de tours pour évaluer la vitesse de rotation des moteurs, des roues des véhicules, etc. ; quand on connaît le diamètre de ces roues, on peut en déduire l'allure du véhicule et le chemin total parcouru à un moment quelconque.

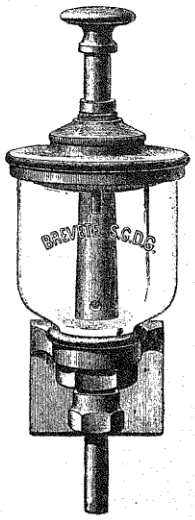


Fig. 80. — Graisseur coup de poing.

31. Le mouvement que reçoit le premier organe d'une machine n'est pas toujours celui qui convient à l'ouvrage ou au travail que doit effectuer la machine ; il arrive aussi fréquemment que la machine motrice est séparée de la machine à mouvoir : l'un des principaux objets de la mécanique est de changer, de

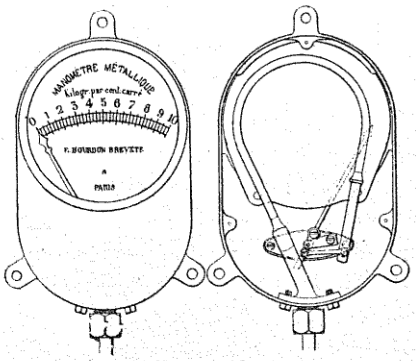


Fig. 81-82.
Manomètre métallique.

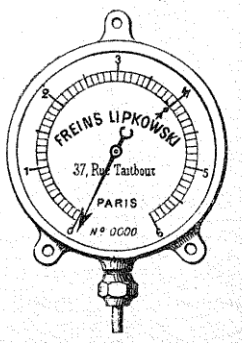


Fig. 83.
Manomètre de frein.

transformer et de transmettre des mouvements donnés selon

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les besoins. C'est ce que l'on nomme la ***transformation*** et la ***transmission des mouvements***.

On a à tout moment sous les yeux, dans l'industrie, des exemples de transmission et de transformation de mouvements : les *rouleaux*, par exemple (*fig.* 84), qui reçoivent, par

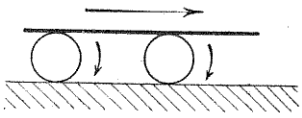


FIG. 84. — Rouleaux.

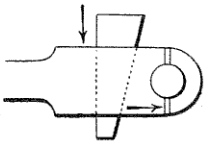


FIG. 85. — Coin.



FIG. 86. — Palmer (vis).

l'effet d'une poussée rectiligne, un mouvement de rotation, lequel donne au plateau qu'ils supportent un mouvement de translation, utilisé pour le transport des pièces lourdes; les *clavettes* ou *coins* de bielles (*fig.* 85), qui ont pour but de rapprocher horizontalement, ici, les deux parties d'un coussinet, par un mouvement vertical de descente opéré par un coup de masse donné sur la tête de la clavette ; on peut employer dans le même but des boulons, qui opèrent le serrage par l'avancement d'écrous dans le sens même du déplacement du dessus de coussinet (*fig.* 21). Dans le palmer (*fig.* 86), l'avancement linéaire de la partie mobile s'obtient par un mouvement de rotation imprimé à une molette; les *treuils*, *palans*, *grues*, *crics* (*fig.* 88 à 94) et autres appareils de levage transforment également un mouvement de rotation en un mouvement rectiligne. On utilise dans les machines-outils : meules, tours, machines à percer, étaux-limeurs,... des transmissions ou transformations de mouvements variées, qui sont obtenues principalement par l'emploi :

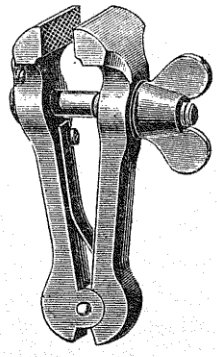


FIG. 87. — Etau à main.

De *poulies* et de *courroies droites* (*fig.* 95), ou de roues den-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

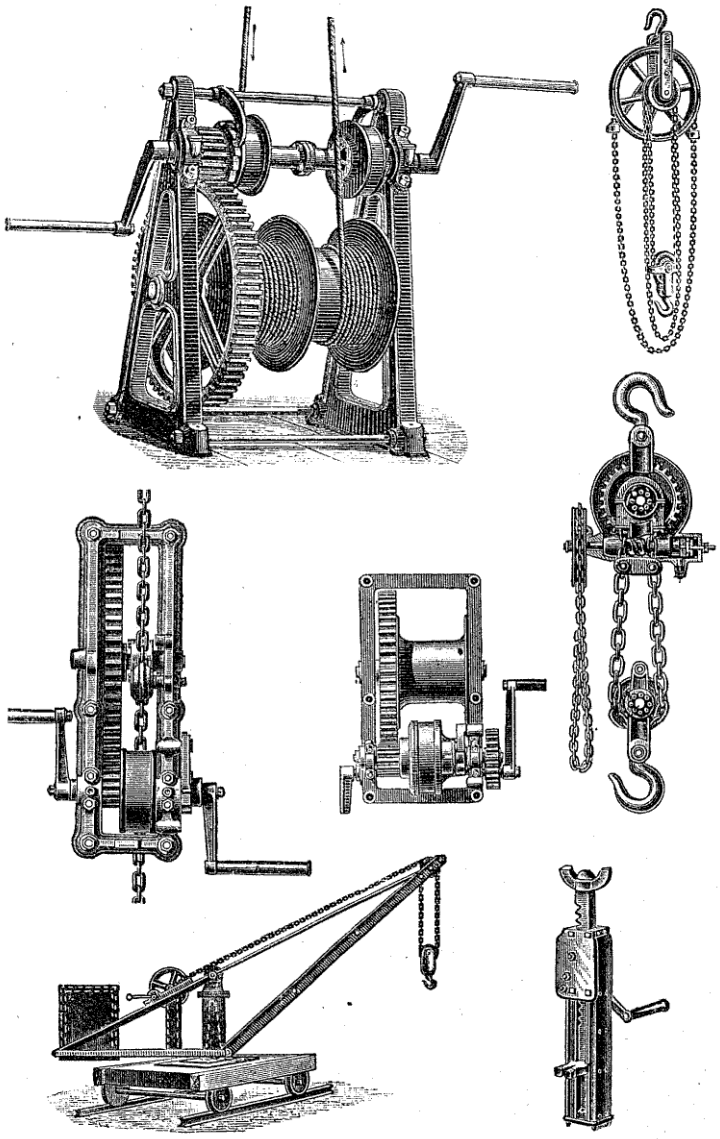


FIG. 88 à 94. — Transformations de mouvements. (Appareils de levage.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tées et de chaînes : transformation d'un mouvement de rotation en un autre de même sens;

De *poulies* et *courroies croisées* ou bien d'engrenages extérieurs (*fig.* 97, 98), intérieurs (99), à crémaillère (100) : trans-

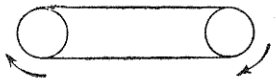


Fig. 95. — Courroie droite.

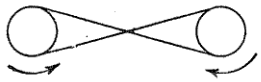


Fig. 96. — Courroie croisée.

formation d'un mouvement de rotation en un autre de sens opposé (translation, pour la crémaillère);

D'*engrenages coniques* (*fig.* 101 à 103) : transformation d'un mouvement de rotation en un autre perpendiculaire ;

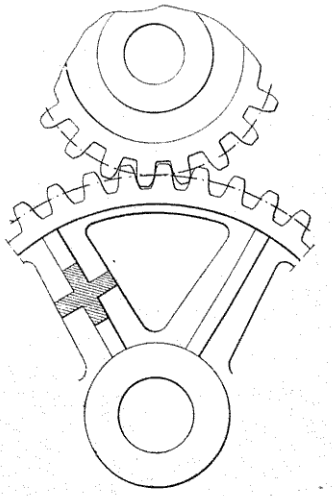


Fig. 97.
Engrenage extérieur droit.

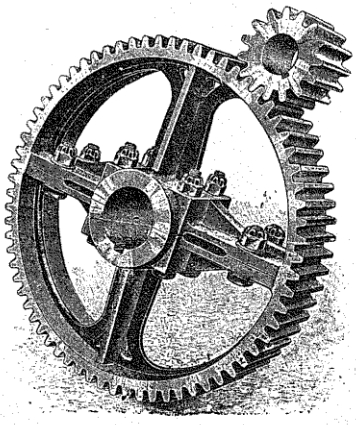


Fig. 98.
Engrenage extérieur droit.

Vis sans fin et écrou (*fig.* 104) : transformation d'un mouvement de rotation en un mouvement de translation;

Manivelle (ou *plateau-manivelle*) et *bielle* (*fig.* 105, 106) ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur équivalent l'excentrique (*fig.* 69), ou encore la came (*fig.* 71) : transformation d'un mouvement de rotation continu en un mouvement rectiligne alternatif, etc.



Fig. 99.—Engrenage intérieur.

Pour obtenir la mise en mouvement ou l'arrêt des machines ou des porte-outils, on emploie encore d'autres transformations ou renvois de mouvements par *tirettes*, *mouvements à sonnette*, etc.

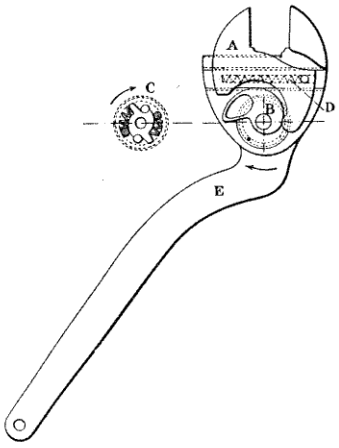


Fig. 100. — Clef Lacore à crémaillère.
A, corps de la clef; B, came; C, pignon; D, crémaillère.

Dans les véhicules automobiles, on fait aussi usage de nombreuses transmissions ou transformations de mouvements pour la commande et le déplacement des divers leviers ou bielles servant à produire la mise en marche du moteur et sa liaison avec la transmission, comme aussi les

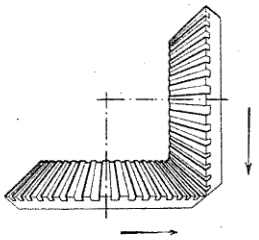


Fig. 101.
Engrenages coniques.



Fig. 102.
Engrenages coniques.

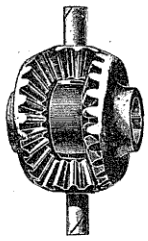


Fig. 103.
Engrenages coniques

changements de vitesse, la marche arrière, le freinage, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

commande de la direction, etc. Dans le moteur lui-même, les transmissions et transformations de mouvement sont multiples ; nous les étudierons en détail dans la suite.

Les transmissions de mouvement se font encore avec amplification, réduction, ou conservation de la vitesse, linéaire ou angulaire, des organes primaires ou de commande.

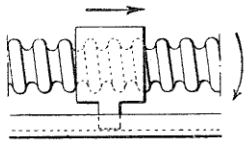


Fig. 104. — Vis sans fin et écrou.

32. Les ***engrenages***, on vient de le voir, servent à réaliser diverses transmissions ou transformations de mouvement, suivant qu'ils sont droits, coniques, extérieurs, intérieurs, etc.

Pour expliquer le mouvement des engrenages, on peut supposer deux disques ou rouleaux parfaitement cylindriques

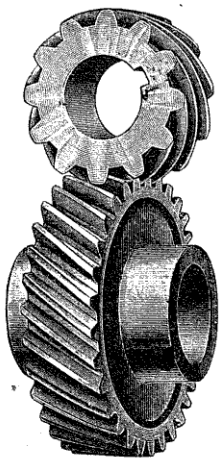


Fig. 104 *bis*.
Engrenages hélicoïdaux.

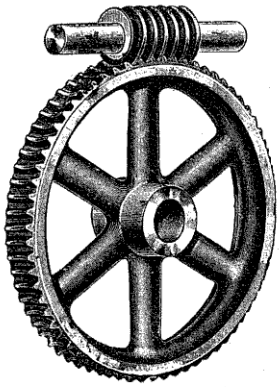


Fig. 104 *ter*.
Vis sans fin et roue dentée.

(*fig.* 107), de diamètre quelconque, montés sur axes et pressés l'un contre l'autre avec une force suffisante pour empêcher tout glissement ou patinage à leur contact (ce mode

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'entraînement par friction est d'ailleurs utilisé en automobile). Si, au moyen d'une manivelle, on imprime un mouvement de rotation à l'un des disques, il entraînera l'autre en sens inverse avec une vitesse à la circonférence exactement

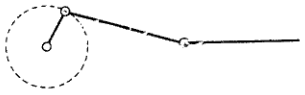


FIG. 105.
Bielle et manivelle.

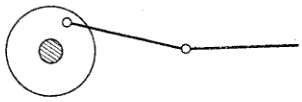


FIG. 106.
Bielle et plateau-manivelle.

la même, de telle sorte que, s'ils ont le même diamètre, ils feront le même nombre de tours; au contraire, si l'un des disques a un diamètre $2d$ double de celui d de l'autre, comme la circonférence πd est proportionnelle au diamètre, le premier disque fera un nombre de tours deux fois moindre que le second. On a donc ainsi le moyen d'obtenir, à la fois, une transformation de mouvement avec une amplification ou une réduction de la vitesse de rotation de l'arbre primaire. Si les deux disques sont perpendiculaires l'un à l'autre (*fig.* 108),

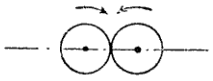


FIG. 107.

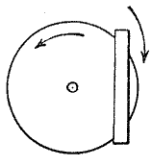


FIG. 108.

et si l'on a le moyen d'éloigner ou de rapprocher du centre du disque O le second disque O′, on voit que, dans le premier cas, pour une même vitesse angulaire de O, celle de O′ augmentera, la circonférence de contact avec le disque O ayant un plus grand développement; et que, dans le second, elle diminuera. Les limites de vitesse seront : celle même de la roue O (si les deux roues sont de même diamètre) quand la roue O′ sera sur le bord de la roue O, et une vitesse nulle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quand elle sera au centre de cette dernière. On aurait ainsi la possibilité d'obtenir, au moyen d'un premier disque à vitesse angulaire constante, une vitesse extrêmement variable d'un second disque posé de champ, dans n'importe quelle direction, sur le premier. Mais les rouleaux ou les cônes à friction ne présentent pas assez d'adhérence pour permettre la transmission d'un effort un peu élevé : on résout la difficulté (pour le premier mode d'entraînement exposé) en munissant le pourtour des disques de dents non concordantes, alternées avec des vides (*fig.* 109), qui engrènent ainsi entre elles, et dont on peut facilement proportionner les dimensions à l'effort à transmettre. — Quand les roues sont d'inégal diamètre, la petite prend parfois le nom de *pignon*, la grande conserve le nom de *roue dentée*.

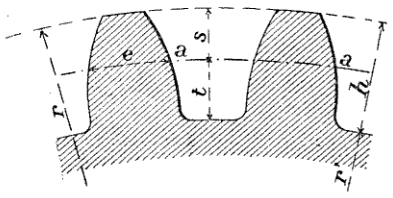
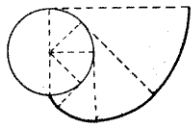


FIG. 109. — Denture.

Les dents d'engrenages sont tracées suivant divers profils.

Les circonférences des disques ci-dessus (*fig.* 107) sont appelées *cercles primitifs ;* on partage chacun de ceux-ci en parties égales (et suivant un nombre exactement diviseur du développement de chacun d'eux), comprenant l'épaisseur d'une dent *e* et la largeur d'un creux voisin (*fig* 109) : la distance *aa* constitue le *pas* de l'engrenage. La hauteur *h* des dents, se composant de la saillie *s* et du creux *t* et égale environ à 1,4 fois leur épaisseur, est déterminée par les deux autres cercles de rayons *r* et *r'*. On peut donner aux dents différentes formes ; le problème essentiel consiste à réaliser un contact permanent pendant le temps de prise. Les plus employées en automobiles dérivent


FIG. 110. — *Développante de cercle :* courbe décrite par l'extrémité d'un fil enroulé sur la circonférence d'un cercle, qui se déroule suivant une ligne droite en restant toujours tendu et tangent au cercle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la développante de cercle (*fig.* 110) et de l'épicycloïde (*fig.* 111), mais surtout de la première ou de formes approchées d'un tracé plus facile, comme l'engrenage de Willis (*fig.* 97).

Les roues d'engrenage peuvent occuper différentes positions l'une par rapport à l'autre, comme le représentent les figures 98 à 102 : *engrenages extérieurs*, *engrenages intérieurs*, etc. On emploie encore des *engrenages à fuseaux* où les dents de la roue sont des cylindres encastrés dans deux couronnes ou flasques latérales, les *engrenages à crémaillère* où l'une des deux roues a un rayon infini, c'est-à-dire est droite, et qui servent à transformer un mouvement rectiligne alternatif en un mouvement circulaire alternatif, ou *vice versa*, etc. Dans ces différentes sortes d'engrenages, la fonction des roues peut changer, la roue précédemment entraîneuse devenant entraînée.

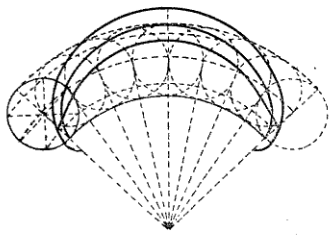


FIG. 111. — *Epicycloïde :* courbe décrite par un point d'une circonférence de cercle roulant dans un plan droit sur un autre cercle (c'est la courbe intermédiaire qui est utilisée pour le tracé des engrenages; les courbes au-dessus et au-dessous sont tracées, l'une par un point plus rapproché, l'autre par un point plus éloigné du centre).

La figure 77 montre une roue dentée dite *à rochet*, qui est entraînée par un cliquet recevant un mouvement de va-et-vient d'un excentrique.

On donne aux roues dentées en prise un certain rapport de dents, ou de diamètres, pour avoir la vitesse d'entraînement nécessaire.

Les roues d'engrenages sont coulées ou taillées ; cette dernière fabrication est beaucoup plus coûteuse, mais elle donne un bien meilleur travail et permet de supprimer le jeu qu'on laisse parfois aux dents entre elles, et qui n'a guère d'autre but que de remédier aux défauts d'exécution. En automobile, les engrenages se font en acier dur trempé et recuit à plusieurs reprises, en acier doux, ou bien en acier à 5 0/0 de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nickel, cémenté et trempé très dur. Les dents sont ensuite rectifiées pour présenter un profil parfait.

Des engrenages en bronze, en bois dur, en cuir vert comprimé, en fibre, sont utilisés dans certaines conditions dans l'industrie et quelques-uns dans les véhicules électriques.

Le mouvement de ces divers engrenages est réversible, sauf celui de la figure 104 *ter* d'une vis sans fin et d'une roue à denture appropriée; la vis entraîne la roue, mais l'inverse ne peut pas se produire. La vis sans fin est engendrée par un triangle ou un rectangle dont l'un des côtés se déplace sur un cylindre droit suivant une hélice (1); celle-ci est tracée (*fig.* 112) sur le cylindre, animé d'un mouvement régulier de rotation, par un stylet se déplaçant parallèlement à l'axe du cylindre, d'un mouvement uniforme également. Le chemin parcouru par le stylet pendant que le cylindre effectue un tour est le *pas* de l'hélice et du filet de la vis.

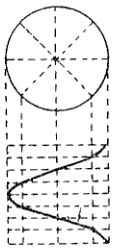


Fig. 112. — Hélice.

Courbe tracée sur un cylindre droit à base circulaire, animé d'un mouvement régulier de rotation, par un point se déplaçant verticalement et d'un mouvement également régulier sur le cylindre; le chemin parcouru verticalement pendant un tour par le point mobile s'appelle le *pas* de l'hélice. (Les filets d'écrous et de vis sont tracés par un triangle isocèle ou un carré s'appuyant par leur base sur le cylindre.)

Si la vis est à un seul filet et si les pas sont les mêmes, chaque tour de la vis fait avancer la roue d'une dent; si la roue comporte vingt dents sur sa circonférence entière, il faudra donc vingt tours de la vis pour produire un tour de la roue. On peut donc obtenir ainsi une très grande réduction de vitesse ou d'amplitude. On peut aussi donner à la vis un pas double de celui de la roue et intercaler un second filet dans le creux ainsi obtenu; la vis est alors dite à deux filets, et chacun de ses tours produit l'entraînement de deux dents de la roue. On conçoit qu'on puisse aussi fabriquer des vis à trois filets, mais elles sont rarement employées.

(1) On écrit et on prononce aussi héliçoïdal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La *vis sans fin et l'écrou* (*fig.* 113, 114) donnent une autre transformation du mouvement. La vis reçoit par exemple, par une manivelle manœuvrée à la main, ou par une poulie actionnée par une courroie, ou autrement, un mouvement de rotation, et en même temps un mouvement de translation, si l'écrou est fixe ; si c'est, au contraire, la vis qui, retenue par des collets, ne peut pas se déplacer longitudinalement, son mouvement de rotation dans un sens ou dans l'autre produit (*fig* 104) l'avancement ou le recul de l'écrou. Egalement, la rotation de l'écrou sur la vis peut produire son avancement sur cette dernière, s'il n'est pas maintenu à demeure ; s'il est fixe, au contraire, cette rotation produit le déplacement longitudinal de la vis.

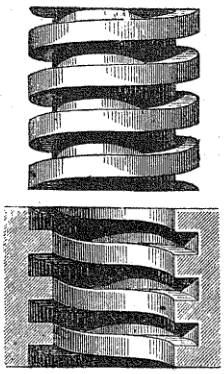


FIG. 113 et 114.
Vis à filet carré et écrou.

33. Les *joints articulés ou universels* permettent de relier

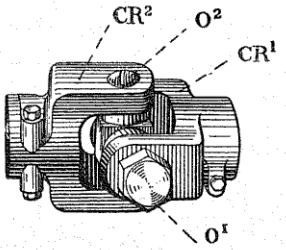


FIG. 115. — Joint de cardan dit à croisillon (Dr Bommier).

CR¹, CR², fourche enserrant le croisillon ; O¹, O², boulons du croisillon.

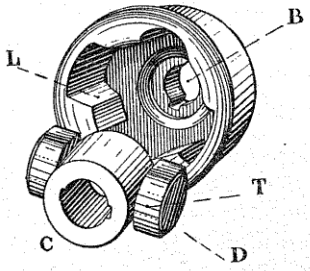


FIG. 116. — Cardan à dés.

L, fente diamétrale du manchon cylindrique : B, ouverture pour l'arbre de transmission ; D, axe du dé T.

deux arbres qui ne sont pas exactement dans le prolongement l'un de l'autre. Les joints de **Cardan** (ou à la Cardan) servent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à relier deux arbres se coupant sous un angle obtus généralement supérieur à 135° ; ils se composent en principe (*fig.* 115) de deux croisillons à quatre branches, dont deux sont articulées à l'organe producteur de mouvement et les deux autres à la pièce à entraîner.

Le joint d'***Oldam*** s'emploie pour réunir deux arbres parallèles peu distants. La liaison s'effectue au moyen d'un disque sur les deux faces duquel font saillie deux clavettes à angle droit ; ces clavettes s'engagent à frottement doux dans des rainures pratiquées dans deux plateaux terminant

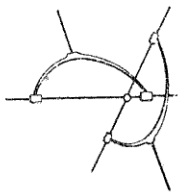


Fig. 117. — Joint d'Oldam.



Fig. 118.

les arbres et formant manchon d'accouplement par l'intermédiaire du disque. Chaque clavette permet un déplacement relatif du disque par rapport à l'arbre correspondant. Les deux arbres sont animés constamment d'une même vitesse. Le joint d'Oldam peut être réalisé aussi par un croisillon à deux bras perpendiculaires (*fig.* 117), dont les extrémités peuvent se déplacer longitudinalement dans des œils terminant les fourches portées par les arbres à relier.

La figure 118 représente le *double joint* de Hooke.

Les *articulations sphériques* sont employées dans les bielles d'accouplement des locomotives où certains essieux doivent pouvoir prendre un déplacement transversal.

34. Les ***chaînes*** servent, comme les courroies droites (*fig.* 95), à transmettre un mouvement continu, en conservant le sens de la rotation. La plupart des chaînes employées sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du type à *rouleau* (*fig.* 119) et sont formées par des axes venant s'engager dans les creux des dents des roues d'engrenages,



FIG. 119. — Chaîne Brampton.

et reliés entre eux par des mailles extérieures articulées ; ces mailles guident en même temps la chaîne et l'empêchent de tomber des roues.

La chaîne dite *Varietur* (*fig.* 120 à 123) s'emploie dans les

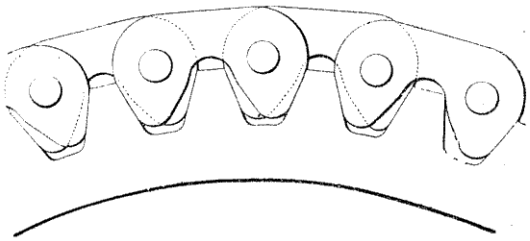


FIG. 120. — Chaîne Varietur.



FIG. 121.
Maille ordinaire.



FIG. 122.
Maille-joue.

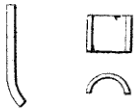


FIG. 123.
1/2 garniture.

véhicules lourds : les camions et les automotrices sur rails (tramways et chemins de fer) système PURREY en sont notamment pourvus. Les axes, dans la fabrication SÉBIN, sont réunis par des mailles alternées, groupées par deux ou trois et assemblées au moyen de demi-garnitures ; celles-ci sont rapportées, et on peut ainsi les remplacer quand elles ont trop d'usure et qu'il faut raccourcir la chaîne et la remettre au pas.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les roues sont à denture triangulaire comme les mailles; celles-ci s'y engagent sans bruit et plus profondément à mesure de l'usure des mailles elles-mêmes; le guidage se fait par des mailles extérieures dénommées mailles-joues.

La chaîne RENOLD a le même profil, mais l'axe peut tourner sur lui-même, et il est muni d'une fourrure qui a toute sa longueur. Le guidage est central au lieu d'être latéral comme dans la chaîne Sébin.

35. Les ***pièces*** de châssis ou de machines qui doivent être ***assemblées*** entre elles d'une façon invariable et qui n'ont pu être ni forgées ou soudées, ni venir de coulée ensemble, sont généralement réunies au moyen de rivets qui peuvent, suivant le cas, être à têtes saillantes ou noyées, sphériques, coniques, cylindriques, etc. Les boulons servent spécialement à réunir des pièces, parties ou organes qui ont encore besoin d'être solidement assemblés, mais qui doivent pouvoir être démontés pour réparation ou visite : chapeaux ou coussinets de bielles et de paliers, couvercles ou fonds de cylindres, etc. Pour la facilité du montage ou du démontage, on remplace parfois les boulons par des vis, des goujons ou prisonniers, etc. Afin que les écrous et les vis ne puissent se desserrer sous l'effet des chocs et des trépidations, on les maintient au moyen de dispositifs divers dont les figures 124 à 157 représentent un certain nombre : freins, contre-écrous, clavettes, goupilles tournées ou doubles, rondelles spéciales...

Les figures 158 à 162 représentent des ressorts de diverses formes qui sont également employés dans la construction mécanique pour amortir les efforts et les chocs, qu'ils rendent un peu diminués.

D'autre part, dans la production et la transmission des mouvements, il tend généralement à se produire des déplacements et frottements parasites d'organes, préjudiciables à la continuité du travail, et un ***guidage*** précis de ces organes est nécessaire pour les maintenir dans leur position normale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, le piston d'un moteur à pétrole a besoin d'être guidé

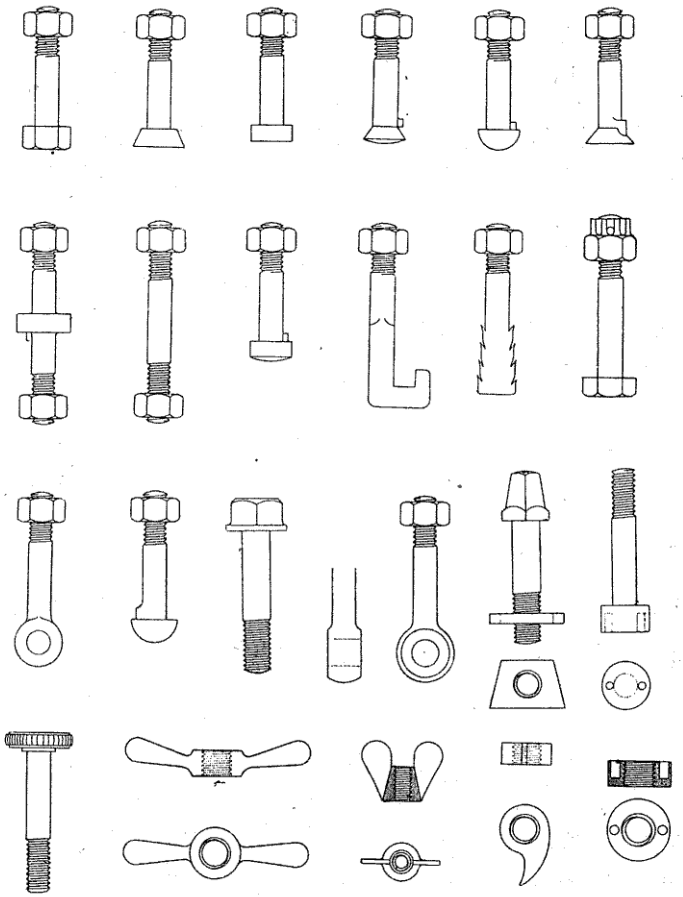


FIG. 124 à 146. — Éléments et organes de machines.
Boulons, goujons, prisonniers... employés pour réunir des pièces démontables.

Vis, boulon. — Tige généralement cylindrique, comportant une tête le plus souvent à 6 pans venue de forge avec la tige à l'une des extrémités, et une partie filetée (avec écrou pour le boulon) à l'autre extrémité.
Goujon, prisonnier. — Tige cylindrique filetée à ses deux extrémités, se vissant par l'une dans la pièce fixe et munie d'un écrou à l'autre.
Goupille, clavette, contre-écrou, freins divers,... employés pour empêcher le desserrage ou la chute des écrous, goujons...

dans le cylindre pour ne pas prendre, sous l'action de la bielle,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une position oblique qui produirait son coincement et tendrait à arrêter son mouvement. Ce guidage est obtenu en prolongeant le piston à sa partie inférieure par une partie formant coulisseau (*fig.* 51) dans le cylindre, dont les parties latérales forment elles-mêmes glissières (*fig.* 22).

Dans la transmission du mouvement du piston d'une machine à vapeur à la bielle, la tige de piston et la bielle, sous

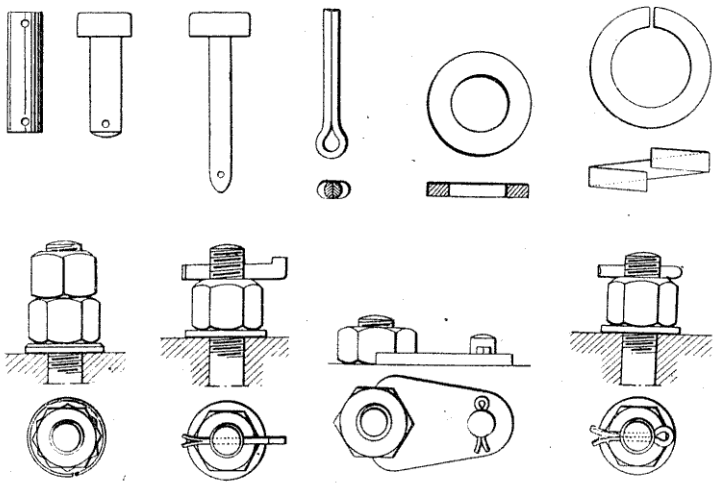


Fig. 147 à 157. — Axes, goupille double, rondelle ordinaire, rondelle Grower, écrou, contre-écrou, clavette, goupilles, freins à pans hexagonaux.

l'effort de traction du piston, tendraient à se placer suivant une ligne droite (*fig.* 163) si la crosse n'était assujettie à se mouvoir suivant l'axe du cylindre entre des glissières de forte section. Ces dernières, au moyen de rebords (ce sont parfois les patins eux-mêmes qui sont munis de ces rebords) guident encore la tête de piston dans le sens transversal (*fig.* 59 et 164).

L'essieu moteur d'une voiture automotrice de chemin de fer ou de tramway a besoin également d'être maintenu normalement au châssis, ce qu'on obtient en enveloppant les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coussinets de boîtes, dont les côtés sont maintenus dans les



FIG. 158.



FIG. 159.

FIG. 158 à 160. — Ressorts à lame.

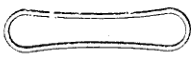


FIG. 160.



FIG. 161.
Rondelles Belleville.



FIG. 162.
Ressort en hélice.

deux sens : longitudinal et transversal, entre des glissières fixées aux longerons (*fig.* 165). Sans cette disposition, l'essieu

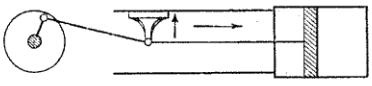


FIG. 163.
Glissières de tête de piston.

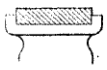


FIG. 164.
Glissière (section transversale).

serait poussé et tiré alternativement par la bielle et la manivelle, et le piston lui-même viendrait cogner à ses fonds de

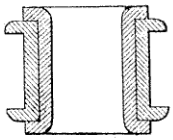


FIG. 165. — Guidage de boîte d'essieu.

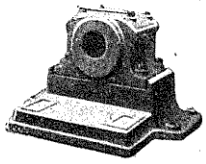


FIG. 166. — Palier d'arbre.

course contre les plateaux du cylindre. Le châssis se déplacerait encore d'une façon dangereuse dans le sens transversal

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans les collets des essieux et les joues des boîtes, qui sont montées de manière à ne permettre qu'un faible jeu facilitant l'inscription du véhicule dans les courbes.

De même, l'arbre-manivelle, dans les moteurs d'automobiles, est guidé dans ses paliers (*fig.* 166 et 22), qui le maintiennent dans une position à peu près invariable, à quelques dixièmes de millimètre près, en hauteur, par rapport aux cylindres.

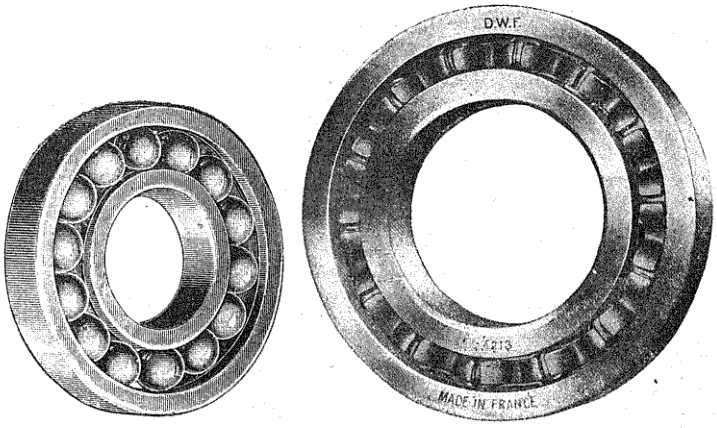


FIG. 167.
Roulement à billes MAB. Roulement à billes DWF.

Il est aussi maintenu avec un jeu transversal de quelques dixièmes de millimètre seulement par les collets des portées, qui viennent s'ajuster à frottement doux dans les coussinets de paliers (*fig.* 22).

D'autres dispositions de guidages : coulisse, rainure, guides carrés ou ronds, sont encore employées pour empêcher des déformations de pièces en mouvement et leur conserver leur position géométrique. Ces pièces de guidage absorbent évidemment un certain frottement, parfois élevé, et il importe de les lubrifier d'une façon continue et suffisamment abondante, pour réduire ce frottement, l'usure, les échauffements,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les grippages, les déformations et même les ruptures d'organes. D'autre part, les dispositifs de guidage doivent être judicieusement choisis et disposés, et les surfaces d'appui largement calculées.

On tend, depuis quelque temps, à substituer aux coussinets lisses d'arbres et d'essieux, des roulements *à billes* (*fig.* 167-169) et à rouleaux qui donnent moins de frottement (le coef-

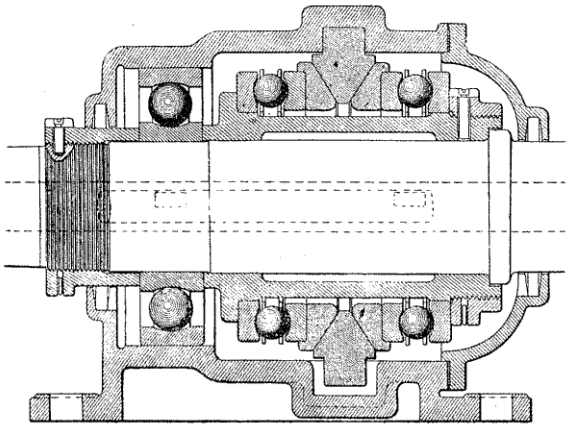


FIG. 168 — Butées à billes pour palier à double effet.

ficient peut descendre au-dessous de 0,005) et prennent aussi moins d'usure.

Fréquemment, en automobile, en raison de l'exigüité d'emplacement et aussi pour réduire les poids, on doit faire supporter aux coussinets des charges unitaires (c'est-à-dire par centimètre carré) de 12 à 15 kg et plus. Or, des coussinets en bronze, même très bien établis, et en métal de bonne qualité comme le bronze au plomb, n'auraient dans ces conditions qu'une durée très limitée, et nécessiteraient dans l'intervalle un entretien à peu près constant pour le rattrapage du jeu produit par l'usure et le matage. Ces inconvénients ne sont pas à craindre avec les paliers à billes (*fig.* 168), et on peut même faire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

supporter à ces roulements des pressions de 40 à 50 kg par centimètre carré, sans aucun inconvénient ; l'un des auteurs de ce traité est même allé dans cette voie — avec, il est vrai, de faibles vitesses angulaires de 100 à 200 tours par minute — jusqu'aux charges de 100 à 110 kg, en retirant d'excellents résultats de cette application. De semblables montages doivent évidemment être parfaitement exécutés (au 1/100e de mm près), et il faut, autant que possible, que toutes les billes soient intéressées à la charge et, par conséquent, exactement calibrées ; sans ces conditions, des ruptures se produiraient, qui amèneraient rapidement la mise hors de service du roulement. Les billes doivent être elles-mêmes parfaitement sphériques, en acier de première qualité et trempées très dur ; elles doivent encore être très libres dans leur logement, de manière à pouvoir tourner sur elles-mêmes dans le déplacement de la pièce mobile.

Dans les tramways, les roulements à billes commencent à être employés pour les paliers d'induits des moteurs électriques ; on a essayé, d'autre part, avec succès dans les chemins de fer, les roulements à rouleaux pour les essieux des voitures de trains à grande vitesse à la place des coussinets lisses.

Des essais comparatifs effectués sur des paliers lisses et des roulements à billes D. W. F. ont montré que le frottement de ces derniers à 1.100 tours est 7 fois moindre que celui des paliers lisses (0,01 contre 0,07), — qu'il est indépendant de la vitesse et n'est pas plus élevé au démarrage qu'en marche régulière, — enfin que la pression sur les paliers à billes peut s'élever à 100 kg environ par centimètre carré.

Les roulements à billes doivent être convenablement graissés et surtout soustraits à l'action de la poussière et de la boue. Ils s'emploient pour les frottements les plus divers : paliers (*fig.* 168), butées (*fig.* 169), pivots de direction, etc. Les roulements pour butées comportent deux couronnes en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laiton reliées entre elles et percées de trous en regard, dans lesquels sont logées les billes avec un jeu leur permettant de se déplacer librement sur elles-mêmes, en roulant sur les bagues de butée (*fig.* 169).

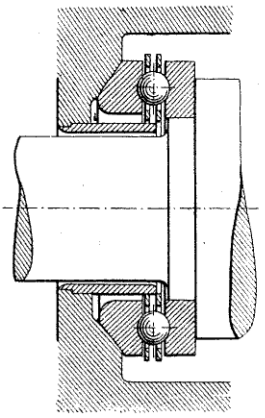


FIG. 169.
Butée à billes DWF.

36. Les ***embrayages,*** en général, se composent de deux parties qui sont fixées, dans les automobiles, l'une sur le moteur, l'autre sur la transmission, et que l'on peut mettre en prise pour communiquer à cette dernière le mouvement du moteur, ou bien séparer pour permettre au moteur de continuer à tourner après l'arrêt de la transmission. Un bon embrayage doit permettre un entraînement progressif de la partie conduite, la vitesse des deux parties pouvant être différente pendant la période de mise en action ; ensuite, ces deux parties doivent bien posséder les mêmes vitesses, sans glissement. L'embrayage peut être effectué au repos du véhicule, ou bien en marche, quand on veut changer de vitesse ; dans ce dernier cas, on débraye d'abord, puis on déplace le train balladeur, enfin on embraye de nouveau. Quant au débrayage, il doit s'effectuer rapidement et d'une façon sûre.

Les embrayages employés sur les véhicules industriels et les autobus, en dehors des appareils électriques et magnétiques, sont du système à friction ; mais les divers types diffèrent par la forme, le mode de serrage des parties d'entraînement, etc. La plupart sont du système à cônes droits (*fig.* 170 et 171) ou renversés, la partie femelle étant disposée à l'extrémité de l'arbre du moteur, auquel elle sert de volant, et la partie mâle sur la transmission : la première partie est fixe dans le sens longitudinal, la seconde est mobile, et elle peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

venir s'emboîter dans la première sous la poussée d'un système de leviers, bielles, ressort, pédale, etc. Le contact se

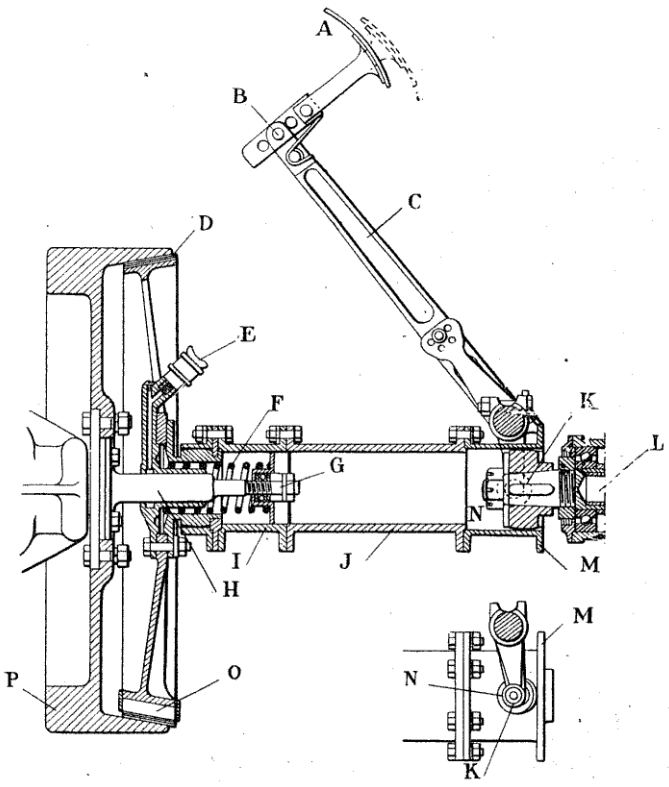


FIG. 170. — Embrayage à cônes droits Peugeot.

F, ressort appuyant l'un contre l'autre les 2 cônes de friction ; K, levier de débrayage avec galet de roulement ; M, bride du tube N ; B, axe permettant de déplacer la pédale A en la fixant dans un des trous de réglage ; J, manchon en 2 pièces ; I, douille ; G, écrou de réglage de la tension du ressort F.

fait généralement avec interposition d'une bande de cuir, qui permet un certain glissement sans détérioration des parties en prise. L'adhérence ne doit pas dépasser sensiblement l'effort nécessaire à l'entraînement, afin que, si une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résistance anormale vient à se manifester dans la partie entraînée, par suite de coincement, de butée, etc., un glissement puisse se produire dans cette partie et en permettre le ralentissement ou l'arrêt sans détérioration d'organes ni arrêt brusque du moteur.

Au lieu de cônes, certains constructeurs emploient des

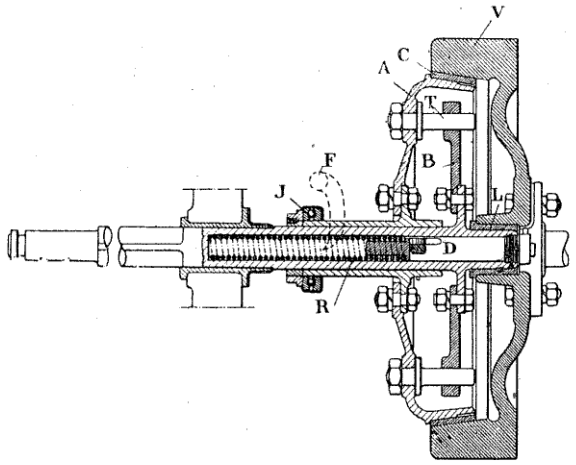


FIG. 171. — Embrayage à cônes et à tocs P.L. type 1904.

V, volant du moteur; A, cône d'embrayage; B, plateau à tocs; C, cuir; T, T, tocs; D, tige d'embrayage; F, fourchette d'embrayage; J, boîtes à billes; L, douille du volant; R, ressort d'embrayage.

embrayages cylindriques avec partie intérieure extensible, ou bien des embrayages à enroulement, à plateaux, à couronnes agissant par frottement de métal sur métal, avec ou sans graissage, ou de métal sur cuir.

Les embrayages électriques ne sont utilisés que sur les véhicules actionnés par ce mode d'énergie; les embrayages magnétiques peuvent être employés sur les véhicules les plus divers.

La figure 173 montre un embrayage à plateaux métalliques MALICET ET BLIN, dans lequel l'entraînement s'opère par la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pression de plateaux en laiton, solidaires d'une cuvette reliée au volant, contre des plateaux en acier plus petits, solidaires d'un tambour calé sur l'arbre de changement de vitesse. La partie lourde de l'appareil se fixe au volant du moteur par

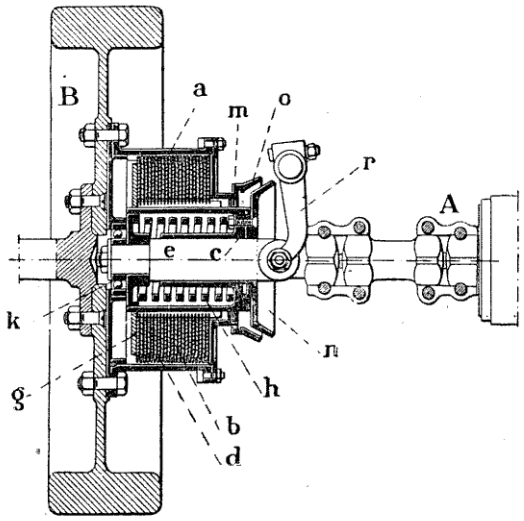


FIG. 172. — Embrayage à disques *Bayard-Clément* (Dr Bommier).

B, volant du moteur; *a*, tambour solidaire du volant; *b*, *d*, disques; *c*, manchon à entraîner; *e*, axe solidaire du manchon; *g*, disque épais; *k*, roulement à billes de butée; *h*, ressort en hélice; *m o*, cône femelle fixe; *n*, cône mâle mobile; *r*, levier de commande; A, arbre de transmission.

six boulons; au contraire, la partie reliée au changement de vitesse est légère et a une faible inertie, condition nécessaire pour assurer un bon passage au changement des vitesses. La pression réalisant l'entraînement est obtenue par l'intermédiaire d'un ressort central évitant tout coincement. Quand on débraye, il est nécessaire de ralentir le mouvement de l'arbre entraîné, ce que l'on obtient au moyen d'un petit frein en fibre qui agit quand le manchon d'embrayage recule.

L'embrayage HELE-SHAW (*fig.* 174), employé sur les véhicules Eug. Brillié, et notamment sur les autobus de Paris,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est basé sur le même principe, mais les plateaux ou disques ont ici une forme conique (*fig.* 175) qui facilite l'adhérence ; en outre, la pression d'entraînement s'obtient par un certain nombre de petits ressorts semblables à *r*, placés vers la périphérie, au lieu d'un ressort unique central.

Pour débrayer, on annule l'action de ces ressorts et, par

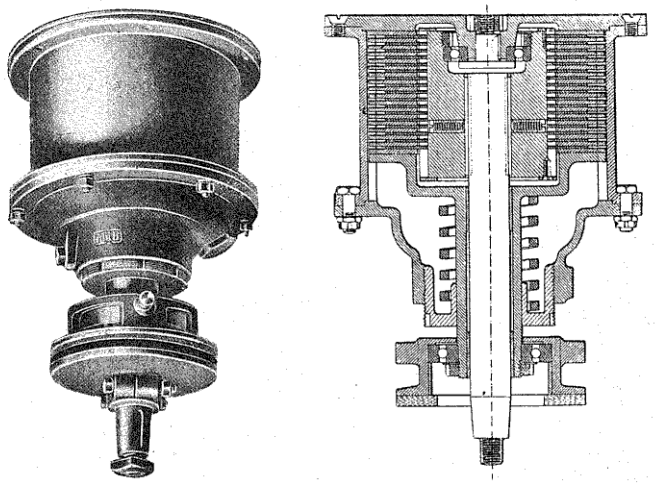


FIG. 173. — Embrayage MAB.

suite, la pression qui produit l'adhérence entre les disques, en agissant dans le sens de la flèche ; chaque disque est muni lui-même sur la partie plate de trois petits ressorts à lames *r*, *r*, *r* (*fig.* 176), qui font alors écarter les disques les uns des autres, en aidant à produire un débrayage rapide et complet.

La figure 177 représente le type le plus récent de cet appareil. Le tambour T est entraîné par le volant V du moteur, auquel il est directement relié par des boulons ; l'arbre à entraîner AA s'engage par un carré dans le noyau N, dans lequel est aussi encastré un roulement à billes monté sur le téton terminant l'arbre-vilebrequin v. Le plateau T et le noyau N sont munis, le premier de rainures intérieures, le second

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de rainures extérieures (*fig.* 174) dans lesquelles s'engagent des disques respectivement en bronze et en acier, qui peuvent être pressés les uns contre les autres, pour produire l'entraînement, par l'intermédiaire du plateau P actionné par le collier à oreilles OO. Ce collier est prolongé par un cône femelle C

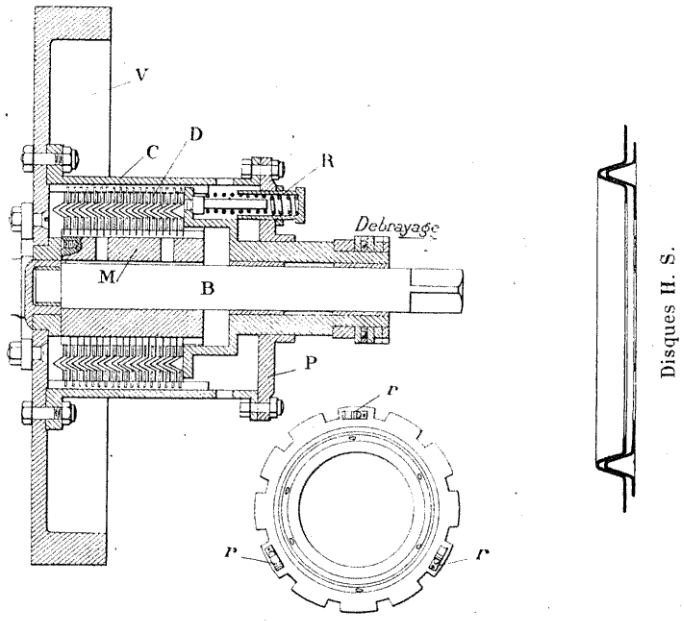


FIG. 174 à 176. — Embrayage Hele-Shaw.

B, arbre conduit ; C, cuvette d'entraînement ; M, tambour calé sur l'arbre du changement de vitesse ; R, R, ressorts produisant l'embrayage ; *r*, *r*, petits ressorts à lames aidant au débrayage.

qui vient frotter en faisant frein, lorsqu'on débraye, contre le cône mâle C′ monté sur l'arbre AA. Lorsque le débrayage est opéré, les disques en bronze du tambour T ne frottent plus sur les disques en acier du noyau N, qui reste en repos ainsi que l'arbre AA.

L'embrayage peut s'opérer progressivement en laissant patiner les disques ; on peut ainsi faire varier l'allure du véhi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cule depuis une très faible vitesse jusqu'à l'allure maximum, en conservant le levier d'embrayage à la grande vitesse. On doit maintenir l'embrayage garni, au tiers environ, d'huile suffisamment fluide ; en augmentant cette proportion, l'entraînement s'effectue plus lentement, et il est au contraire plus rapide lorsqu'on la diminue.

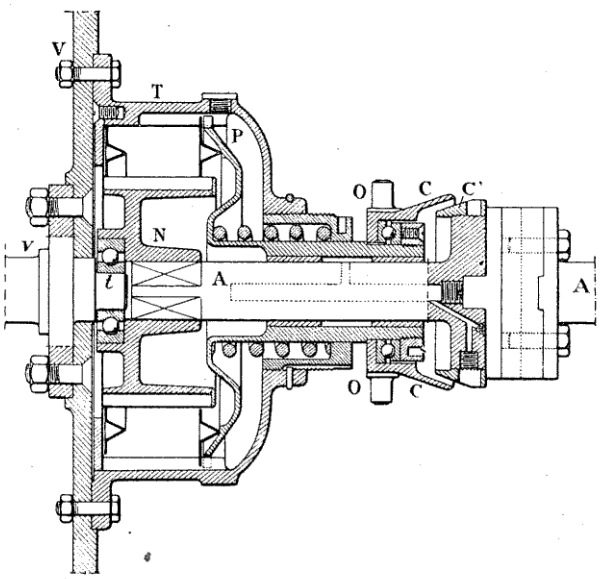


FIG. 177. — Embrayage Hele-Shaw.

Un embrayage neuf doit se régler à nouveau après quelque temps de marche, les disques s'étant tassés de quelques millimètres : ce réglage s'effectue en modifiant la tension du ressort central.

Nous décrirons plus loin les systèmes d'embrayage à plateaux métalliques de DION-BOUTON et PANHARD-LEVASSOR, à propos des véhicules de ces constructeurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

37. *Changement de vitesse et de marche.* — Une réduction dans la vitesse d'un système fonctionnant à travail constant augmente l'effort exercé, en vertu du principe de mécanique qui indique que ce que l'on perd en vitesse on le gagne en force. Un arbre tournant à demi-vitesse de l'arbre moteur peut transmettre ainsi un effort deux fois plus grand que s'il était calé dans son prolongement. Le moteur à pétrole, grâce à divers modes de réglage, possède une certaine souplesse et peut tourner d'une façon assez régulière à différentes allures entre sa vitesse normale ou de régime (qu'on peut d'ailleurs aussi lui faire dépasser au moyen de certains artifices), et une vitesse minima assez faible. Néanmoins, on conserve dans les véhicules actuels les dispositifs de changements de vitesse, ou plus exactement de démultiplication, employés au début de l'automobile, — et tout à fait indispensables alors pour obtenir une gradation suffisamment étendue d'efforts et de vitesses, et un fonctionnement économique et régulier aux diverses allures les plus utiles aux types de véhicules, suivant leur destination.

Les changements de vitesse employés sont presque tous du type dit *à trains baladeurs;* ces trains sont généralement aujourd'hui au nombre de deux ou trois, présentant l'avantage sur le train baladeur unique d'une usure moindre des dents d'engrenage, d'un encombrement moindre également, d'une manœuvre plus facile et surtout moins sujette aux tâtonnements. Ces divers systèmes peuvent comporter une ou plusieurs vitesses en prise directe.

D'autres systèmes de changement de vitesse fonctionnant par emprise latérale des dents, ou par engrenages toujours en prise, sont encore employés par certains constructeurs.

Dans le système à trains baladeurs, un arbre primaire reçoit le mouvement du moteur et le transmet au moyen d'engrenages à un arbre secondaire sur lequel est montée une roue d'angle actionnant le différentiel (*fig.* 178). Les engrenages de l'arbre primaire sont montés sur une douille qui peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

glisser sur un arbre carré, tout en participant à son mouvement de rotation.

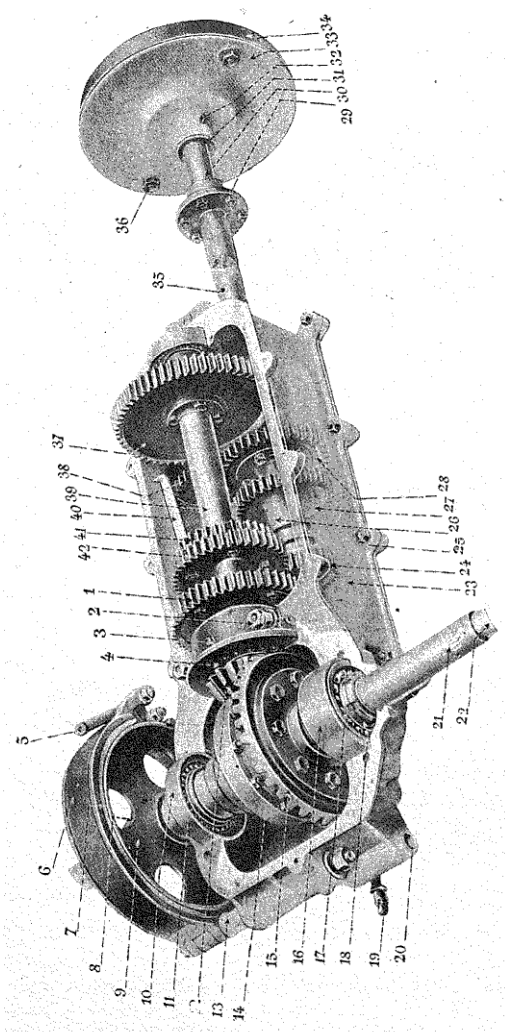


FIG. 178. — Mécanisme KCB. de changement de vitesse Panhard-Levassor.

1, roue de 2e vitesse supérieure; 2, boulon de fixation du chapeau; 3, chapeau de palier central; 4, roulement à billes; 5, levier de commande du frein; 6, demi-collier de frein supérieur; 7, segment de frein; 8, écrou de serrage de la poulie; 9, poulie de frein; 10, bague d'appui du roulement; 11, roulement à billes; 12, pignon d'angle; 13, arbre-support du collier; 14, différentiel; 15, roue d'angle; 16, bague d'appui du roulement; 17, roulement à billes; 18, bague de serrage du roulement; 19, tige de butée de débrayage; 21, demi-boîte de différentiel côté roues d'angle; 22, arbre de différentiel; 23, partie intermédiaire en aluminium; 24, pignon de 2e vitesse inférieure; 25, boulon fixant la partie inférieure à la partie intermédiaire; 26, roue quadruple; 27, pignon de 3e vitesse inférieure; 28, pignon de 4e vitesse inférieure; 29, manchon d'accouplement; 30, arbre-rallonge; 31, douille du cône d'embrayage; 32, clavette du cône d'embrayage; 33, cône d'embrayage; 34, cuir du cône d'embrayage; 35, arbre inférieur; 36, toc d'entraînement; 37, roue de 1re vitesse supérieure; 38, roue de 2e vitesse intermédiaire; 39, arbre supérieur; 40, goulière de graissage; 41, roue de 4e vitesse supérieure; 42, roue de 3e vitesse supérieure.

Le changement de marche peut être produit par le déplace-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

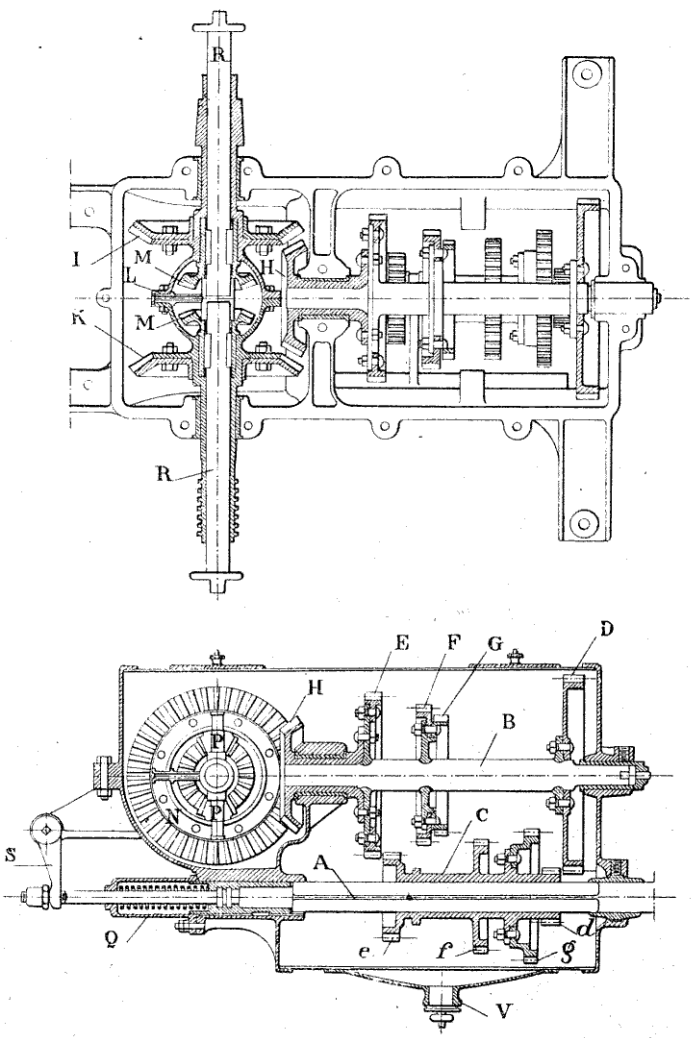


FIG. 179 — Changement de marche et de vitesse P.L. par double roue d'angle.

A, arbre inférieur; B, arbre supérieur; C, train baladeur; *d*, pignon de 1re vitesse; *e*, pignon de 2e vitesse; *f*, pignon de 3e vitesse; *g*, pignon de 4e vitesse; D, roue de 1re vitesse; E, roue de 2e vitesse; F, roue de 3e vitesse; G, roue de 4e vitesse; H, pignon d'angle; K, roue d'angle de marche Av; I, roue d'angle de marche Ar; L, boîte du différentiel; MM, pignons du différentiel; N, N, satellites; PP, axe du différentiel; BB, arbre du différentiel; S, fourchette d'embrayage; Q, ressort d'embrayage; V, bouchon de vidange.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment d'un engrènage conique, ou par l'interposition d'un arbre intermédiaire entre les deux arbres principaux. Dans le premier système, deux roues d'angles sont montées sur la boîte du différentiel (*fig.* 179), et le pignon d'angle monté sur l'arbre secondaire peut être amené en prise avec l'une de ses roues : on voit (*fig.* 180) qu'on pourra faire tourner ainsi la boîte du différentiel et, par suite, les roues motrices, dans un sens ou dans l'autre. Dans le second système, une roue d'angle C qui reste toujours en prise avec le pignon B de l'arbre supérieur (*fig.* 181) est montée sur la boîte du différentiel ; pour obtenir le changement de marche, on change le sens de rotation de l'arbre secondaire en intercalant entre les engrenages de cet arbre et ceux de l'arbre primaire un train d'engrenages intermédiaires (*fig.* 182) : on voit que l'arbre primaire et l'arbre secondaire tourneront ainsi dans le même sens, au lieu de tourner en sens inverse comme dans la marche avant.

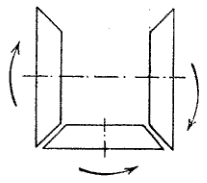


FIG. 180.
Principe du changement de marche.

Lorsque aucun des pignons de l'arbre baladeur n'est mis en prise avec ceux de l'arbre secondaire, le mouvement du moteur ne se trouve évidemment pas transmis aux roues arrière. On dit dans ce cas que le changement de marche est au point mort.

La figure 183 représente un changement de vitesse PANHARD-LEVASSOR avec *prise directe* en quatrième vitesse. Dans ce dispositif, la prise directe ne comporte pas d'organe intermédiaire de transformation de vitesse, et il n'y a qu'un seul engrenage réducteur entre le moteur et l'arbre du différentiel.

Pour utiliser la prise directe, on engrène la roue A_2 avec une denture intérieure E de la roue D_2, l'arbre primaire A étant ainsi solidarisé avec le pignon d'angle C. A ce moment, l'arbre intermédiaire B n'a plus besoin de tourner ; pour em-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pêcher sa rotation, il suffit que la roue D ne soit plus en prise avec D_2 ; à cet effet, la fourchette F, qui commande le train

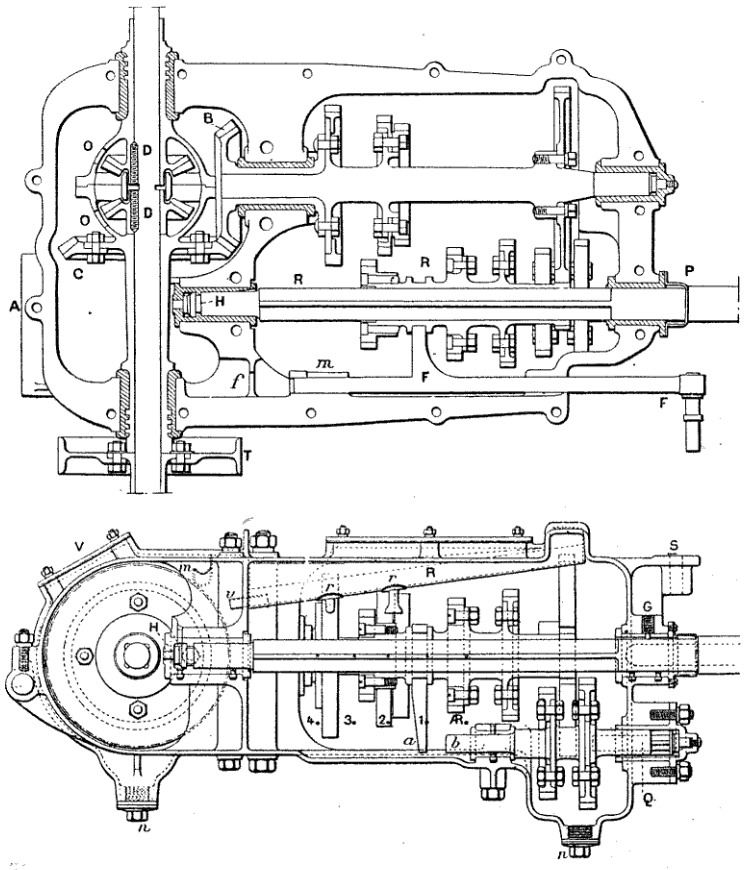


FIG. 181 et 182. — Changement de vitesse P. L.

A, carter ; B, pignon d'angle ; C, roue ; D, D, arbres du différentiel ; F, fourchette de changemen devitesse ; O, différentiel ; R, rampe de graissage ; T, tambour de frein ; *b*, arbre de marche arrière ; *a*, doigt agissant sur l'arbre de marche arrière.

baladeur, rencontre une autre fourchette H actionnant une douille sur laquelle est montée la roue D_1 : le déplacement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de F entraîne la fourchette H et la roue D_1 dans le logement K de la boîte.

Lorsqu'on veut revenir en troisième vitesse, il faut ramener la roue D_1 en prise avec la roue D_2. Un système de verrouil-

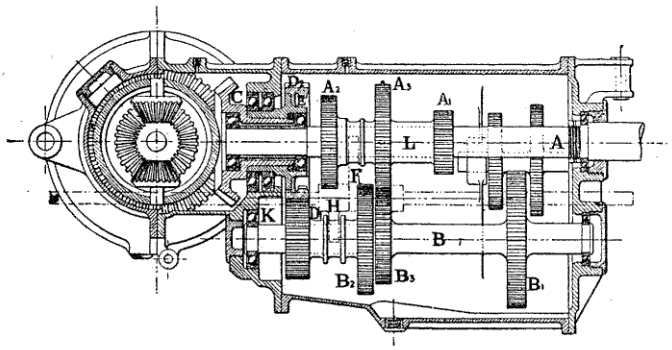


FIG. 183. — Changement de vitesse P.L. avec prise directe en 4e vitesse.

A, arbre principal; A_1, A_2, A_3, pignons de 1re, 2e et 3e vitesse solidaires du train baladeur L; B, arbre intermédiaire; B_1, B_2, B_3, roues de 1re, 2e, 3e vitesse solidaires de l'arrière B; C, pignon d'angle; D_1, D_2, engrenages transmettant le mouvement de l'arbre B à la roue d'angle C; E, denture intérieure de la roue D_2 dans laquelle s'engage la roue A_2 pour la prise directe; F, fourchette de commande du train baladeur L; H, fourchette de commande de la douille portant la roue D_1; K, logement de l'engrenage D_1 pendant la prise directe.

(*Il faut que les engrenages baignent constamment dans l'huile; éviter cependant qu'il y ait excès d'huile, ce qui pourrait empêcher les changements de vitesse de se faire facilement.*)

lage au moyen d'une bille rend la fourchette H solidaire de F jusqu'à ce que les roues D_1 et D_2 soient revenues en prise; à ce moment, la même bille vient fixer la fourchette H dans cette position, la libérant de F, qui peut alors continuer à se déplacer. la roue D_1 restant immobile.

Les changements de vitesse peuvent comporter plusieurs vitesses en prise directe.

Les engrenages, au lieu d'être mis en prise latéralement par un déplacement du train baladeur, peuvent l'être par un rapprochement des arbres portant les roues dentées. Des voitures RENAULT sont munies de ce dispositif, qui n'a pas encore été appliqué aux véhicules lourds, non plus que divers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

changements de vitesse à friction ou par courroies avec poulies extensibles ayant reçu quelques applications sur des voitures légères de tourisme.

Le changement de vitesse n'est généralement pas nécessaire dans les véhicules à vapeur ; le moteur y est relié dans un rapport de vitesse fixe avec l'essieu arrière, et l'allure se

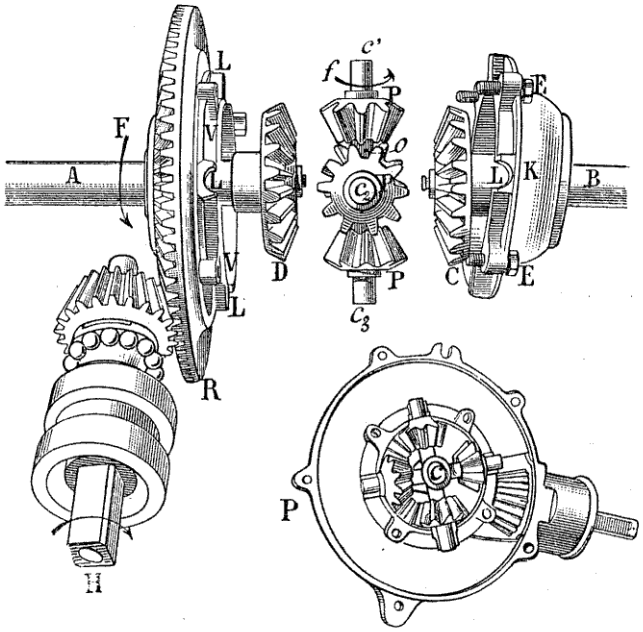


Fig. 184. — Différentiel Darracq (d'après le Dr Bommier).

règle en faisant varier la pression et le degré d'admission de vapeur aux cylindres.

38. ***Différentiel.*** — Cet organe a pour but de permettre aux roues de parcourir des chemins de développement différent dans les parcours en courbe ou les virages, sans aucun ripement ou glissement et par suite sans résistance ni usure spéciales.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il comprend deux couronnes dentées C, D, montées sur les bouts A, B, de l'arbre qui porte les pignons de chaînes (*fig.* 185) ou bien, dans les véhicules à cardan, sur les deux extrémités intérieures de l'essieu, coupé en son milieu. Un certain nombre de petits pignons P, P, dits satellites, montés sur les axes d'un croisillon, viennent engrener avec les roues. Les

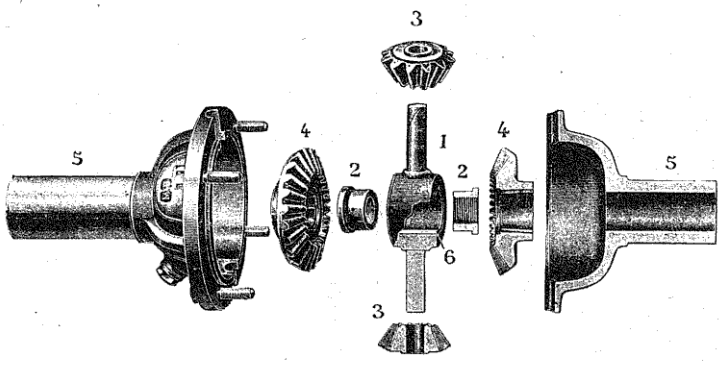


FIG. 185. — Différentiel MAB.

1, croisillon; 2, bagues-écrous; 3, pignons satellites; 4, grands pignons; 5, boîtes; 6, bague en bronze.

extrémités de ces croisillons sont encastrées dans des logements ménagés dans la couronne R du différentiel, reliée par des boulons E à la boîte K, qui les maintient latéralement; la couronne reçoit, d'autre part, du moteur, un mouvement de rotation suivant la flèche E, par l'intermédiaire de l'arbre H et du pignon d'angle. Mais, dans un virage, la roue intérieure de l'essieu supporte de la part du sol une résistance plus grande que la roue extérieure; la même différence de résistance à l'entraînement se manifeste entre les roues dentées C et D : les satellites, sous l'effet de cette différence, se mettent alors à tourner sur leurs axes, et ils permettent, par la compensation exacte qu'ils créent ainsi, à la roue extérieure de l'essieu de décrire un chemin plus allongé que la roue intérieure. Si la première fait vingt tours pendant que la seconde

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'en fait que dix, les satellites effectuent un nombre de rota-

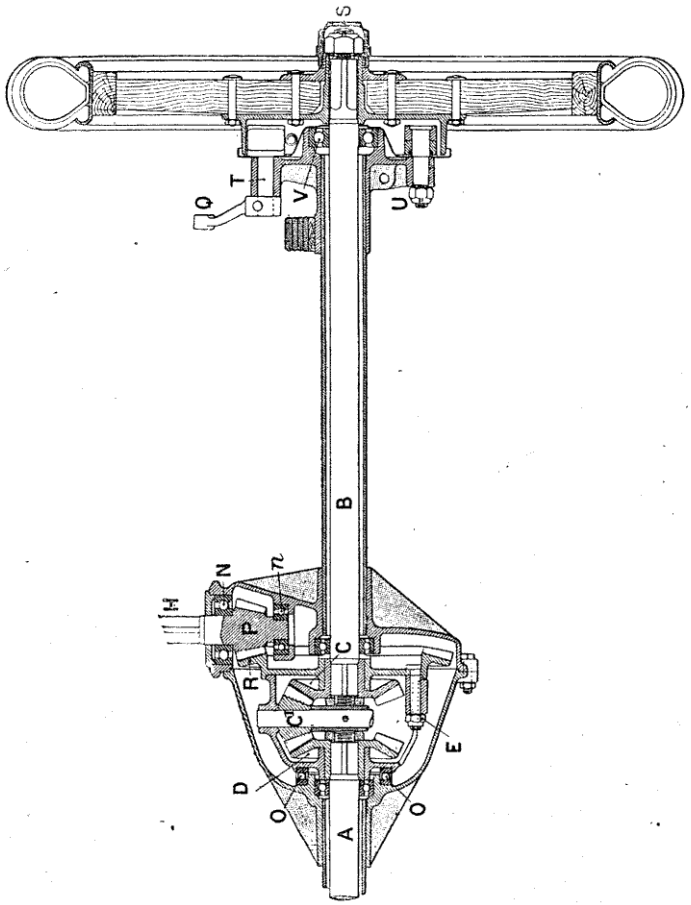


FIG. 186 – Montage d'un essieu arrière à différentiel (*Bréviaire du Chauffeur*).

H, arbre de transmission commandé par le moteur; P, pignon monté sur H; N, *n*, paliers à billes; R, grande roue du différentiel, attaquée par le pignon P, et entraînant elle-même la croix portant les satellites C'; C, D, roues dentées montées à pans carrés et engrenant avec les pignons satellites; A, B, arbres soutenus chacun par deux roulements à billes, entraînés par C et D, et entraînant eux-mêmes les roues; Q, T, U, ensemble du frein sur les roues.

tions complètes tel que la somme des engrènements de chacune de leurs dents avec celles des roues C et D soit égale à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la demi-différence du produit du nombre de dents de chacune par la différence du nombre de leurs tours. Si ce nombre de dents était par exemple de 80, correspondant à un nombre d'engrènements de $80 \times 10 = 800$ pour la différence des dix tours des roues de l'essieu, et si, d'autre part, les satellites avaient 10 dents, on voit que ceux-ci devraient faire pendant le parcours considéré un nombre de révolutions égal à 800 divisé par 2 et ensuite par 20, soit donc de 20. Ainsi le différentiel permet aux roues de l'essieu moteur de faire un nombre de tours proportionnel à la résistance éprouvée du fait du sol par chacune d'elles.

On remarquera que la couronne R doit faire elle-même un nombre de révolutions égal à la demi-somme de celles des roues du véhicule, soit ici

$$\frac{20 + 10}{2} = 15.$$

Or [1], si cette couronne du différentiel (ou le boitard K) reste liée au moteur pendant le virage, sa vitesse est celle du moteur et non celle correspondant au chiffre ci-dessus. Il en résulte sur le sol un patinage des deux roues de l'essieu qui peut devenir très dangereux; aussi, *dans un virage, il est indispensable qu'on rende le différentiel indépendant du moteur pour que le train satellite puisse adopter sa vitesse angulaire différentielle, fonction des vitesses angulaires des roues.*

39. La transmission du mouvement du mécanisme moteur, suspendu sur ressorts, aux roues motrices, doit tenir compte de la flexion des ressorts qui a pour effet de faire varier constamment les positions relatives (c'est-à-dire l'une par rapport à l'autre) des axes, l'essieu n'étant même pas astreint à rester paral-

[1] MARCHIS, *Leçons sur la voiture automobile*, d'après l'ouvrage de H. LEBLANC, *les Mécanismes*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lèle au châssis. La transmission doit donc se prêter aux changements de position entre l'essieu et le dernier organe mobile du mécanisme moteur. Les dispositifs adoptés à cet effet varient suivant que l'essieu est fixe, semi-fixe, ou tournant(1).

L'*essieu fixe* se présente ordinairement sous la forme où on le rencontre dans les voitures remorquées. Chaque roue, tour-

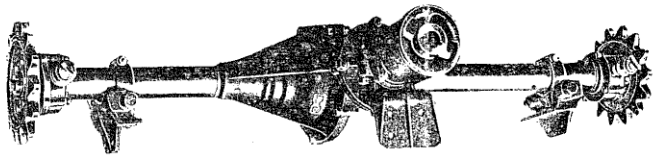


Fig. 187. — Arbre transverse à chaines MaB.

nant sur une fusée, se trouve actionnée indépendamment, et la transmission par deux chaînes est universellement employée ; les deux chaînes (*fig.* 187 et 188), montées symétriquement

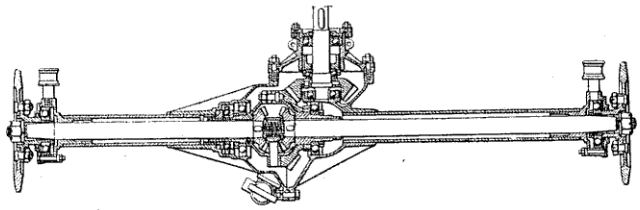


Fig. 188. — Coupe par l'axe d'un arbre transverse MaB.

par rapport à l'axe de la voiture, transmettent chacune à une roue le mouvement d'un pignon monté sur l'arbre du différentiel : cette construction est devenue en quelque sorte classique.

L'essieu fixe peut être accompagné d'un arbre qui porte le

(1) Drouin, *Transmission du mouvement aux roues motrices* (Rapport présenté au IIe Congrès international d'automobilisme).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

différentiel et qui le suit dans ses mouvements ; chacune des extrémités de cet arbre est pourvue d'un pignon qui engrène avec une couronne fixée à la roue correspondante. La liaison de cet arbre avec le mécanisme se trouve alors réalisée par un des procédés réalisés dans l'essieu tournant.

Un mode de transmission spécial, appliqué par les établissements de Dion-Bouton, consiste dans l'emploi d'un essieu fixe F (*fig.* 189), à fusées creuses traversées par des bouts d'arbres, qui transmettent le mouvement aux roues par l'extérieur des moyeux au moyen d'un arbre brisé double, dont le milieu D suit les mouvements du châssis, chaque extrémité suivant ceux de la roue correspondante.

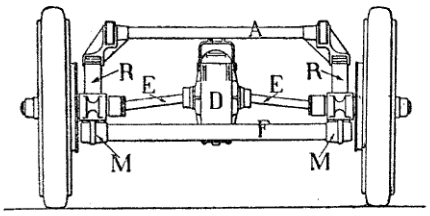


FIG. 189. — Schéma de la transmission D. B.

A, châssis ; D, différentiel ; E, arbres transversaux à cardans ; F, essieu brasé à ses extrémités dans M, M ; M, M, têtes d'essieu ; R, ressort de suspension.

L'*essieu semi-fixe* comporte une partie fixe travaillant exclusivement à la flexion, et une partie tournante concentrique à la première, qui transmet exclusivement les efforts de torsion. L'essieu tubulaire fixe, qui porte en même temps en son milieu le carter du différentiel, se prolonge en dehors des ressorts par une fusée également tubulaire. Les roues sont attaquées par l'extérieur de leurs moyeux au moyen de deux arbres, qui constituent la partie tournante. Chacun de ces arbres porte à une extrémité un carré qui le solidarise de la couronne correspondante du différentiel ; l'autre extrémité forme un manchon à griffes qui entraîne la roue. La transmission, pour cet essieu, s'effectue comme pour l'essieu tournant ci-après.

L'*essieu tournant* porte habituellement le différentiel qui transmet l'effort à chaque roue, et permet ainsi l'attaque par un organe unique, c'est-à-dire par une seule chaîne ou un seul

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

engrenage. Les deux moitiés de l'essieu sont généralement supportées par un organe auxiliaire : cadre, pont, enveloppe ou carter (on donne parfois à ces essieux le nom de *pont-arrière*) qui est ou fixe, ou tournant avec l'essieu (*fig.* 192 et 193).

Un autre mode de construction consiste à faire traverser les deux roues par l'essieu tournant, qui est alors d'une seule pièce; mais une seule roue s'y trouve fixée, de même que l'un

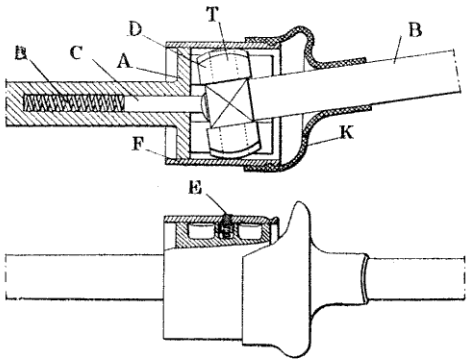


FIG. 190-191. — Détail d'un cardan D. B.

A, tête de cardan; B, arbre à la cardan; C, grain de butée à ressort; D, dé en bronze; E, bonhomme d'arrêt de la frette F; F, frette; K, cuir maintenant la graisse; T, tourillon portant le dé.

des engrenages du différentiel; l'autre roue est folle sur l'extrémité opposée et le mouvement lui est communiqué par un manchon solidaire de l'autre engrenage du différentiel.

Les deux commandes les plus répandues pour la transmission du mouvement à l'essieu tournant sont la chaîne et l'arbre longitudinal articulé avec engrenages coniques. Dans cette dernière, la couronne du différentiel est pourvue d'un engrenage conique qui est attaqué par un pignon fixé à un arbre monté sur le carter enveloppant le différentiel.

Parmi les efforts à équilibrer dans ce système, en plus du poids du véhicule, il y a la réaction due au couple d'entraînement et l'effort horizontal de propulsion du véhicule. Les or-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ganes chargés de transmettre ces deux dernières forces sont de dispositions variées ; dans certaines voitures, le carter se trouve fixé au ressort, dont la maîtresse lame sert à la fois à

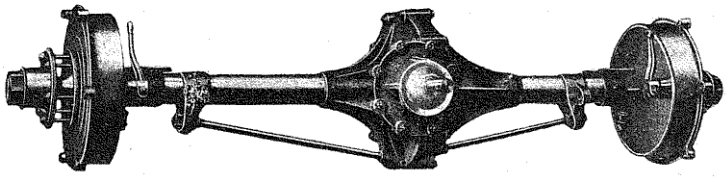


FIG. 192. — Pont arrière MAB.

équilibrer la réaction et à transmettre au châssis l'effort horizontal.

Ce dispositif est simple, mais il est défectueux, et on a été conduit à articuler le carter sur le ressort et à faire supporter par un organe distinct la réaction due au couple d'entraînement. Cet organe peut être un levier spécial fixé au carter et articulé au châssis par son autre extrémité (solution adoptée par la maison RENAULT) ; ou bien il peut être constitué par la

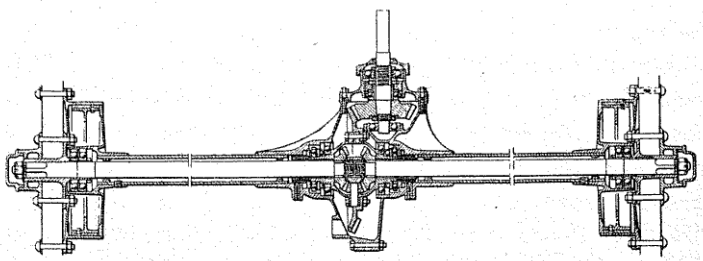


FIG. 193. — Coupe d'un pont MAB.

douille ou prolongement du carter qui renferme le bout d'arbre de commande (disposition GILLET-FOREST). Enfin, l'essieu peut être entièrement libre, les ressorts étant munis de menottes à leurs deux extrémités. Cette solution se rencontre dans les véhicules Decauville avec cette particularité que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'arbre longitudinal sert à la fois à supporter la réaction et à transmettre l'effort propulseur par l'intermédiaire du cardan et d'un palier de butée.

En résumé, donc, le mouvement que le différentiel reçoit du moteur est transmis aux roues arrière par l'intermédiaire de deux chaînes extérieures ou de cardans qui permettent à l'essieu de subir de petits déplacements sans que la transmission s'en trouve affectée. Cette dernière transmission présente un meilleur rendement, mais elle est plus susceptible que la transmission par chaînes; elle est moins employée que cette dernière dans les gros véhicules, bien que paraissant se développer de ce côté aussi.

Les cardans employés sont de différentes sortes; il y a le simple cardan, dit pont oscillant, le double cardan avec amortisseur, et le double cardan transversal (*fig.* 189, véhicules de Dion-Bouton), les têtes de cardan affectant différentes formes : en olive, pentagonale, à dés de Dion-Bouton (*fig.* 191), etc. Toutefois, seul le cardan transversal D. B. paraît agir efficacement en ce sens que, seul, il permet de suspendre la boîte des vitesses et de lui éviter les réactions dues à l'essieu ou à la route.

Les autres dispositifs dits à ponts, soit sur l'essieu soit sur une ligne tubulaire, ne sont pas suspendus; les engrenages subissent donc toutes les réactions dues à la route. Ceci n'a pas trop d'inconvénients pour les voitures de tourisme de faible puissance et relativement légères, mais ces dispositions sont très défectueuse, pour les véhicules industriels, pour lesquels il est préférable de les éviter absolument.

40. Le ***régulateur*** de Watt, ou pendule conique, est un appareil qui est employé dans les machines à vapeur ou à gaz pour leur conserver une allure aussi régulière que possible, malgré les variations, soit de la pression du fluide moteur, soit de la résistance à vaincre. En principe, dans les machines

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fixes à vapeur, il se compose (*fig.* 194) d'un ensemble (pièces articulées ou glissantes, et boules), entraîné par le moteur, la position en hauteur de la partie glissante sur la tige du régulateur étant réglée par l'action de la force centrifuge sur les boules ; cette partie glissante, ou douille, vient agir par une tringle et un levier sur l'ouverture du papillon de prise de vapeur de la machine, ou sur les organes d'admission, pour augmenter la quantité de fluide moteur à admettre dans le cylindre si la vitesse vient à diminuer d'une quantité appréciable, ou pour réduire au contraire cette quantité de fluide si la vitesse vient à augmenter. Dans les moteurs à explosions, le régulateur peut agir pareillement en modifiant, soit l'introduction du carburateur sur les cylindres, soit la levée des soupapes d'aspiration.

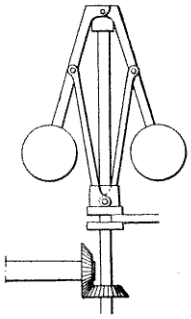


FIG. 194.
Régulateur à force centrifuge.

Le régulateur n'est plus absolument indispensable sur les véhicules à pétrole à plusieurs cylindres munis d'un ralentisseur, et son intervention pourrait du moins être limitée aux cas où le conducteur n'est pas sur son siège, — lors de la mise en marche en particulier. Le régulateur est cependant conservé d'une façon générale ; sur les véhicules industriels, où il importe de réduire le plus possible l'entretien en général, et surtout les avaries, il est utile pour empêcher les excès de vitesse qui peuvent être une cause de fatigue et de dislocation des moteurs.

On peut munir ces derniers de l'un des deux types dits *à maxima* ou *à minima*. C'est le premier qui nous paraît le plus efficace pour le but à atteindre : dans le cas du régulateur *à minima*, si on évite les inconvénients de l'emballement au débrayé, on est conduit à avoir un accélérateur dont les conducteurs ont une trop grande tendance à se servir. Avec le régulateur *à maxima*, au contraire, le chef du garage peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

limiter à son gré le nombre de tours qu'il ne veut pas voir dépasser, en étant assuré que cette condition sera toujours remplie.

C'est le régulateur à axe horizontal, imaginé par Flaud, qui est habituellement employé en automobile. Sur la figure 195, qui représente un régulateur de moteur de Dion-Bouton un peu ancien, l'engrenage A, monté sur l'arbre à cames C, porte des oreilles qui servent de support aux leviers doubles P : un

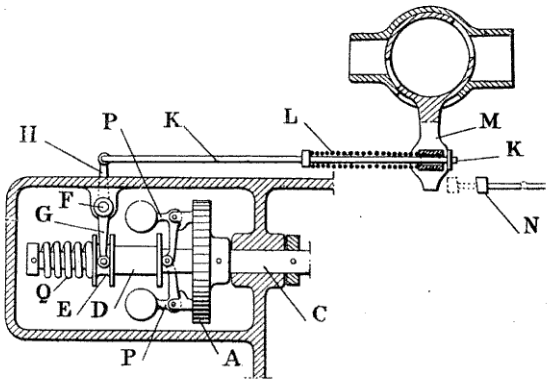


Fig. 195. — Régulateur D. B.

A, engrenage de distribution; C, cames; D, D, manchons; E, gorge; F, axe; G, H, leviers; K, tige; L, ressort; M, manette agissant sur le boisseau du carburateur; N, butoir; P P, leviers doubles; Q, ressort antagoniste.

des bras de chacun de ces supports est terminé par une boule, et l'autre appuie sur un manchon D pour le pousser quand la force centrifuge fait écarter les boules sous l'influence d'une augmentation de la vitesse. Un ressort à spirale Q tend constamment à ramener les boules vers la position de repos sur leur butée.

Les deux embases qui maintiennent l'extrémité du levier G dans la gorge E entraînent le levier H calé sur le même axe ; quand le moteur atteint une vitesse déterminée, ce levier vient agir sur la bielle K, la manette M et le boisseau double

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du carburateur, pour fermer plus ou moins complètement l'admission des gaz.

Au repos, le boisseau occupe la position de la figure, c'est-à-dire que l'admission est déjà réduite de moitié quand on met en marche, ce qui ne nuit aucunement à la facilité de départ et permet d'éviter l'emballement du moteur : il y a, en effet, entre le premier tour de la manivelle et le déplacement du boisseau, un temps perdu résultant des résistances de frottement des pièces l'une sur l'autre et de leur inertie, et il est, par conséquent, avantageux de ne jamais ouvrir le boisseau en grand.

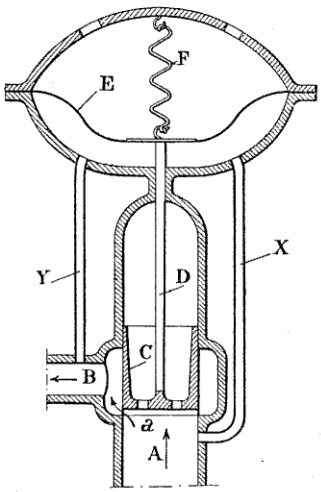


Fig. 196.
Schéma du régulateur G. A.

Entre la tige K et la manette M qu'elle actionne est interposé un ressort Q, grâce auquel on peut forcer cette manette à occuper, malgré l'effort des boules, une position quelconque en la poussant directement par un butoir N, sur lequel elle cherche à s'appuyer constamment. La position de ce butoir correspond à celle de la manette d'admission placée à la direction (1).

On reproche à ce système de régulateur de n'être pas suffisamment sensible, en raison du poids et de l'inertie de ses organes mobiles.

La figure 196 représente le régulateur à membrane système Grouvelle et Arquembourg, dont le fonctionnement repose sur un principe différent, et qui possède au contraire une grande sensibilité.

(1) *Le De Dion-Bouton*, numéro du 1er janvier 1905.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La membrane E, formée d'une toile caoutchoutée prise entre deux disques de laiton, est sollicitée, d'une part, à se lever par l'action d'un ressort à boudin, tandis que la dépression qu'elle subit sur sa face inférieure, par suite de sa communication avec le tuyau d'aspiration du moteur, tend à l'abaisser; la tension du ressort étant fixe, la position du diaphragme dépend de cette dernière dépression. Or, ce diaphragme est relié à un piston C, chargé d'établir la communication entre le tuyau d'aspiration A au carburateur et le tuyau B allant aux cylindres; la position du diaphragme règle donc ainsi la quantité des gaz aspirée par le moteur.

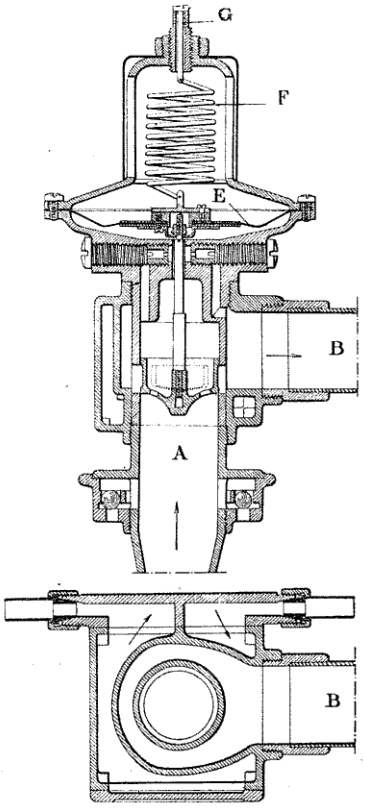


FIG. 197. — Régulateur G.A.

La dépression sous le diaphragme E se règle par deux canaux (*fig.* 197) terminés par des gicleurs à section fixe qui le relient au tuyau A, et par un troisième canal dont l'ouverture est variable par le conducteur; cette dernière circonstance permet de régler la vitesse du moteur à une allure constante entre une vitesse minimum arrêtée (200 tours, par exemple), et la vitesse maximum. La vitesse de régime étant ainsi fixée, la manœuvre de deux boutons permet encore de passer rapidement au ralentissement complet ou à la vitesse maximum, puis de revenir à volonté à la vitesse de régime adoptée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut répéter ici à propos du régulateur ce qui a été dit pour le changement de vitesse : cet organe n'est pas nécessaire dans les véhicules à vapeur, où la vitesse du moteur, liée d'une façon invariable à celle du véhicule, se règle en faisant varier suivant les besoins la pression dans la chaudière, l'ouverture du régulateur ou la période d'admission aux cylindres.

41. ***Carburateur. Soupapes d'admission et d'échappement.*** — Le carburateur a pour but de réaliser une composition déterminée de vapeurs d'essence et d'air, suivant les conditions de marche, le mélange devant être toujours homogène et en proportion convenable des deux parties, de manière que l'explosion soit régulière, et la combustion complète, sans excès de part et d'autre. Ce réglage s'effectue d'une façon automatique, par l'aspiration plus ou moins forte du piston suivant la vitesse du moteur, ou bien mécaniquement, au moyen d'un étrangleur disposé à la sortie du carburateur, et sous la dépendance du régulateur.

Le rapport en poids de l'essence à l'air est compris habituellement entre $\frac{1}{16}$ et $\frac{1}{22}$; le réglage est facilité quand on peut faire varier à volonté la quantité d'essence et celle d'air dans le mélange, mais on n'agit le plus souvent que sur la quantité d'air. Le mélange est, d'autre part, d'autant plus homogène (ce qui a une très grande importance au point de vue de la puissance et du rendement) que la tuyauterie est plus directe (sans coudes) et plus courte. Pour que le mélange emplisse complètement le cylindre dans la période d'aspiration, on retarde un peu la fermeture de la soupape dans les moteurs tournant à grande vitesse, lorsque cette soupape est commandée, comme c'est le plus souvent le cas. Lorsque la soupape est libre, elle se lève et elle se ferme sous l'action du vide ou de la pression produits dans le cylindre par le piston. La soupape d'échappement est toujours commandée par une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

came ; l'arbre à cames reçoit son mouvement de l'arbre-vilebrequin au moyen d'engrenages dont le diamètre et le nombre de dents sont dans la proportion de 1 à 2, afin que les cames ne se soulèvent que tous les deux tours de l'arbre, puisque, le moteur étant à quatre temps, il n'y a par deux tours qu'une période d'admission et une période d'échappement. La soupape d'échappement commence à se soulever un peu avant la fin du troisième temps, afin que les gaz diminuent rapidement de pression et n'opposent pas une résistance trop grande au piston dans le quatrième temps (période de refoulement). L'avance à l'échappement est égale au dixième environ de la course, c'est-à-dire que la soupape s'ouvre lorsque le piston a parcouru les 9/10es de sa course motrice.

Les soupapes d'admission ont un grand diamètre et une faible course (3 à 5 mm), de façon à assurer un bon remplissage de la cylindrée et à ne pas produire un choc trop fort à la fermeture ; les soupapes d'aspiration automatiques sont, de plus, aussi légères que possible. Leurs ressorts doivent avoir une élasticité suffisante sans être exagérée, pour que la fermeture s'opère sans retard comme sans choc.

Les carburateurs actuels sont la plupart du type à pulvérisation et à niveau constant maintenant l'essence à une hauteur déterminée dans l'ajutage conduisant au gicleur ; quant au réglage de l'air, il est généralement automatique et s'effectue en deux fois suivant la vitesse de rotation du moteur.

Les carburateurs Longuemare sont de divers systèmes au point de vue du réglage de l'air.

La figure 198 représente le type ordinaire à pulvérisation et niveau constant ; la légende qui accompagne le dessin indique la fonction des différents organes. La figure 199 représente le mode de montage habituel sur le moteur.

Le niveau constant est obtenu au moyen du fonctionnement du flotteur B, du pointeau F et des leviers-bascules G, G ; tout l'ensemble est contenu dans la boîte métallique A, fermée par le couvercle C. La communication du niveau constant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec le réservoir d'essence (placé à 15 cm environ au-dessus du carburateur) se fait par la tubulure à raccord I.

Le carburateur à pulvérisation se compose du chalumeau pulvérisateur L, de l'étrangleur N, d'une clé de réglage d'air Q, d'un robinet de quantité de gaz, enfin d'un réchauffeur. Tout l'ensemble est également contenu dans une boîte métallique fermée par le couvercle Co. Le carburateur est relié au niveau constant par une attache vissée et soudée; il communique d'autre part avec l'air extérieur par la bride X, et avec le moteur par la bride Y.

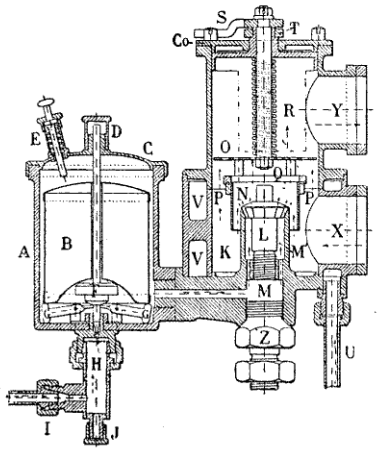


FIG. 198.
Carburateur Longuemare à pulvérisation et à niveau constant.

A, corps de niveau constant; B, flotteur; C, couvercle du niveau constant; D, bouchon du niveau constant; E, piston à ressort; F, pointeau d'arrivée de liquide; G,G, leviers-bascules; H, raccord conique filtreur; I, raccord conique de conduite de liquide; J, bouchon de purge; K, chambre d'air; L, chalumeau-pulvérisateur; MM', chambres de liquide; N, tube d'étranglement; O, disque perforé; P,P, échancrures; Q, clé de réglage d'air; R, chambre de gaz; Co, couvercle du carburateur; S, manette de réglage d'air; T, manette du robinet de quantité; U, raccord en communication avec l'échappement; VV, chambre du réchauffeur; X, entrée d'air pur; Y, sortie du mélange explosif; Z, bouchon-support.

Les carburateurs Longuemare sont généralement munis d'un réchauffeur destiné à compenser le refroidissement produit par le passage de l'air et l'évaporation de l'essence; ils utilisent pour cela une partie des gaz d'échappement. A cet effet, un tube métallique est fixé à un des raccords du réchauffeur, d'un côté, et à la boîte d'échappement, ou mieux au tuyau même d'échappement, de l'autre côté; un robinet est placé sur cette conduite pour régler la quantité de gaz chauds à admettre, suivant la température extérieure et le refroidissement produit, de manière à maintenir le corps du carburateur entre 15 et 30°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un échauffement trop grand du moteur donne lieu, d'autre part, à une admission d'essence moindre en poids, par suite de

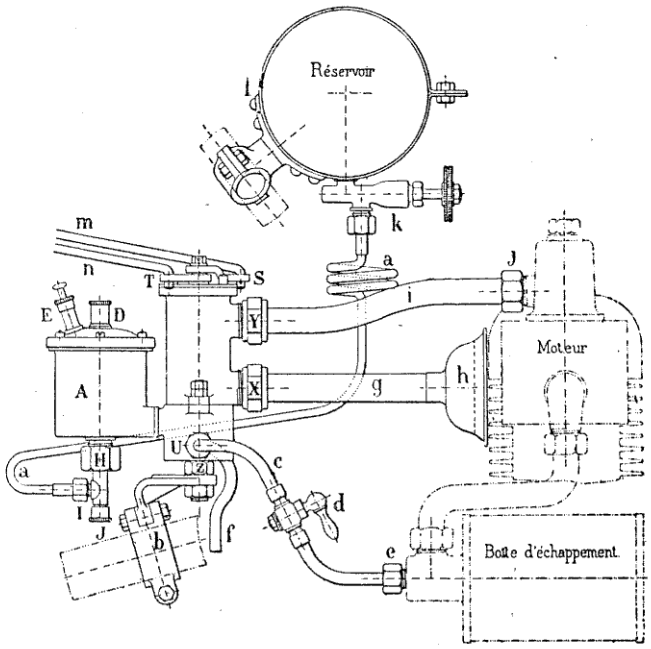


FIG. 199. — Montage du carburateur Longuemare.

A, niveau constant du carburateur; D, bouchon du niveau constant; E, piston à ressort; H, raccord conique filtreur; I, raccord conique de conduite d'essence; J, bouchon de purge; S, manette de réglage d'air; T, manette du robinet de quantité; U, raccord du réchauffeur; X, entrée d'air pur; Y, sortie du mélange explosif; Z, bouchon-support; *a*, tube d'alimentation du carburateur; *b*, support du carburateur; *c*, tube du réchauffeur; *d*, robinet de réglage du réchauffeur; *e*, raccord sur la boîte d'échappement; *f*, tube de sortie des gaz du réchauffeur; *g*, tube d'aspiration d'air; *h*, coupelle garnie d'une toile métallique; *i*, tube de gaz; *j*, écrou d'entrée du gaz au moteur; *k*, robinet de sortie d'essence; *l*, collier d'attache du réservoir sur le cadre; *m*, tige de commande de la manette de réglage d'air S; *n*, tige de commande de la manette du robinet de quantité T.

sa dilatation, et à une réduction de puissance du moteur, bien que la courbe de détente soit un peu plus relevée.

L'air doit être pris lui-même aussi chaud que possible contre la paroi du moteur ou du tuyau d'échappement, par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une conduite terminée par une coupelle garnie de toile métallique.

Le fonctionnement du niveau constant est le suivant :

Le liquide venant du réservoir par le tuyau et le raccord I (*fig.* 198) pénètre dans le conduit filtreur H, où les impuretés sont arrêtées par une toile métallique fixée à la partie supérieure du conduit ; ces impuretés peuvent être ensuite expulsées par le bouchon de purge J.

Si le corps du niveau constant est vide à ce moment, le flotteur B appuie sur l'extrémité de chacun des leviers-bascules G, G, qui, en oscillant sur leurs pivots, soulèvent la masse F et en même temps la tige du pointeau. Un petit orifice se trouve alors découvert, et le liquide pénètre librement dans le corps A du niveau constant, d'où il se rend par un canal dans la chambre M et la chambre M'. Lorsque le liquide est entré en quantité suffisante, le flotteur B se soulève et cesse d'appuyer sur les leviers-bascules G, G ; la tige du pointeau, agissant par son poids et celui de la masse F, entraîne alors les leviers-bascules et vient fermer hermétiquement l'arrivée du liquide.

L'appareil est réglé de telle sorte que le niveau du liquide se maintienne dans la chambre M' à quelques millimètres au-dessous de sa partie supérieure ; lorsque, par suite du fonctionnement du moteur, le niveau vient à baisser dans cette chambre, le niveau baisse également dans le corps A : le flotteur suit lui-même le mouvement du liquide et vient de nouveau appuyer sur les leviers-bascules pour rétablir un niveau convenable.

La chambre M' est fermée à sa partie supérieure par un chalumeau pulvérisateur L, dont la tête, de forme tronconique, est entaillée par des rainures destinées à laisser le liquide jaillir en jets pulvérisés. La clef de réglage d'air Q est maintenue contre l'épaulement circulaire ménagé à l'intérieur du corps du carburateur par la pression d'un ressort à boudin qu'on voit sur le dessin ; le mouvement de rotation imprimé à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la clé Q par la manette S et la tige qui les relie permet de couvrir ou de découvrir à volonté les échancrures P, P; la clef de réglage d'air maintient en même temps le tube d'étranglement N destiné à augmenter la vitesse de l'air autour du chalumeau, et dont le diamètre intérieur est variable suivant les besoins. La manette T commande une clef dont la partie pleine peut obturer plus ou moins l'orifice de sortie V; la course de chacune des manettes est marquée sur le couvercle *Co* par les lettres O (ouvert) et F (fermé).

Pour la mise en marche, on place la manette S marquée « AIR » sur la lettre F, et la manette T marquée « GAZ » sur la lettre O, et on fait faire quelques tours au moteur au moyen de la manivelle de mise en marche. Le déplacement du piston produit derrière lui un vide partiel, qui se fait également sentir dans la chambre R du carburateur par l'intermédiaire de la tuyauterie et de l'orifice Y ; l'équilibre de pression atmosphérique étant rompu, l'air extérieur afflue brusquement par la bride X pour le rétablir. Cet air ne trouve d'autre issue que l'espace annulaire compris entre le tube d'étranglement N et le chalumeau L ; il acquiert à ce moment une grande vitesse, qui détermine la projection du liquide en pluie par chacune des rainures du chalumeau L : l'air aspiré et la pluie de liquide se mélangent intimement, et le passage du mélange à travers les orifices du disque perforé O complète le brassage. La chambre R se trouve alors remplie de gaz explosif, qui est conduit par le raccord Y au moteur ; dès que celui-ci est en marche, on doit chercher à obtenir le meilleur mélange en agissant sur la manette d'air S ; la quantité de gaz ou mélange explosif est réglée elle-même en agissant sur la manette T. Il est facile ainsi d'obtenir une plus ou moins grande puissance du moteur.

Pour s'assurer que le liquide pénètre bien dans le corps du niveau constant, on peut effleurer le contact du flotteur en appuyant légèrement sur la tige du piston à ressort E. Pour faciliter la mise en marche du moteur, on peut également

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appuyer pendant quelques secondes sur la même tige : cette manœuvre a pour effet de faire remonter le niveau du liquide dans la chambre M′.

Les carburateurs Longuemare sont réglés habituellement pour employer l'essence minérale à 0,700 kg le litre ; ils peuvent aussi utiliser l'alcool carburé à 50 0/0, dont la densité est de 0, 830 kg, mais en procédant à un nouveau réglage du niveau constant, de manière à rétablir le niveau du liquide à 2 mm environ au-dessous de la partie inférieure du siège du chalumeau L. Par le fait même du fonctionnement du niveau constant, l'élévation de densité du liquide a pour effet d'arrêter l'alcool carburé avant qu'il ait atteint ce niveau ; on a donc alors un niveau trop bas et une aspiration pénible du liquide par le moteur. Pour y remédier, il suffit de charger le flotteur d'une rondelle de métal d'un poids de 10 gr environ, percée d'un trou central, ou de quelques gouttes de soudure d'étain. L'expérience a démontré qu'il était utile d'augmenter aussi le débit du liquide en remplaçant le chalumeau qui convient à l'essence par un autre portant une ou deux rainures en plus.

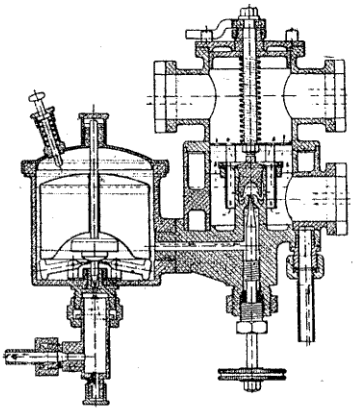


FIG. 200.
Carburateur Longuemare à pointeau et chalumeau et à 2 sorties de gaz.

Le carburateur à deux sorties de gaz représenté par la figure 200 s'emploie dans les moteurs à deux et surtout à quatre cylindres, où il facilite l'établissement de la tuyauterie ; et le carburateur à deux corps de carburation (*fig.* 201) pour n'avoir qu'un seul niveau constant dans les moteurs à quatre cylindres, et pour permettre de régler les deux carburateurs avec les mêmes manettes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les figures 202 représentent un carburateur muni d'une prise d'air supplémentaire réglée par une soupape, ce qui en assure le fonctionnement automatique.

L'arrivée de l'air à carburer se fait par une tubulure X en forme de pipe, fixée à la partie inférieure du carburateur par une tige centrale Z qui lui sert de pivot ; le départ du mélange explosif au moteur se fait par une autre tubulure Y munie à son extrémité d'un papillon ou valve de dosage P. Le dispositif de réglage est constitué par une tubulure coudée X′ débouchant dans la chambre R du carburateur ; cette tubulure porte à sa partie supérieure un épanouissement fermé par un couvercle *a*, percé de trous, et contre lequel vient s'appuyer une soupape S, maintenue par un ressort dont la tension peut être modifiée à l'aide de la tige à vis T.

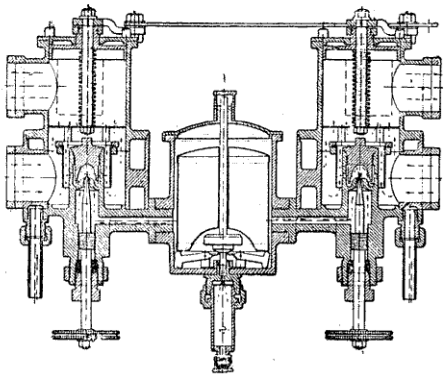


Fig. 201. — Carburateur Longuemare à deux corps de carburation.

Lorsque le moteur est en marche et que la vitesse augmente, l'aspiration devient plus vive dans le carburateur, et la dépression qui agit sur la soupape S se trouve bientôt assez forte pour vaincre la résistance du ressort ; la soupape se déplace alors en laissant entrer dans le sein de la masse gazeuse une quantité d'air additionnelle, proportionnelle à la dépression créée. La tension du ressort se règle une fois pour toutes pendant la marche du moteur en agissant sur la tige T, qu'on bloque ensuite au moyen du contre-écrou *b*.

Un autre modèle de ce type de carburateur automatique comporte un pointeau de réglage qui permet d'étrangler le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

passage de la veine liquide se rendant du conduit M à la capacité M′ (*fig.* 198); pratiquement, le pointeau doit être dévissé de 1 tour et demi pour l'essence et un peu plus pour l'alcool carburé, dont l'emploi au lieu d'essence ne nécessite aucun démontage ou changement.

Enfin la figure 203 représente un appareil LONGUEMARE de

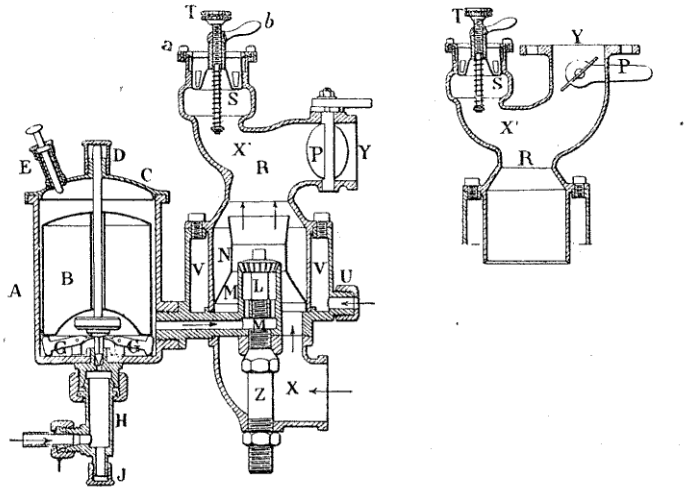


FIG. 202. — Carburateur Longuemare muni d'une prise d'air supplémentaire.

prise d'air automatique à frein pneumatique, dont le fonctionnement est étudié en vue de maintenir un mélange homogène et de composition constante, quelles que soient les variations de vitesse et de charge du moteur. L'air carburé est produit par un pulvérisateur à niveau constant, et l'air supplémentaire est dosé par un dispositif de prise d'air automatique, établi de manière que les à-coups provenant des mouvements spasmodiques provoqués par les aspirations périodiques des pistons se trouvent atténués par un système de frein pneumatique (piston *a*) à résistance réglable. L'appareil complet se compose d'un pulvérisateur à niveau constant ordinaire et de la prise d'air automatique représentée figure 202.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 204 représente le carburateur d'air à niveau constant et à dosage automatique G. A (Grouvelle et Arquembourg).

Le récipient renfermant le flotteur et le mécanisme de niveau constant est accolé à un appareil MN, qui comprend d'abord un conduit dans lequel débouche obliquement le

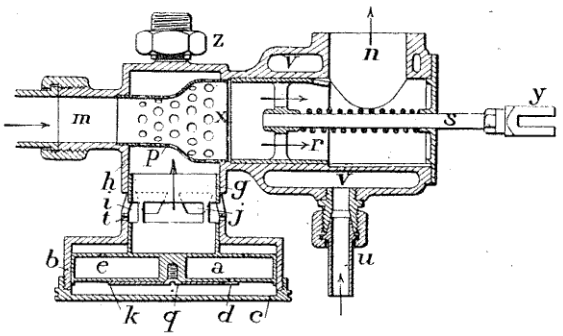


Fig. 203. — Carburateur Longuemare : appareil de prise d'air automatique à frein pneumatique.

a, piston amortisseur ; *b*, logement du piston ; *c*, couvercle ; *d*, ouverture de réglage ; *e*, ouvertures fixes ; *g*, manchon-valve ; *h*, logement du manchon-valve ; *i*, ouvertures du manchon ; *j*, ouvertures d'air fixes ; *k*, disque obturateur amovible ; *l*, ergot-guide du manchon ; *m*, arrivée d'air carburé ; *n*, sortie du mélange tonnant ; *o*, rainure d'ergot ; *p*, tube de brassage de mélange ; *q*, vis de fixation du disque-obturateur ; *r*, doseur de mélange ; *s*, tige de réglage du doseur ; *t*, orifices de circulation d'air ; *u*, raccord réchauffeur d'arrivée d'eau ; *v*, chambre du réchauffeur ; *x*, orifices de passage d'air additionnel ; *y*, chape de la tige du doseur ; *z*, écrou de fixation.

gicleur G. Tout autour de la collerette C sont ménagées des fenêtres D débouchant dans une boîte annulaire fermée E ; des trous sont percés dans la paroi inférieure, mais sur chacun d'eux peut reposer une bille faisant alors obturation, chaque bille étant libre de se mouvoir dans un guide cylindrique.

Ces trous sont de grandeur différente, et les billes ont des diamètres et des poids proportionnés à ceux des trous. Par suite de cette disposition, si le moteur tourne lentement, la dépression produite par l'aspiration dans le conduit MN sera suffisante pour faire jaillir le liquide, mais insuffisante pour soulever les billes, si leur poids est convenablement calculé ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais si la vitesse augmente peu à peu, les billes se soulèvent successivement, les plus légères d'abord, et finalement, en grande vitesse, toutes participent à ce mouvement. Pour obtenir la continuité dans le régime des rentrées d'air, il suffit d'employer 8 à 14 billes de poids bien déterminé, et de choisir des orifices dont la section totale soit égale à la rentrée d'air correspondant à la plus grande vitesse.

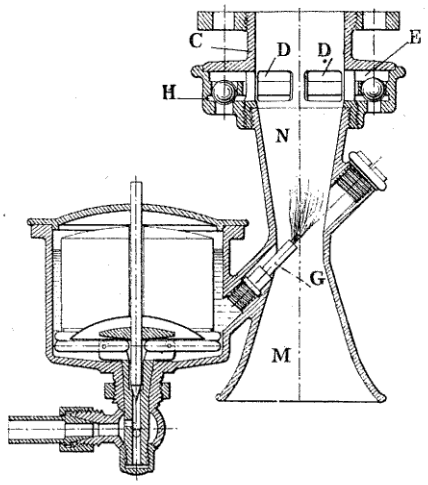


FIG. 204. — Carburateur G. A.

On voit que ce système très simple ne possède aucun ressort et ne donne lieu à aucun frottement; le dosage de l'air s'y fait d'une façon précise et indéréglable. La déformation du conduit d'aspiration au-dessus et au-dessous du gicleur G a pour but de réduire le plus possible la résistance à l'écoulement des gaz (1).

On trouvera la description du carburateur Brillié au chapitre traitant des autobus de la Compagnie Générale des Omnibus de Paris.

Le carburateur KREBS à réglage automatique a été étudié en vue d'obtenir un rapport constant entre les poids d'air et d'essence aspirés à tous les régimes de marche, et par suite un rendement maximum du mélange carburé. Cet appareil se compose de trois parties (*fig.* 205) :

1° La chambre du flotteur, où l'essence se maintient à un niveau constant ;

(1) *La Vie automobile*, numéro du 19 mai 1906.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° La chambre de carburation, avec le gicleur D et une entrée d'air constante A (cette chambre est suivie d'une autre chambre F, dans laquelle se déplace un tiroir G, actionné par le régulateur du moteur, et destiné à obturer plus ou moins l'orifice du passage du mélange carburé) ;

3° L'appareil automatique proprement dit.

L'orifice d'arrivée d'air A est calculé pour laisser passer la

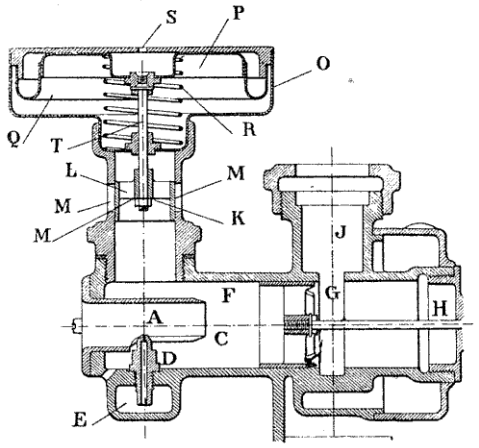


FIG. 205. — Carburateur P. L. à réglage automatique.

A, tubulure fixe d'arrivée d'air; D, gicleur (*doit être calibré une fois pour toutes, ne pas l'agrandir inconsidérément*); E, arrivée d'essence; G, tiroir réglant l'admission en J; H, tige de ce tiroir; M, M, orifices d'admission d'air additionnel; P, piston soumis à la pression atmosphérique; Q, membrane en caoutchouc, formant joint entre le piston P et la boîte O (*quand cette membrane est crevée, le carburateur ne fonctionne plus; la remplacer. En attendant qu'on puisse le faire, caler le piston, en laissant les orifices ouverts*); R, ressort relevant le piston; S, couvercle (*essuyer l'huile qui tombe à la surface du couvercle et maintenir l'orifice central débouché*).

quantité d'air nécessaire à une bonne caburation lorsque le moteur tourne à vide à sa plus petite vitesse; lorsque cette dernière augmente, il est donc nécessaire d'admettre une certaine quantité d'air additionnelle : c'est le rôle de l'appareil automatique.

Cet appareil se compose d'un corps cylindrique percé d'ouvertures M, qui peuvent être plus ou moins découvertes par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le tiroir L, dont la tige T fait corps avec un piston sans frottement P logé dans le cylindre O. Le joint du piston dans le cylindre est obtenu au moyen d'une membrane souple et imperméable Q, sertie à la fois sur le piston et sur le cylindre ; le piston, en se déplaçant, entraîne la membrane, qui se déroule ou s'enroule sans produire de frottement. Le piston P est en communication par sa face inférieure avec la chambre de carburation et par sa face supérieure avec l'atmosphère ; il tend à être maintenu en haut de sa course par le ressort R.

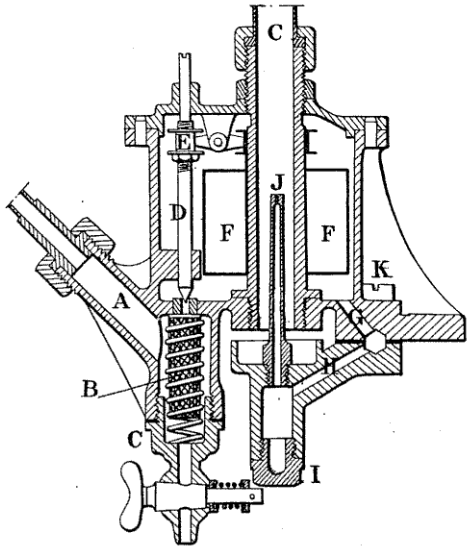


FIG. 206. — Carburateur D. B. à niveau constant.

A, arrivée d'essence ; B, tamis ; C, tubulure et robinet de vidange ; D, pointeau ; E, pièce de levée du pointeau ; FF, flotteur annulaire ; G,H, canaux d'arrivée d'essence à l'ajutage ; I, bouchon de la tubulure portant l'ajutage ; J, ajutage gicleur ; K, vis fixant la tubulure portant l'ajutage.

L'appareil fonctionne de la façon indiquée ci-dessous.

La vitesse du moteur est réglée par la position du tiroir G, qui obture plus ou moins l'orifice des gaz ; si la dépression produite par le moteur augmente, cette dépression se fait sentir au-dessous du piston P, et la pression atmosphérique fait descendre ce piston, ce qui donne lieu à un abaissement du tiroir L et à une entrée d'air additionnelle par les orifices M ; cette entrée d'air est proportionnelle à la quantité d'essence passant par le gicleur D, de sorte que le mélange conserve la même proportion de ses deux éléments, essence et air, quelle que soit la vitesse du moteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le **carburateur de Dion-Bouton** à dosage automatique se compose de deux parties : la partie inférieure (*fig.* 206), disposée en charge sous le réservoir d'essence, comprenant l'appareil assurant le niveau constant de l'essence, et produisant sous l'effet de la dépression du piston un gaz très riche au moyen du passage de l'air par une petite section autour du gicleur ; et la partie supérieure (*fig.* 207), comprenant l'appareil automatique doseur d'air additionnel, un robinet de réglage de quantité, et l'ensemble des brides et tubes amenant le mélange au moteur, le tout appliqué tout près des cylindres.

Les deux parties, inférieure et supérieure, se trouvent reliées par un tube d'air autour duquel circule de l'eau prise sur le circuit de refroidissement des cylindres, à l'endroit où ce circuit possède le plus de chaleur. Ce moyen de réchauffage de l'air est préférable à celui qui consiste à le chauffer avant son entrée dans la chambre de mélange du carburateur.

Fonctionnement. — L'essence arrive par la canalisation A de la partie inférieure de l'appareil, passe par le tamis B et arrive à la boîte du flotteur. Le niveau constant s'établit par l'équilibre du flotteur F avec le pointeau D, reliés ensemble par deux leviers doubles dont le point d'articulation se trouve attaché au couvercle de la boîte. L'essence passe ensuite au gicleur J par les canaux ; l'air pénètre lui-même dans le tube C concentrique au gicleur à l'endroit et dans le sens indiqués par la flèche (*fig.* 207). Un robinet, placé au bas du logement du tamis, et un bouchon I, permettent la vidange du réservoir d'essence et du carburateur.

Le flotteur est entièrement métallique, et son contact avec les leviers le reliant au pointeau se fait sur une douille à deux joues soudées sur son tube intérieur ; le réglage du pointeau s'opère au moyen de l'écrou E que l'on immobilise par son contre-écrou.

L'appareil additionnel d'air et de réglage de quantité (*fig.* 207) se compose de l'arrivée C de mélange riche, d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

clapet A admettant l'air supplémentaire, et d'un robinet B d'arrivée du mélange au moteur. Le clapet A, s'ouvrant sous l'effet de l'aspiration du piston et laissant passer l'air venant par les orifices D, comprime le ressort F, lequel tend à le maintenir fermé ; ce clapet s'ouvre donc d'autant plus que la vitesse du piston, et par conséquent la dépression produite, est plus grande, et l'air admis est en quantité suffisante pour que le mélange soit en proportion convenable à toutes les allures du moteur. Afin d'empêcher le clapet de battre sous l'effet de chaque aspiration du piston aux faibles allures du moteur, il est relié à un petit piston amortisseur G, qui se déplace à frottement doux dans un cylindre fermé. Aux allures plus vives, le clapet reste constamment ouvert en plein, le temps entre deux aspirations étant trop court pour lui permettre de remonter complètement.

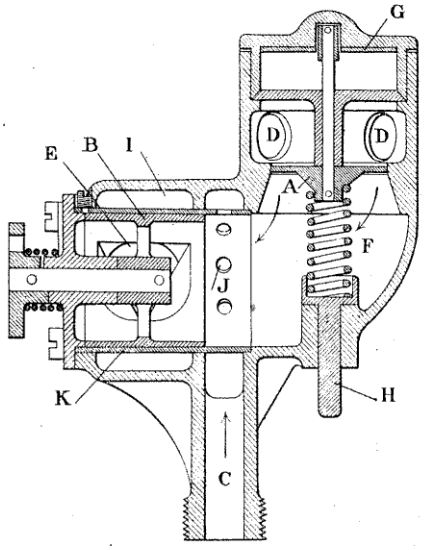


FIG. 207.
Carburateur D. B., appareil d'air additionnel.
A, clapet automatique; B, étrangleur; C, arrivée d'air carburé; DD, arrivée d'air additionnel; E, départ des gaz; F, ressort du clapet automatique ; G, piston additionnel.

Le mélange riche venant de la partie inférieure du carburateur par la tubulure C se combine avec l'air admis par le clapet A, après avoir passé par les trous J d'une chemise K; dans cette chemise peut tourner un robinet B portant des orifices de section convenable : ce robinet découvre ou recouvre à volonté d'autres orifices ménagés sur la chemise K et communiquant avec la chambre I, dans laquelle débouchent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les tubulures d'arrivée du mélange au cylindre. Une manette placée sur le volant commande le robinet B ; celui-ci est encore combiné avec la pédale du frein, de manière à obliger le conducteur à ralentir le moteur avant de se servir du frein au pied. Un dispositif à vis de butée réglable, intercalé dans cette commande, permet de régler la position du robinet correspondant à la vitesse minima que l'on désire donner au moteur.

Pour faciliter la mise en marche lorsque le moteur est froid, le carburateur est muni d'une came qui permet d'augmenter la tension du ressort de rappel du clapet d'air additionnel ; par ce moyen, le clapet s'ouvre plus difficilement et le moteur aspire du gaz plus chargé d'essence, ce qui facilite le départ. On peut donner aussi au ressort la tension que l'on désire, mais on ne doit se servir de ce procédé que pour la mise en marche ; si le ressort a perdu de sa force, il est préférable d'interposer, entre la pièce recevant le ressort et le corps de l'appareil, une ou plusieurs rondelles très minces. Les ressorts des clapets d'air sont en effet établis de manière que, le moteur étant à l'allure ralentie, on ne puisse appuyer même légèrement sur le clapet, et par conséquent ajouter de l'air, sans faire arrêter le moteur. C'est un indice que le mélange n'est pas très riche à cette allure et par conséquent que la consommation est la plus réduite possible (1).

La figure 208 représente un carburateur D. B. pour moteur à 2 cylindres à manivelles calées à 180°.

42. ***Dispositifs d'allumage.*** — L'allumage du mélange comprimé par le piston doit, pour avoir le maximum d'efficacité, se produire de telle sorte que l'explosion ait lieu un peu avant que le piston arrive au haut de sa course ; plus tôt, il en résulterait une résistance qui nuirait à la marche (*fig.* 48), et plus tard, l'explosion ne serait pas entièrement

(1) *Le de Dion-Bouton*, numéro du 14 décembre 1907.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

utilisée, tant au point de vue de la puissance du moteur que de son rendement (*fig.* 50). Cette condition exige que l'étincelle d'allumage jaillisse dans le mélange sensiblement avant ce point mort, et d'autant plus que la vitesse de rotation du moteur est plus grande et le mélange explosif plus pauvre en essence.

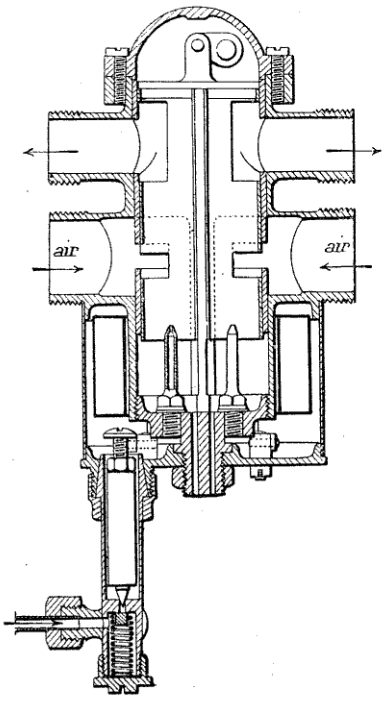


FIG. 208. — Carburateur pour moteur à 2 cylindres D. B.

En marche, une partie de l'air entrant par les tubulures inférieures se répand autour des boisseaux de réglage et remonte le long des gicleurs ; l'autre partie de l'air remonte directement aux tubulures supérieures en se mélangeant à l'air carburé ci-dessus.

L'allumage des moteurs s'est effectué, au début de l'automobile, au moyen de tubes en platine maintenus à l'incandescence par des brûleurs alimentés d'essence, ou par une étincelle électrique engendrée par des piles et des accumulateurs. Aujourd'hui, l'allumage électrique est exclusivement employé, et il est généralement réalisé par des magnétos, qui sont les appareils les plus efficaces et demandant moins de soins, et quelquefois (additionnellement le plus souvent) par des accumulateurs ou des piles. On trouvera la description de ces divers générateurs électriques au chapitre *Notions d'electricité.*

43. ***Refroidissement des moteurs à pétrole.*** — La température atteinte dans les cylindres au moment de l'explosion, et maintenue en partie pendant la détente et l'échappement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étant considérable (1.300° à 1.400°), il est indispensable de les refroidir d'une façon continue pour éviter la détérioration des divers organes du moteur et permettre notamment le graissage des pistons. Ce refroidissement, dans les véhicules industriels à marche lente ou modérée, s'opère au moyen d'une circulation d'eau dans l'enveloppe entourant le cylindre et une partie de la culasse, surtout les soupapes d'échappement.

Cette circulation (*fig.* 209) peut être obtenue par la seule différence de chaleur et par suite de densité de l'eau, qui est à des températures inégales dans les diverses parties du circuit, la plus chaude (plus légère) tendant constamment à gagner la partie supérieure; ou bien au moyen de pompes centrifuges ou à piston. Les deux premiers procédés (thermo-siphon et pompe centrifuge) sont employés quand le circuit, et notamment le radiateur, ne présente pas une résistance sensible (et s'il est bien fait, il ne doit pas en présenter); dans le cas contraire, on emploie la circulation par pompes à piston avec commande par engrenage généralement, mais celles-ci s'usent rapidement, et la pompe centrifuge est préférable.

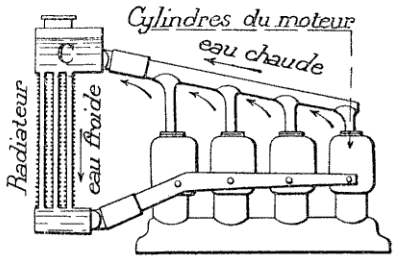


FIG. 209.
Schéma de la circulation d'eau par thermo-siphon.

Une pompe centrifuge comprend (*fig.* 210) un corps cylindrique creux en forme de couronne; à l'intérieur de cette dernière tourne un disque muni de grandes ailettes venant tangenter sensiblement la circonférence de la couronne, et entre lesquelles sont intercalées des petites nervures dont le but est d'empêcher le remous de l'eau entre les ailettes. La pompe peut être commandée par engrenages ou par friction.

Dans le système de refroidissement par pompe, l'eau passe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cette dernière généralement au moteur et ensuite au réservoir, puis au refroidisseur, ou inversement, c'est-à-dire au refroidisseur d'abord, puis au réservoir.

La Maison COHENDET, dans ses camions, n'emploie pas de

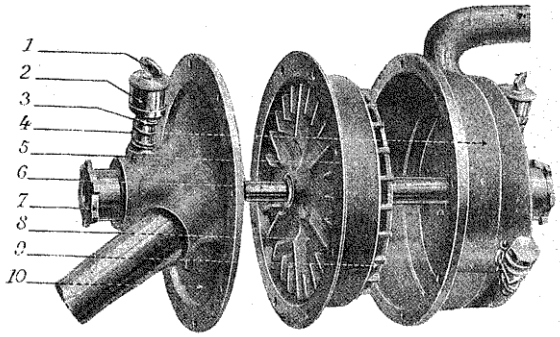


FIG. 210. — Pompe centrifuge Panhard-Levassor.

1, couvercle du graisseur à papillon ; 2, corps du graisseur ; 3, ressort du graisseur ; 4, corps de pompe ; 5, couronnes fixes à aubes ; 6, arbre de pompe ; 7, écrou à encoches presse-étoupe ; 8, roue à ailettes ; 9, roue à aubes ; 10, couvercle de pompe.

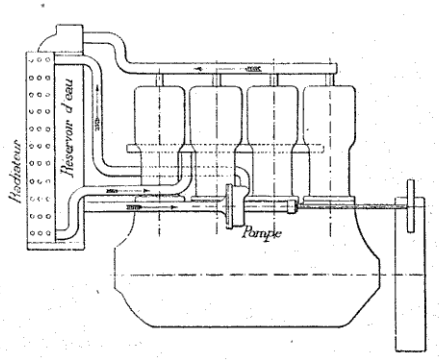


FIG. 211. — Refroidissement des moteurs par pompe.

refroidisseur de l'eau de circulation ; cette dernière est emmagasinée dans un réservoir d'une capacité suffisante pour un parcours de 50 km environ. On la renouvelle un peu avant la fin de chaque étape semblable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le refroidissement doit être surtout régulier, mais il ne doit pas être trop accentué, il diminuerait sans cela le rendement du moteur, qui consommerait sensiblement plus d'essence; d'autre part, l'allumage et l'explosion s'opéreraient d'une façon moins efficace. On évite cet inconvénient en réemployant la même eau de refroidissement. Cette eau s'échauffe dès les premiers instants de la mise en marche du moteur, et elle arrive rapidement à une température de régime. On maintient cette dernière un peu inférieure à 100° (entre 75 et 85) pour qu'il n'y ait pas d'évaporation sensible et qu'il ne puisse se former dans le circuit des poches de vapeur; ces dernières entraveraient, en effet, le refroidissement des parois et gêneraient la circulation générale, laquelle doit être très active, pour que l'eau reste à une température sensiblement uniforme; de bonnes conditions de refroidissement sont : température à l'entrée aux cylindres, 55°; température à la sortie, 80°.

Les **radiateurs** sont de deux sortes. Les *radiateurs tubulaires à ailettes* sont formés d'un tube mince en cuivre, contourné en serpentin (*fig.* 212), et sur lequel viennent se fixer (par soudure ou autrement) un très grand nombre d'ailettes ou petits carrés de tôle mince, percés en leur milieu d'un trou correspondant au diamètre du tuyau : ces ailettes soutirent une très grande quantité de chaleur au serpentin, par suite de la grande surface de refroidissement qu'elles offrent à l'action de l'air; la circulation de l'eau se fait à l'intérieur des tubes et la circulation de l'air à l'extérieur. Au contraire, dans les *radiateurs à nid d'abeilles*, l'eau circule à l'extérieur et l'air à l'intérieur. Les premiers sont les plus simples, les plus faciles à entretenir et les plus employés dans les véhicules industriels; ils peuvent être munis de cloisons pour maintenir à l'eau une direction constante. Les tubes sont habituellement horizontaux quand la circulation s'effectue par pompe, et verticaux quand elle s'opère par thermo-siphon; dans le cas de petites forces, les tubes de ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dernier appareil sont lisses et non munis d'ailettes. Le refroidissement peut avoir lieu par le simple déplacement de la voiture, ou être activé encore par l'emploi d'un ventilateur qu'on dispose derrière le radiateur, quelquefois dans le

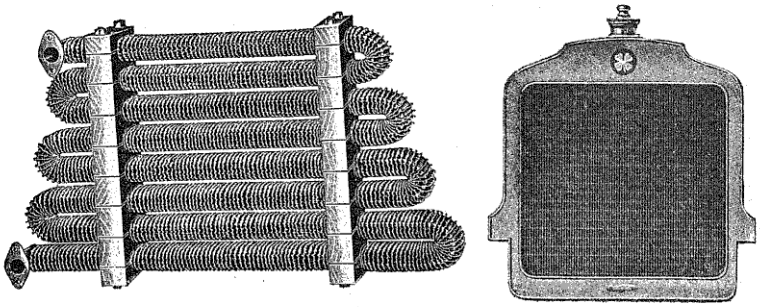


FIG. 212.

Radiateur à ailettes. Refroidisseur cloisonné G. A.

volant. L'eau doit être refroidie de 20 à 25° dans le radiateur, et sortir par conséquent à 55° si elle y est entrée à 80°.

Pour un moteur de 24 chx, la pompe doit donner entre 70 et 80 l à 1.000 tours; le radiateur à ailettes doit avoir une longueur de 1,200 m environ par cheval, soit 28 m pour le moteur considéré. Une turbine placée derrière le radiateur et aspirant 60 m³ à l'heure donne de bons résultats.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III

CHASSIS DES VÉHICULES A PÉTROLE

44. Le ***châssis de support*** (*fig.* 213) du moteur et de ses accessoires, de la direction et de la caisse (on lui donne le nom de ***châssis moteur*** (*fig.* 214-215) quand il est muni de tous ces organes, sauf la caisse), se compose du bâti ou cadre, des essieux, des roues, de la suspension, de la direction et des freins.

Le **bâti** est formé d'une ceinture entretoisée obtenue par la réunion, au moyen de traverses, de deux longerons régnant sur toute la longueur du véhicule : ces longerons sont parallèles et droits, sauf à l'avant, où ils sont généralement rétrécis pour faciliter le braquage des roues directrices en vue des virages; dans les voitures à cardan, on les relève souvent à l'arrière pour obtenir un plus grand espace disponible au-dessus du pont. Les longerons peuvent être établis en fers profilés (fers à U et cornières), en bois armé de tôles, en tubes à section ronde ou carrée, garnis ou non intérieurement de bois et pouvant comporter un faux-châssis en fers profilés, enfin en tôles embouties à la presse (*fig.* 216-223). Les longerons sont assemblés entre eux au moyen de fers profilés rivés, de tubes vissés et brasés, ou encore de bois armé. Il paraît préférable d'employer un entretoisement par étrésillement, comme dans les grands ouvrages métalliques;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appliqué par l'un des auteurs dans quelques cas, ce procédé a donné de très bons résultats : il découle, du reste, des méthodes de graphique statique employées actuellement dans les bonnes maisons. Le moteur, avec le changement de vitesse, est fixé directement sur le bâti au moyen de pattes, ou monté

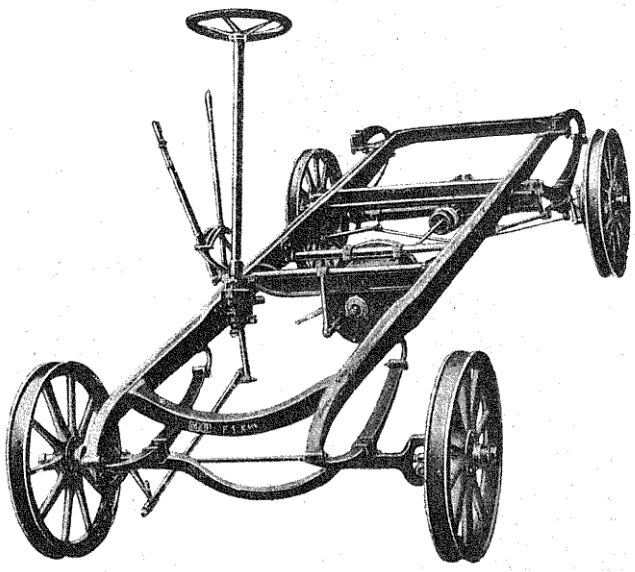


Fig. 213. — Châssis de support MAB à transmission par cardan.

sur des longeronnets spéciaux, entretoisés ou non, boulonnés ou rivés aux longerons principaux ou à leurs traverses d'assemblage ; ce *faux-châssis* peut venir d'emboutissage avec le carter du moteur et du changement de vitesse. On construit aussi des châssis emboutis en une seule tôle, et même des châssis venant avec une partie de la carrosserie. Un châssis semblable d'omnibus char à bancs Arbel ne pèse que 800 kg pour une contenance de 36 places (1).

(1) *Rapport sur les châssis*, par Pierre Arbel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le bâti a besoin d'être établi d'une façon très solide et avec

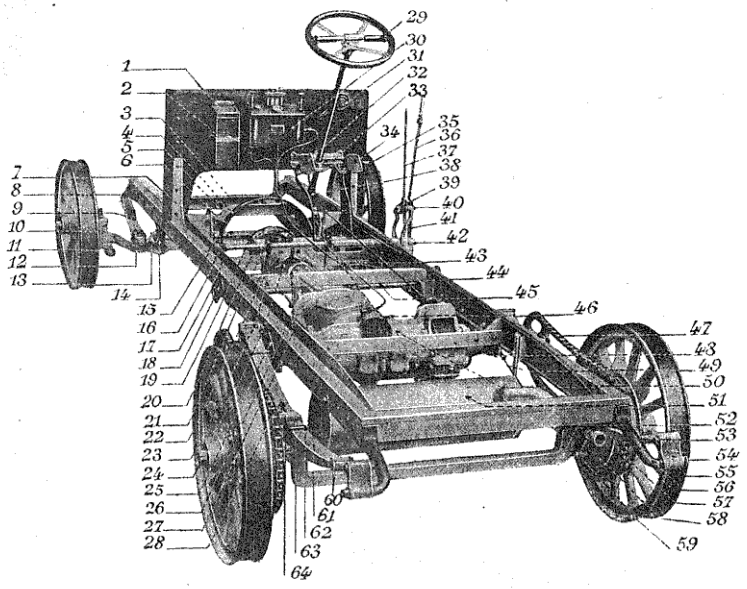


FIG. 214. — Châssis-moteur T4F-KM Panhard-Levassor à transmission par chaînes.

1, couvercle cuir de la bobine de magnéto ; 2, bobine de magnéto ; 3, traverse avant de moteur ; 4, couvre-volant du moteur ; 5, manivelle de mise en marche ; 6, traverse arrière supportant les longerons ; 7, contre-équerre du garde-crotte ; 8, graisseur de fusée d'essieu ; 9, ressort avant de suspension ; 10, essieu avant ; 11, levier simple de direction ; 12, étrier de ressort ; 13, esse de ressort ; 14, support arrière du ressort avant ; 15, éclisse de la bielle d'accouplement ; 16, bielle d'accouplement des leviers simple et double ; 17, arbre de débrayage ; 18, levier de tirage de la corde du frein ; 19, bride du couvercle de l'embrayage ; 20, levier porte-galet de débrayage ; 21, yatagan ; 22, fourchette de débrayage ; 23, traverse avant supportant la boîte de mouvement ; 24, bouchon de palier de l'arbre d'embrayage ; 25, support du palier de pignon de chaîne ; 26, bielle de commande de changement de vitesse ; 27, demi-chapeau d'assemblage et de rallonge ; 28, graisseur Tucker ; 29, appareil de commande ; 30, graisseur automatique **Dubrulle** ; 31, interrupteur ; 32, pédale de débrayage ; 33, emplanture de direction ; 34, pédale de frein ; 35, pédale d'accélérateur ; 36, levier à main de débrayage et de frein ; 37, levier de changement de marche et de vitesse ; 38, direction ; 39, secteur du levier de changement de marche ; 40, secteur du levier de débrayage et de frein ; 41, support des secteurs ; 42, levier de commande de frein au pied ; 43, traverse supportant l'embrayage ; 44, tige de tirage de frein et débrayage ; 45, tube de frein sur roues ; 46, levier de commande de changement de vitesse ; 47, pignon de chaîne ; 48, traverse entretoise du châssis ; 49, corde de frein ; 50, boîte de mouvement ; 51, pot d'échappement ; 52, essieu arrière ; 53, esse de ressort ; 54, écrou à 2 méplats fixant l'esse ; 55, graisseur Tucker fixé sur l'esse ; 56, support arrière du ressort arrière ; 57, poulie de frein des roues ; 58, disque de recouvrement ; 59, bielle de poussée ; 60, bride maintenant les lames du ressort ; 61, ressort arrière de suspension ; 62, étrier de ressort ; 63, boulon d'assemblage de lames de ressort ; 64, levier de commande de la came du frein.

une certaine souplesse à la fois, pour résister sans se déformer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une manière permanente aux cahots de la route et aux efforts du moteur, de la transmission et des freins, et aussi pour permettre un faible déplacement relatif de certains organes en vue d'éviter les coincements, les déformations et les ruptures. Il doit être encore aussi léger que possible, constitué

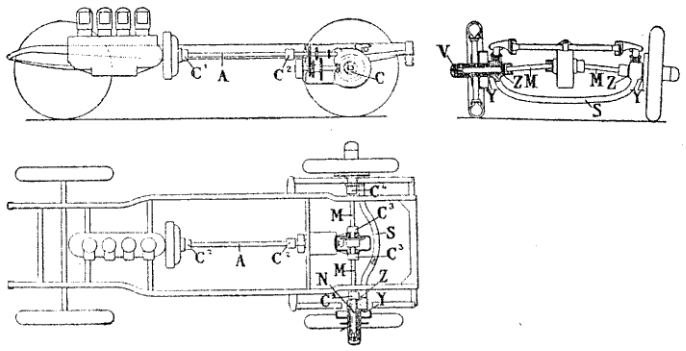


FIG. 215. — Châssis-moteur D. B. à transmission par cardans.

Caractéristiques. — Moteur à 4 cylindres avec l'embrayage à l'avant et carter renfermant changement de vitesse et différentiel à l'arrière, réunis par arbre longitudinal A (représenté en détail *fig.* 226), articulé à la cardan à ses deux extrémités pour remédier aux déformations possibles du châssis. — Transmission du mouvement aux roues par arbres transversaux M, M attaquant les fusées creuses s'engageant dans le moyeu de chaque roue.

par suite au moyen de matériaux de choix (on commence à employer sous ce rapport l'acier au nickel), enfin judicieusement établi.

Les châssis en bois armé sont certainement ceux qui, au point de vue mécanique, présentent les plus grands avantages, la cristallisation moléculaire se trouvant fortement atténuée par suite de l'insertion de la bande en bois entre les deux longrines en acier (châssis d'omnibus de Dion), ou par la juxtaposition de la longrine en bois à la longrine en acier (châssis Panhard). Le meilleur type réalisé paraît être le châssis C. G. V., formé d'un tube quadrangulaire dans lequel est inséré à force un morceau carré de frêne; ce type de châssis a toujours donné d'excellents résultats.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais les châssis en bois armé sont d'un prix élevé, et ils présentent de plus un inconvénient assez grave, c'est de subir

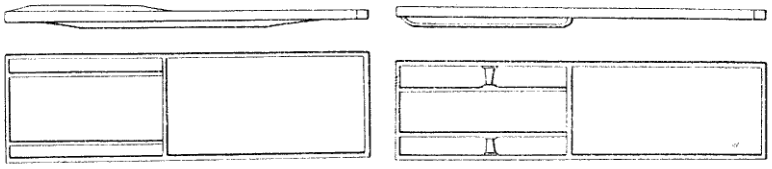


Fig. 216 et 217. — Châssis en fers profilés et en tubes.

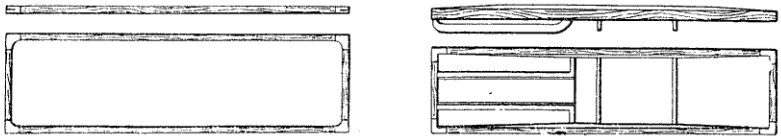


Fig. 218 et 219. — Châssis en bois armé.

l'influence de la température et d'obliger à resserrer assez souvent les boulons. On emploie presque exclusivement au-

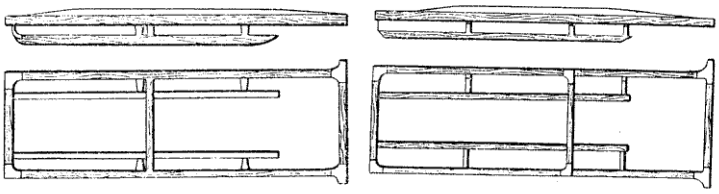


Fig. 220 et 221. — Châssis en bois armé.

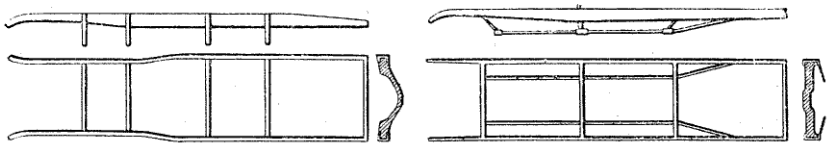


Fig. 222 et 223. — Châssis emboutis.

jourd'hui les châssis en tôle emboutie, qui, bien faits, présentent une très grande résistance avec des sections

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

minima; si leur épaisseur est bien appropriée, ils forment un ensemble d'une indéformabilité absolue.

Les figures 216 à 223 représentent divers systèmes de châssis employés en automobiles.

45. Les **roues** sont constituées par un *moyeu* et une *jante* assemblés par des *rais;* la jante est ensuite cerclée à chaud d'un bandage en fer, qui est fréquemment garni d'une bande simple, double, ou même triple de caoutchouc ou de pavés pleins. Les pneumatiques ne sont employés que sur les véhicules légers. Un système élastique à ressorts ou à masses de caoutchouc plein amortisseur peut être aussi interposé dans le moyeu, la jante ou les rayons, pour réduire les chocs produits sur le châssis par les cahots de la route. La figure 224 montre le *moyeu* genre artillerie employé d'une façon générale en automobile; il est en acier et porte, venu de métal, un disque concave A, formant avec le contre-disque mobile B une sorte d'encastrement où viennent s'insérer les pieds des rais, lesquels se fixent encore aux deux disques par des boulons. Dans la boîte d'essieu est enfoncée à force une chemise en bronze dur *a*, qui donne, avec le métal cémenté et trempé de la fusée, un frottement et une usure très faibles.

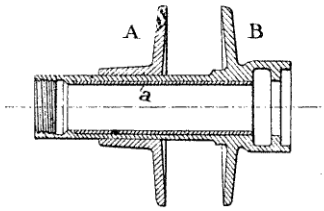


FIG. 224. — Moyeu d'artillerie.

Le moyeu vient porter intérieurement sur la rondelle de l'essieu ou sur une rangée de billes; un écrou vissé à l'extrémité de l'essieu, puis goupillé, maintient la roue dans le sens latéral sans frottement ni jeu sensibles. Un écrou en bronze, ou chapeau, à filetage extérieur, vient obturer l'intérieur de la boîte pour retenir le lubrifiant et empêcher l'introduction de la poussière et de la boue (*fig.* 225).

Les rais sont en bois fibreux très résistant et bien sec :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

acacia, chêne ou hickory, et les jantes en orme ou en frêne; dans les voitures à chaîne, la couronne d'entraînement des roues est fixée aux rais, qui ont une plus grande section en ces points, au moyen de boulons. Les rais sont souvent inclinés extérieurement : on dit dans ce cas que les roues ont de l'*écuanteur;* celle-ci peut être très faible, ou s'élever, au contraire, jusqu'à 6 0/0. L'écuanteur augmente la solidité et l'élasticité des roues; elle correspond à une inclinaison de la fusée appelée *carrossage*, qui doit être telle que, lorsque la partie de la jante portant un rai vient en contact avec le sol, ce rai soit bien vertical. L'écuanteur gêne le fonctionnement normal des chaînes et cardans, et les roues d'un assez grand nombre de véhicules industriels n'en sont pas munies; elle est surtout avantageuse pour les roues munies de bandages en fer et aussi de caoutchoucs pleins, ou encore de blocs; elle l'est moins pour les roues à pneumatiques, en raison de l'élasticité propre de ces dernières.

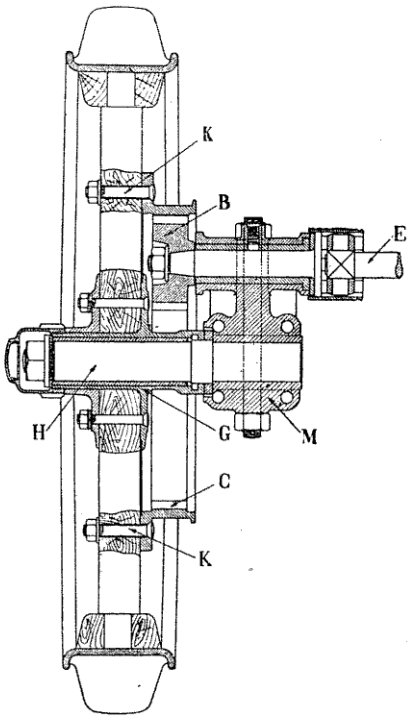


FIG. 225. — Roue arrière de camion D. B. B, pignon droit; C, roue dentée intérieure fixée à la roue; E, cardan transversal; G, contre-disque de la roue; H, fusée pleine; K, boulons de fixation; M, tête d'essieu.

Pour construire une roue à bandage métallique, on effectue d'abord le montage des rais et de la jante, puis on place le bandage à chaud; la contraction qui résulte du refroidisse-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment, activé en trempant la roue dans une cuve d'eau froide, assure un contact intime entre le bois et le métal et fait disparaître les jeux inévitables des assemblages, en même temps qu'elle réduit ceux qui ont ensuite tendance à se produire à l'usage. Après un long service, toutefois, la réparation des roues s'impose, car, sous la pression continuelle de la jante et

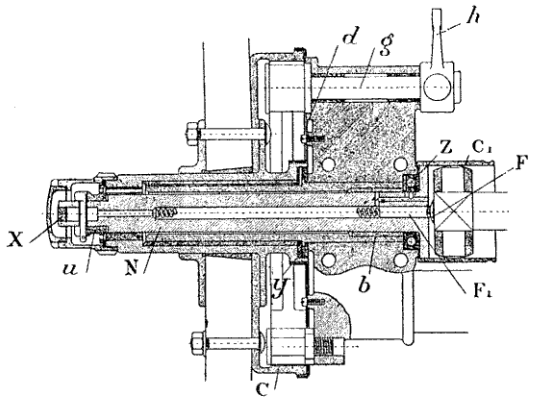


FIG. 226. — Moyeu de roue arrière D. B.

C, couronne fixée sur la roue et servant de tambour de frein ; C_1, tête du cardan transversal ; F_1, pièce appuyant sur le grain F du cardan pour pousser l'arbre transversal vers le différentiel ; N, arbre d'entraînement de la roue ; *u*, écrou de fixation de la roue sur l'arbre N ; *y*, butée lisse ; Z, butée à billes.

les chocs répétés de la route, le bois se resserre peu à peu, se mate, et il y a danger de dislocation. Pour les véhicules à bandages en fer, on se borne à remplacer le bandage primitif par un autre de plus petit diamètre, après avoir rafraîchi les surfaces en contact : c'est ce qu'on appelle châtrer la roue. Pour les roues à bandages en caoutchouc, ce procédé serait mauvais, car la nécessité d'adapter à la jante les mêmes pneumatiques ou caoutchoucs pleins oblige à conserver scrupuleusement le même diamètre.

Dans les véhicules de DION-BOUTON, il est possible de resserrer les roues quand elles tendent à se disloquer, mais c'est du centre que la pression de serrage est exercée. A cet effet,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on ajuste sur le corps du moyeu une bague conique sur laquelle doivent s'adapter les rais (*fig.* 226), et, une fois la roue montée avec sa jante métallique, on perce en son milieu un trou également conique de la dimension voulue pour réserver un certain serrage, et on l'engage sur la bague; mais, pour obliger les rais à s'appliquer sur la flasque arrière, on les contraint par le moyen de boulons à monter sur la rampe du cône : le serrage se répartit ainsi jusqu'à la jante et se maintient très longtemps. D'ailleurs on peut toujours resserrer les roues en introduisant sous la bague, fendue à cet effet, une feuille de clinquant d'épaisseur convenable ou en remplaçant simplement la bague par une plus forte. La fente de la bague a aussi pour but de provoquer le serrage de cette pièce sur le moyeu, ce qui est indispensable pour les roues arrière, car alors l'effort d'entraînement se transmet, non seulement par les flasques et les boulons, mais aussi par le moyeu métallique, puisqu'il fait pour ainsi dire corps avec le bois de la roue.

Les roues avant comportent dix rais et les roues arrière douze ; celles-ci ont, en effet, besoin d'une résistance plus grande, puisqu'elles sont à la fois porteuses et motrices : il y a pour chacune d'elles six boulons servant à l'entraînement par le moteur.

Les roues avant étant rapprochées autant que possible de l'axe de pivotement, il en résulte la possibilité de virer dans un rayon relativement petit. La limite de braquage est établie pour chaque roue par des butées : celle qui correspond à la roue gauche est formée par une petite pièce spéciale fixée par l'écrou de bloquage du levier d'accouplement; pour la roue de droite, cette pièce fait corps avec le levier à rotule (1).

La roue-disque métallique Arbel est employée sur quelques gros omnibus de ville; le moyeu, les rais et la jante y sont reliés invariablement entre eux; par son manque d'élasticité,

(1) *Le de Dion-Bouton*, n° 79.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce système de roue produit une détérioration rapide des bandages, et on lui préfère généralement la roue en bois.

Les systèmes de bandages en caoutchouc plein ou creux avec ou sans antidérapant employés sur les véhicules industriels sont de différentes sortes, ainsi que leurs dispositions de montage. Ces bandages sont construits en série, suivant des dimensions bien déterminées, auxquelles doivent correspondre exactement celles des jantes; il faut se garder de monter sur une roue un bandage qui ne correspondrait pas comme largeur et diamètre aux dimensions rigoureuses de son logement dans la jante.

Les roues avant doivent être bien parallèles; elles occasionneraient sans cela une sorte de *dandinement* du véhicule qui produirait une sorte de freinage, en augmentant le coefficient de traction et en donnant encore lieu à une plus grande usure des bandages. Aussi ce parallélisme doit-il être vérifié fréquemment et corrigé s'il y a lieu.

Malgré le prix d'entretien élevé des pneumatiques, on les conserve souvent aux roues avant pour ménager le mécanisme, même dans les véhicules pesant 3 à 4.000 kg; les roues arrière sont pourvues, suivant la destination du véhicule, de bandages en caoutchouc plein simples ou doubles, ou de bandages en fer, avec parfois dans ce dernier cas un système d'amortisseur pneumatique. Les roues métalliques élastiques sont encore peu employées. Les amortisseurs sont plus efficaces; sur les camions et les omnibus, ils procurent une grande douceur de suspension et réduisent l'entretien mécanique par leur absorption d'une partie des vibrations provenant des chocs de la route.

46. *Bandages.* — Ils peuvent être constitués, a-t-on dit, par un cercle en fer ou en acier doux, posé à chaud bien juste sur la jante de la roue, puis refroidi subitement, ou par une bande pleine ou des blocs en caoutchouc fixés sur la jante par divers procédés. Les roues d'avant ont des bandages

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lisses et continus, simples (*fig.* 224), ou des blocs chevauchés ou en forme de chevrons (*fig.* 226-228), et les roues arrière des bandages continus doubles et triples, ou une triple rangée de blocs ou pavés (*fig.* 229-230). Les pavés Chary doubles et triples réduisent considérablement le dérapage, qui peut avoir des conséquences si dangereuses dans les villes. Mais les

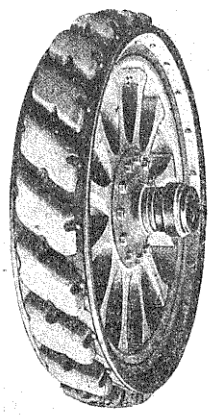


FIG. 227.
Bandage à pavés en losange.



FIG. 228.
Bandage double à pavés en rectangle alternés.



FIG. 229.
Bandage double à pavés en losange.

caoutchoucs pleins, s'ils suppriment encore le bruit dans certaines conditions, ne donnent guère, au point de vue de l'amortissement des chocs, des résultats plus satisfaisants que de simples roues ferrées. C'est que le caoutchouc, s'il possède une grande élasticité, est incompressible et par suite incapable d'amortir les trépidations, comme de franchir les obstacles sans transmettre les chocs au mécanisme.

D'autre part, on ne peut pas faire porter aux pneumatiques du plus fort diamètre une charge de plus de 700 kg. M. MICHELIN paraît avoir résolu le problème par l'établissement de ses pneumatiques jumelés, beaucoup plus résistants

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et aussi efficaces au point de vue de l'absorption de l'obstacle.

Parfois, les roues de l'essieu supportant le moteur sont garnies de caoutchouc, et celles de l'autre essieu sont munies de bandages en fer.

Les deux systèmes ont leurs inconvénients. Pour les bandages en caoutchouc, c'est leur entretien élevé qui grève

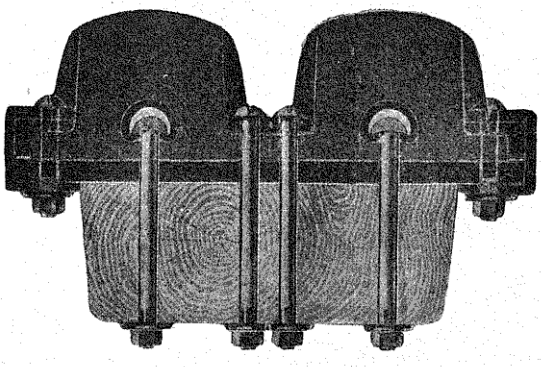


FIG. 230.
Coupe du bandage continu double « *Le Français* ».

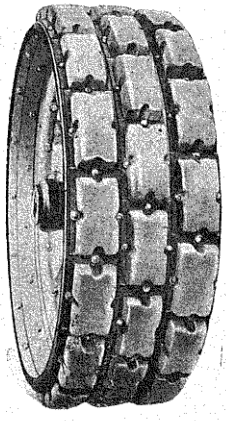


FIG. 231. — Bandage triple à pavés rectangulaires.

lourdement l'exploitation, principalement dans les véhicules à vitesse dépassant 12 à 15 km ou pesant plus de 4 t en charge, soit 2 t par essieu. On estime ainsi à 0,20 f par kilomètre l'entretien des bandages en caoutchouc d'un véhicule de 5 t. Les caoutchoucs pleins, d'autre part, ne suppriment guère que le bruit.

Les bandages en fer, si les roues ne sont pas munies d'un système élastique, ou si la suspension n'est pas judicieusement établie, donnent lieu à des trépidations et à des chocs qui amènent rapidement la détérioration du châssis et principalement du moteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des améliorations continues sont apportées aux deux systèmes, de sorte que les bandages en caoutchouc pleins peuvent s'appliquer aux véhicules de poids de plus en plus élevé, et que les bandages en fer, grâce à l'amélioration de la suspension et à l'emploi d'amortisseurs ou de systèmes élas-

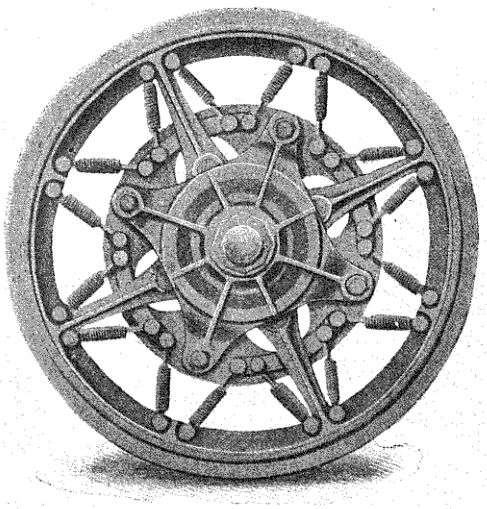


Fig. 232. — Roue élastique Trannoy.

tiques convenablement établis, donnent une marche suffisamment douce ne fatiguant plus autant le moteur.

Les camions et les omnibus Purrey et Cohendet, par exemple, peuvent être munis de bandages en fer, grâce à leurs longs ressorts à glissière qui permettent une amplitude d'extension sensiblement plus grande que les ressorts ordinaires.

Du côté des roues élastiques, divers systèmes donnent déjà des résultats appréciables.

Les amortisseurs, de leur côté, sont employés utilement avec les roues ferrées comme avec les roues munies de ban-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dages en caoutchouc (*fig.* 233). Quand un ressort reçoit un choc, il ne le transmet pas intégralement au châssis, car il en absorbe une partie ; la fraction non amortie donne lieu à des oscillations répétées qui ne s'éteignent totalement qu'après un certain parcours. Si dans l'intervalle un autre choc se produit, l'amplitude d'oscillation qui en résulte peut

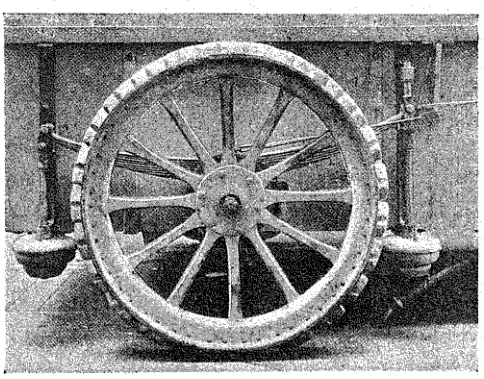


FIG. 233. — Amortisseur à air Patoureau.

s'ajouter à celle qui subsiste du précédent et se trouver ainsi sensiblement augmentée. Les amortisseurs ont pour but d'éteindre rapidement ces oscillations, qui ne se manifestent plus ainsi qu'au moment du choc.

47. Les ***essieux*** se distinguent en essieux porteurs, directeurs et moteurs. L'essieu d'avant est généralement porteur et directeur à la fois, et celui d'arrière moteur (véhicules à cardan), ou simplement porteur (véhicules à chaînes). Dans les véhicules électriques, l'essieu avant est parfois directeur et moteur, celui d'arrière est alors simplement porteur. Dans les véhicules à trois essieux, l'essieu moteur est au milieu et les essieux extrêmes sont tous les deux directeurs, pour favoriser les virages (*fig.* 234).

(1) *Le Poids lourd*, décembre 1907.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les essieux avant qui sont porteurs et directeurs sont constitués par un tube d'acier (*fig.* 235) ou plus généralement

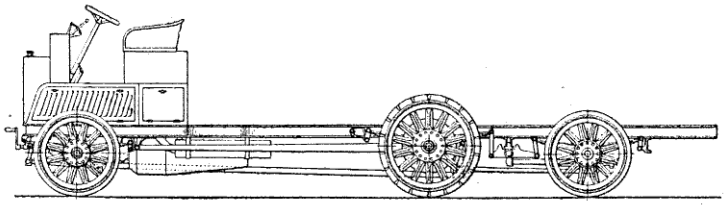


Fig. 234. — Châssis à 6 roues, système Brillié.

par un fer profilé **I**, ou à double **T**, ou en croix (*fig.* 236); ils sont souvent cintrés vers le bas pour permettre l'abaissement du moteur ou du véhicule lui-même (*fig.* 237), et cette partie peut aussi être dirigée vers l'avant pour présenter une plus grande résistance aux chocs de la route. Les essieux directeurs sont articulés à leurs deux extrémités aux fusées des roues au moyen d'un dispositif à chape ou autre, pour permettre de braquer ces dernières et de modifier ainsi la direction suivie par le véhicule.

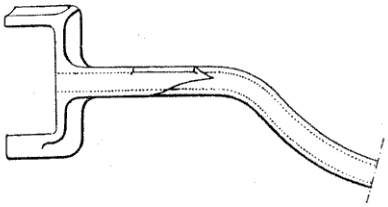


Fig. 235. — Essieu à tube.

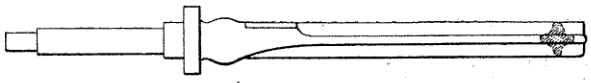


Fig. 236. — Essieu profilé en croix.

Dans certains essieux, le frottement du bas de la cheville se fait dans une bague en acier trempé (*fig.* 238); dans d'autres (*fig.* 239), il se fait sur billes, dans des cuvettes dont la forme rationnelle des gorges ne produit absolument que le frottement de roulement. La disposition à chape (*fig.* 240) a permis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'employer le graissage à la graisse consistante tout en pré-

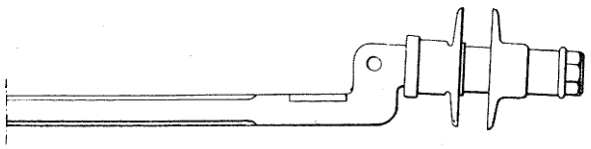


FIG. 237. — Essieu cintré.

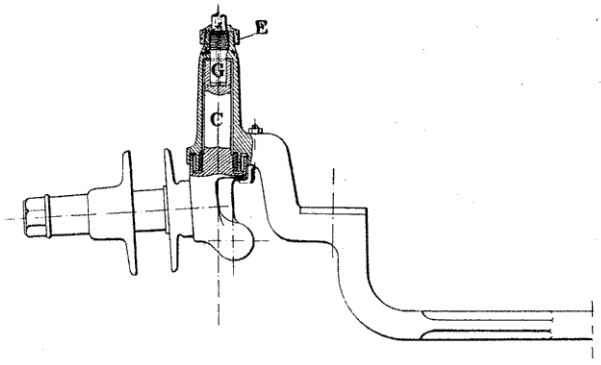


FIG. 238. — Essieu à pivot à bague.

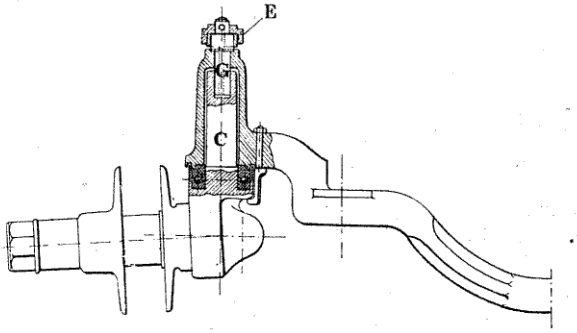


FIG. 239. — Essieu à pivot à billes.
C, pivot; E, écrou d'arrêt.

sentant des avantages au point de vue de la disposition de la direction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le graissage des articulations et des fusées est effectué au moyen de graisse jaune consistante ; pour les fusées, ce grais-

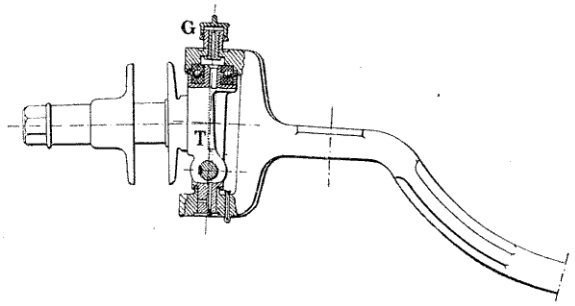


Fig. 240. — Essieu à chape.
G, graisseur à graisse; T, canal de graissage percé dans la cheville.

sage, dans les véhicules de Dion-Bouton, s'effectue en injectant la graisse jaune avec une pompe qui se visse à l'extré-

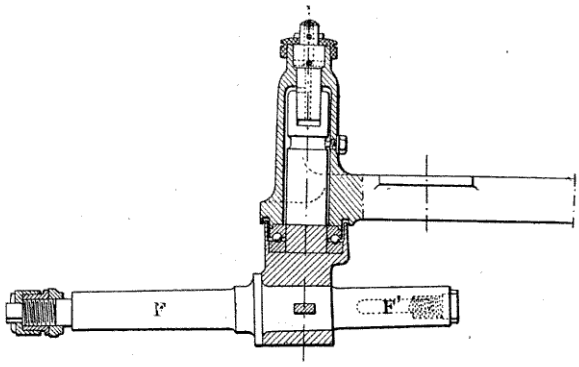


Fig. 241. — Essieu de véhicule électrique à chevilles verticales.
F, fusée; F', prolongement recevant le moteur.

mité des chapeaux de moyeux : la même pompe, avec un autre raccord, sert à graisser les articulations du châssis.

On nomme *essieux patents* ceux où la fusée est lisse et où

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le graissage se fait entièrement à l'huile : c'était l'essieu le plus employé en carrosserie ; avec les grandes vitesses des automobiles, il a fallu arriver au *demi-patent*, ou essieu à graisse.

L'essieu courant employé sur les véhicules électriques est à chevilles verticales (*fig.* 241) ; les fusées F sont rapportées et clavetées au bas de la cheville, et leur prolongement F′ reçoit le moteur, fixé par une clavette.

On arrive à supprimer entièrement tout porte-à-faux et à faire pivoter les roues dans un plan médian au moyen du dispositif figure 242, dans lequel l'axe d'articulation AB est à l'intérieur du moyeu, dans l'axe même de l'enrayage. Une rangée de billes au bas de l'articulation supporte la charge ; les frottements sont également à billes, dont une rangée C

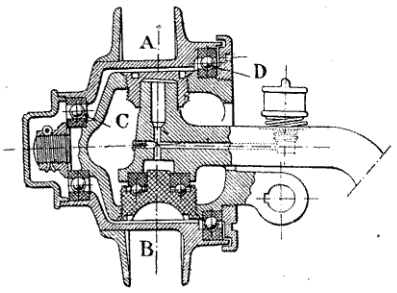


FIG. 242. — Essieu permettant le pivotement sur place des roues.

AB, axe d'articulation à l'intérieur du moyeu, dans l'axe même de l'enrayage ; C, D, roulements à billes.

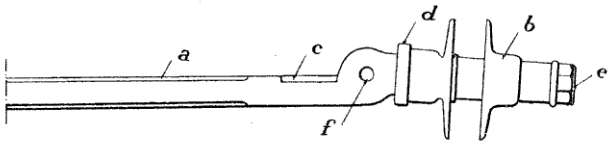


FIG. 243. — Essieu porteur d'arrière.

a, corps de l'essieu ; *b*, moyeu ; *d*, rondelle en heurtequin servant de butée au moyeu ; *c*, patin porteur du ressort ; *e*, écrou-chapeau ; *f*, trou dans le bossage pour fixer la bielle servant à la tension des chaînes.

est placée au bout du moyeu et une autre D, plus grande, à l'arrière du moyeu. Cet essieu a résolu le problème du pivotement sur place des roues d'avant, qui est intéressant surtout pour les véhicules électriques où l'essieu avant est à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fois directeur et moteur (véhicules Kriéger), chaque roue étant actionnée par un moteur indépendant de l'autre (1).

Les *fusées* des roues sont généralement en acier à 6 0/0 de nickel.

L'essieu arrière, dans les véhicules à chaînes, est simplement porteur, et il a la forme droite ou coudée représentée figures 237 et 243 ; la légende qui accompagne la seconde de ces figures indique la fonction de chacune des parties de l'essieu ; les moyeux peuvent être employés avec des frottements lisses ou des roulements à billes.

Dans la transmission par cardan de Dion-Bouton, l'essieu arrière est moteur ; il est coudé pour passer en dessous de la boîte du différentiel, et il supporte cette boîte par ses tourillons au moyen de deux paliers ; ses deux parties extrêmes sont creuses pour le passage de deux arbres qui attaquent les moyeux par un carré emmanché à force, et sont reliés d'autre part aux bouts d'arbre du différentiel par des joints à cardan (*fig.* 225).

Les essieux de véhicules industriels ont les sections suivantes :

	Avant	Arrière
Camion de 2 tonnes.....	38^{mm2}	45^{mm2}
— 3 —	42	52
— 5 —	55	70

La figure 244 représente un essieu avant, à chape, de véhicules de Dion-Bouton. L'essieu est terminé à chacune de ses extrémités par une forte chape A dans les œils de laquelle s'engagent les tourillons B, C, de la pièce de pivotement D. Le poids du véhicule repose sur les roues par l'intermédiaire du chapeau E, des grains K_1, K_2, de la pièce D et de l'axe L, dont les surfaces de contact sont en rapport avec ce poids. Des graisseurs à pression sont vissés dans les trous filetés P

(1) Lemoine, *les Essieux de voitures automobiles.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et Q ; ils servent à injecter un peu de graisse entre les parties de pivotement pour donner la douceur voulue à la direction.

L'axe L, cémenté et trempé, est introduit à la presse hydrau-

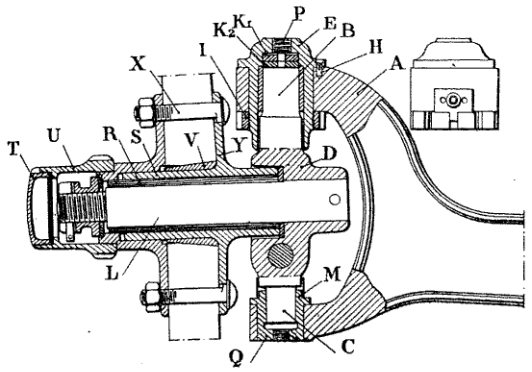


FIG. 244. — Chape de pivotement et moyeu avant (coupe).

A, chape terminant l'essieu ; B, C, tourillons s'engageant dans A ; D, pièce de pivotement ; E, chapeau recevant le poids de la voiture ; H, ergot empêchant E de tourner ; F, écrou de blocage ; K_1, K_2, grains du chapeau E ; L, axe de la roue, cémenté et trempé ; M, douille ; P, Q, trous filetés recevant des graisseurs à pression ; R, douille de roulement en bronze ; S, corps du moyeu ; T, bouchon vissé ; V, bague de serrage des rais ; Y, flasque arrière ; X, boulons de serrage.

lique dans la pièce D ; il tourne dans la douille de roulement R, qui est en bronze, et entrée à force également dans le corps S du moyeu, lequel pénètre comme l'axe L dans une cavité de la pièce D. Cet axe L est encore arrêté par deux goupilles coniques ; un plat ménagé à sa partie supérieure forme une cavité pour la graisse qu'on injecte par la seringue spéciale.

48. Les ***ressorts de suspension*** servent à absorber en partie les chocs que les roues supportent du fait des inégalités du sol, et à les transmettre d'une façon très réduite au bâti et à la caisse. Une bonne suspension réduit aussi la résistance des véhicules au roulement.

Les ressorts sont généralement au nombre de quatre (deux par essieu) et placés longitudinalement, à l'intérieur des roues.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ils se composent de lames en acier trempé et recuit, flexibles et résistantes; ces lames sont de longueur et d'épaisseur décroissantes (*fig.* 245) à partir de la lame supérieure, qui est appelée la maîtresse-lame, et serrées par une bride qui vient se fixer sur l'essieu; leurs extrémités sont articulées au moyen de menottes ou de jumelles à des mains fixées au bâti, ou bien elles sont lisses et viennent coulisser dans des glissoires à rebords de ces mains. Les lames sont rainées ou munies d'étoquiaux pour empêcher tout glissement transversal.

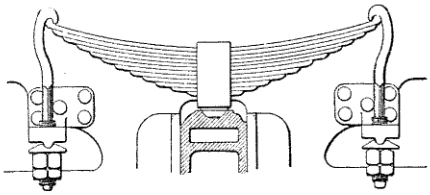


Fig. 245. — Ressort à lames de véhicules de voie ferrée.



Fig. 246. — Ressort en dessus à rouleaux.

Les ressorts à pincettes (*fig.* 247), analogues pour l'avant et pour l'arrière, ont été employés au début de l'automobile ; ils donnent une bonne suspension, mais qui se disloque rapidement

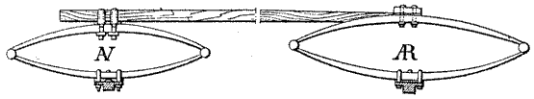


Fig. 247. — Ressorts à pincettes.

par suite de manque de solidité du point d'attache, et ils ont été abandonnés. D'une manière générale, on emploie aujourd'hui pour l'avant des voitures à chaînes et à cardan les ressorts à rouleaux (*fig.* 246-248), qui consistent en des ressorts simples maintenus sur les essieux par des étriers, et reliés au châssis d'un côté par la main ou bras formant mentonnet, et de l'autre par des jumelles permettant l'allongement du ressort lors des flexions.

A l'arrière, dans les véhicules à chaînes, deux ressorts simples

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont reliés au châssis par deux articulations à jumelles (*fig.* 249) permettant leur allongement et facilitant le réglage

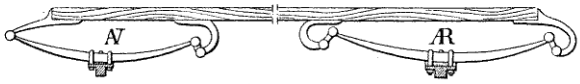


FIG. 248. FIG. 249.
Montage des ressorts dans les véhicules à chaînes.



FIG. 248. FIG. 250.
Montage des ressorts dans les véhicules à cardan.

des chaînes. Dans les véhicules à cardan, les ressorts sont reliés au châssis d'un côté par un point fixe (*fig.* 250), de l'autre par l'intermédiaire de jumelles.

La disposition figure 251 avec ressort transversal à l'arrière

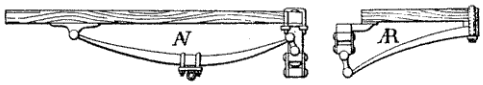


FIG. 251. — Ressort arrière longitudinal avec demi-ressort transversal.

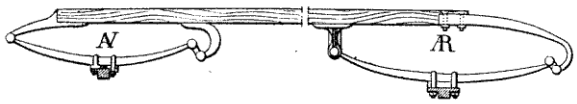


FIG. 252. — Montage avec ressort arrière à crosse.

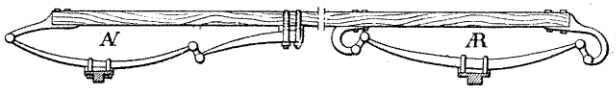


FIG. 253. — Suspension de voiture de livraison légère.

augmente la douceur de la suspension, mais elle manque de stabilité dans les omnibus, où on lui préfère les deux ressorts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longitudinaux simples. La figure 252 montre la disposition des véhicules à cardan.

Le montage de la figure 253 (à l'avant deux ressorts simples fixés d'un côté dans la main du mentonnet et reliés de l'autre par une jumelle à deux demi-ressorts fixés longitudinalement au châssis) donne une suspension particulièrement douce, qui est parfois employée, comme la précédente, dans les voitures de livraison légères.

On augmente la flexibilité des ressorts en leur donnant une grande longueur et en employant des feuilles larges et minces ;

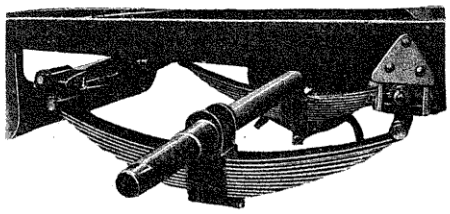


Fig. 254. — Suspension arrière *Régina*.

dans les véhicules lourds et dont le centre de gravité est placé à une hauteur un peu grande, cette flexibilité ne doit pas être exagérée.

On la mesure au nombre de millimètres dont les extrémités fléchissent sous un poids de 100 kg ; elle est en moyenne, dans les véhicules industriels légers, de 15 à 16 mm ; dans les camions moyens (de 3 t), de 10 à 12 mm ; et dans les gros camions (de 5 t), de 7 à 8 mm. Elle est sensiblement plus grande dans les voitures à voyageurs et aussi dans certaines voitures de livraison (atteignant 20 à 25 mm dans les autobus parisiens) ; dans les tramways à bogies, elle paraît être en moyenne de 20 mm par tonne.

Un système de suspension sur trois points : deux ressorts arrière et un ressort avant, est employé dans les petites voitures Sizaire et Naudin, mais il ne paraît pas avoir été appliqué aux véhicules lourds ; cependant ce dispositif a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'avantage de conserver une charge invariable sur chaque fusée : on sait qu'en effet une table à trois pieds est toujours en équilibre et repose d'une manière effective par ces trois pieds sur le sol, quelle que soit l'inégalité de ce dernier, à condition bien entendu que les pieds soient convenablement

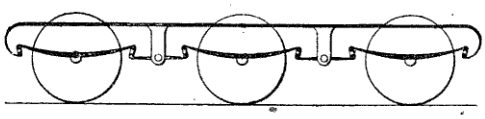


FIG. 255. — Ressorts conjugués par des balanciers.

espacés, tandis qu'il n'en est pas de même d'une table à quatre pieds, où l'un des pieds est généralement détaché du sol quand celui-ci n'est pas exactement plan. En raison de la flexibilité des organes du châssis, et notamment des ressorts des divers véhicules ayant plus de trois roues, les roues gardent



FIG. 256.
Ressort en hélice.

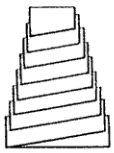


FIG. 257. — Ressort en spirale à feuille large.



FIG. 258.
Ressort en spirale à fil.

toutes généralement le contact avec le sol, mais la répartition du poids sur les diverses roues peut varier beaucoup quand la suspension repose sur plus de trois points : l'emploi de balanciers longitudinaux dans les véhicules à plus de deux essieux (*fig.* 255) tend aussi à maintenir constamment une bonne répartition du poids sur ces derniers.

Les ressorts en hélice ou à spirale (*fig.* 256 à 258) ne sont pas employés en automobile, mais ils le sont fréquemment dans les tramways.

La charge reposant sur les essieux dans les véhicules indus-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

triels à moteur disposé sous le capot est les 2/5 environ de la charge totale ; lorsque le moteur est placé sous le siège, on arrive presque à égaliser la charge entre les essieux.

49. *Direction.* — La direction des véhicules automobiles est du système dit par essieu brisé ou à deux pivots, imaginé en 1817, pour les voitures à chevaux, par un mécanicien de Munich, et appliqué aux voitures mécaniques par JEANTAUD, en 1878.

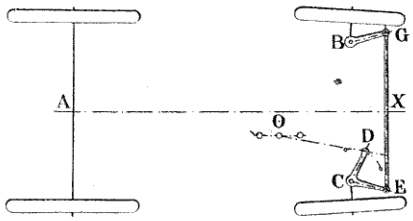


FIG. 259. — Barre et leviers de direction.

L'essieu directeur est fixé au châssis dans une position normale à l'axe longitudinal du véhicule et parallèlement à l'essieu arrière ; ses deux extrémités comportent des pivots B, C (*fig.* 259), autour desquels se déplacent les fusées des roues. Un système de bielle et de leviers relie les fusées sous la dépendance d'une même commande ; la disposition cinématique théorique est telle que les lignes de prolongement des axes des fusées se rencontrent, dans toutes les positions de braquage, sur la ligne d'axe des fusées de l'essieu arrière (*fig.* 260), en un point O (variable d'ailleurs) qui est situé sur l'axe vertical instantané de rotation autour duquel tourne le véhicule dans les virages ; dans ces conditions, les quatre roues peuvent se déplacer sans riper. Pratiquement, on se contente de se rapprocher de ce résultat théorique, qui néces-

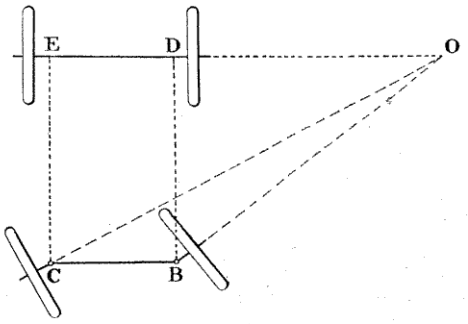


FIG. 260. — Epure de direction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

siterait l'emploi d'un grand nombre de bielles, en employant le dispositif ci-dessus, de deux leviers articulés à une bielle unique de la figure 259, connu sous le nom de mécanisme

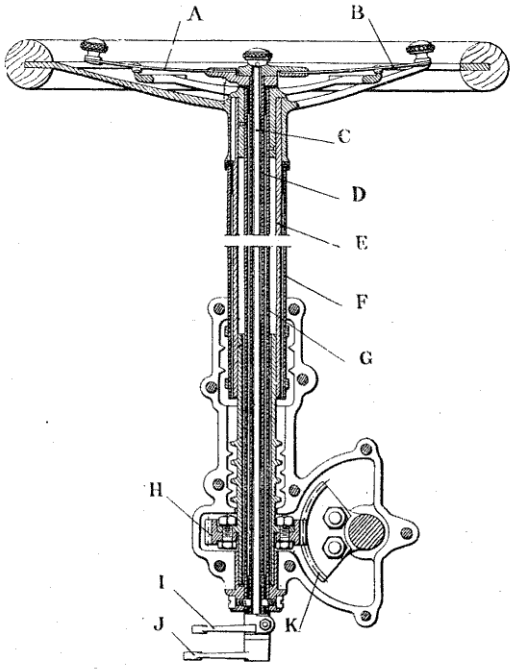


FIG. 261. — Coupe de la colonne de direction D. B.

H, vis sans fin calée sur l'axe du volant; K, secteur denté solidaire du levier à rotule engrenant avec *q*; F, tube fixe solidaire de la boîte; E, tube portant à sa partie supérieure le volant et à sa partie inférieure le secteur *h*; G, tube disposé à l'intérieur de E fixé par sa partie inférieure à la boîte; *q*, *r*, secteurs à encoches fixés sur *p*; A, B (*s*, *t*), leviers se déplaçant sur les secteurs *q*, *r*; C, D, tubes concentriques sur lesquels agissent les leviers *s*, *t*; I, J, leviers de renvoi fixés sur *u*, *v*.

ACKERMANN-JEANTAUD. La bielle peut être en arrière ou en avant (*fig.* 260) de l'essieu; la première disposition porte la désignation de mécanisme à *quadrilatère* (CE GB) *extérieur* et la seconde celui de mécanisme à *quadrilatère intérieur :* toutes les deux sont employées sur les véhicules

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lourds. Les roues étant normales à l'essieu, les prolongement des deux bras viennent se rencontrer sur le milieu de l'essieu arrière.

La *commande de la direction* est opérée dans les véhicules D. B. (*fig.* 261-262) au moyen d'un volant actionnant, par un arbre D, une vis sans fin H en relation avec un secteur denté K, qui entraîne, dans son mouvement de rotation, une tige reliée au mécanisme des pivots. Le secteur denté peut être remplacé par un écrou (*fig.* 263). Tout cet ensemble doit être entretenu avec le moins de jeu possible, tout en permettant un déplacement relatif dû au jeu des ressorts de suspension des parties fixées au bâti, d'une part, et de celles reliées au train directeur, d'autre part. L'emploi d'une vis sans fin, comme organe de transformation de mouvement, rend la direction *irréversible*, c'est-à-dire qu'un déplacement des roues sous l'action d'un choc ne peut faire tourner le volant. Des ressorts amortisseurs (*fig.* 263-267), disposés dans la tige, ménagent la vis, le secteur et les divers axes, et donnent à la direction une stabilité suffisante pour rendre inutile le pincement des roues à l'avant employé par certains constructeurs pour augmenter cette stabilité : le non-parallélisme des essieux augmente la résistance à la marche et l'usure des bandages, et il faut l'éviter.

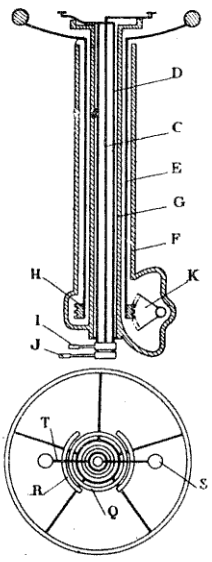


FIG. 262. — Schéma de la colonne de direction D. B.

L'établissement rationnel d'une direction exige qu'on tienne compte du fléchissement des ressorts avant.

Une bonne direction doit :

1° Etre irréversible et ne pas transmettre aux mains du conducteur les chocs dus à la route ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Etre stable, le braquage n'étant pas influencé par les flexions des ressorts ;

3° Les axes prolongés des fusées doivent toujours se rencontrer sur une ligne verticale coupant la direction de l'essieu arrière ; cette condition à est très peu près réalisée dans tous les gros véhicules ; si on s'en écartait, il en résulterait une obéissance moindre à la direction, une plus grande usure des bandages, une plus grande résistance à la marche, etc. ;

4° Les rotations égales du volant à droite et à gauche, à partir de la position de marche en ligne droite, doivent produire un même angle de braquage.

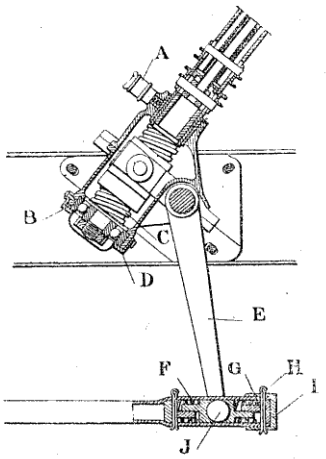


FIG. 263. — Direction à vis Peugeot.

A, graisseur à graisse consistante ; B, roulement à billes constituant la butée de la vis de direction ; C, vis ; D, chapeau inférieur de la butée de direction ; E, levier de direction ; F, G, ressorts supprimant tout jeu à la rotule J ; H, goupille maintenant l'écrou I.

Lorsque la bielle de connexion des leviers de fusées est disposée à l'avant de l'essieu (*fig.* 259), elle travaille à l'extension, condition la plus favorable, lorsque les roues rencontrent un obstacle : mais dans cette position elle n'est pas protégée contre les chocs du dehors par l'essieu, comme cela se présente lorsque la bielle est derrière cet essieu.

50. *Freins.* — Le ralentissement et l'arrêt des machines, en général, et des véhicules, en particulier, peuvent s'obtenir de différentes façons, et notamment par l'action de freins mécaniques à main ou au pied, ou bien de freins pneumatiques ou électriques.

Pour obtenir le ralentissement, puis l'arrêt d'un véhicule marchant à une certaine vitesse, dans un temps donné, il faut lui appliquer un effort retardateur égal (ou à peu près) à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'effort accélérateur qui a été nécessaire pour réaliser, toutes choses égales, d'ailleurs, la même vitesse dans le même temps en partant du repos.

On a vu (4) qu'on appelle *force vive* ou *puissance vive* d'un

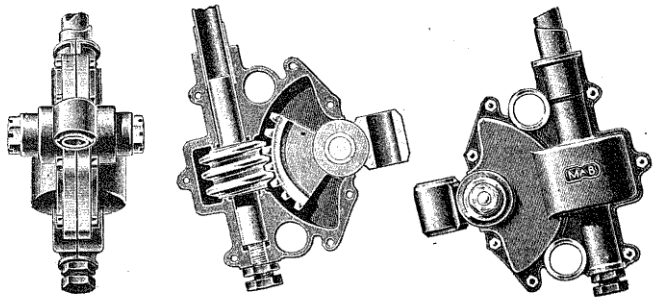


FIG. 264 à 266. — Mécanisme de direction MAB.

mobile le produit de sa masse en kilogrammes, égale sensiblement au dixième de son poids, par sa vitesse en mètres par seconde ; la puissance vive d'un véhicule pesant 6.000 kg en

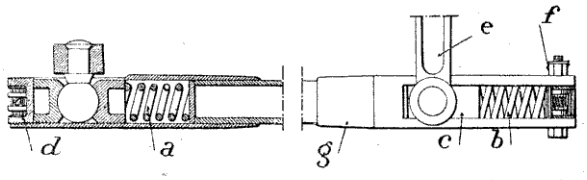


FIG. 267. — Barre de commande de direction D. B.

a, *b*, ressorts amortisseurs des chocs des roues; *c*, fente dans laquelle s'engage la rotule du levier *e*; *d*, écrou crénelé; *f*, boulon goupillé; *g*, arbre de commande.

charge, et marchant à la vitesse de 21,6 km par heure ou de 6 m par seconde, est donc de

$$6.000 \times 6^2 = 216.000 \text{ kgm.}$$

Si ce véhicule a un coefficient de traction moyen de 25 kg

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par tonne, avec l'admission coupée, il s'arrêtera de lui-même, en palier, après un parcours de

$$216.000 : (25 \times 6 \text{ ou } 150) = 1.440 \text{ m},$$

sous l'action retardatrice des organes en mouvement et de l'air.

Le temps d'arrêt en secondes sera le quotient de ce chiffre par la vitesse moyenne, laquelle est égale à la demi-vitesse, initiale, soit donc ici

$$1.440 : \frac{6}{2} = 460 \text{ secondes ou } 7'\,40''.$$

On appelle *accélération* la quantité constante dont la vitesse d'un mobile animé d'un mouvement uniforme varie dans l'unité de temps, c'est-à-dire dans une seconde. Cette accélération est positive quand la vitesse augmente, — sous l'influence du moteur, par exemple, ou de la gravité ; et elle est négative quand elle diminue, — sous l'influence des freins, de la résistance propre du véhicule, etc. Une même accélération positive ou négative demande l'application d'un même effort accélérateur ou retardateur, si l'on ne tient pas compte de la résistance propre du véhicule ; si au contraire on fait entrer celle-ci en ligne de compte, l'application d'un même effort extérieur, s'il est retardateur, produira une accélération négative sensiblement plus rapide que l'accélération positive qu'il engendrera s'il est moteur. Un exemple fera mieux comprendre cette différence.

Soit un véhicule du poids de 1 t ; *si on lui suppose une résistance nulle*, il faudra, pour lui imprimer au bout de 12 secondes à partir du repos une vitesse de 6 m par seconde, lui appliquer un même effort de 50 kg que pour l'amener ensuite à l'arrêt dans le même temps ; mais si on lui suppose un coefficient de traction de 25 kg, l'effort accélérateur devra être augmenté de ce chiffre, et il deviendra ;

$$50 + 25 = 75 \text{ kg} ;$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au contraire, le coefficient de traction viendra en déduction de l'effort retardateur, qui se trouvera réduit à :

$$50 - 25 = 25 \text{ kg.}$$

La différence entre les deux efforts sera ainsi égale à deux fois le coefficient de traction, soit 50 kg.

Autre exemple. Sans résistance propre, un véhicule abandonné à lui-même à partir du repos sur une pente de 50 mm par mètre (la gravité correspondant, sur une semblable pente, à un effort de 50 kg) atteindrait la vitesse ci-dessus de 6 m par seconde après un laps de temps de 12 secondes, de même que, lancé en sens inverse à la même vitesse de 6 m par seconde par une force de 50 kg sur la même pente, devenue rampe, il s'arrêterait également au bout de 12 secondes. Au contraire, si le véhicule a un coefficient de traction de 25 kg par tonne, il ne sera plus sollicité sur la pente de 50 mm que par une force disponible de 25 kg, et au bout de 12 secondes sa vitesse sera seulement de 3 m par seconde au lieu de 6 m. En sens inverse, l'arrêt, au lieu de se produire au bout de 12 secondes sous un effort de 50 kg, se produira après 8 secondes sous un effort de 75 kg.

Une mise en vitesse rapide demande l'application d'un effort moteur élevé ; il en est de même d'un arrêt, quoique à un degré un peu moindre, on vient de le voir ; ainsi, l'arrêt en 2 secondes, sur palier, d'un véhicule du poids de 18 t, présentant un coefficient de traction de 25 kg, et marchant à la vitesse de 21,6 km à l'heure ou de 6 m par seconde, exigera un effort rétardateur de

$$\frac{10.000 \times 6}{10 \times 2} - 10 \times 25 = 2.750 \text{ kg,}$$

soit de 275 kg par tonne (dans le cas de démarrage et de mise en vitesse, l'effort accélérateur par tonne serait de 325 kg, soit près de 18 0/0 en plus); dans des conditions analogues,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'arrêt sera obtenu sur un parcours extrêmement réduit de

$$\frac{6+0}{2} \times 2 = 6 \text{ m.}$$

Ce qui importe beaucoup, dans un pareil cas, qui ne se présente que lorsqu'il s'agit d'éviter un accident, c'est de freiner sans hésitation, chaque seconde de retard permettant au véhicule d'avancer de 6 m.

Dans le cas d'un véhicule de vitesse (dont on peut avoir à éviter la rencontre), marchant à l'allure de 72 km à l'heure ou de 20 m par seconde, un effort retardateur de 275 kg par tonne produirait, avec l'aide du coefficient de traction, l'arrêt en 6 secondes 2/3, après un parcours de 66,66 m ; ce paraît être le maximum de ce que l'on peut obtenir comme effort de freinage et rapidité d'arrêt.

L'effort à appliquer ne doit pas d'ailleurs dépasser l'adhérence du véhicule, qui est généralement inférieure au quart du poids porté par les roues freinées, et descend par temps de pluie, et d'une manière générale lorsque le chemin est gras ou boueux, au dixième de ce poids (exceptionnellement il peut atteindre les 2/3 de ce poids, avec des pneumatiques et avec sol tout à fait favorable). Or, il ne faut pas caler les roues, parce que l'adhérence du bandage sur le sol diminuerait (sauf dans le cas de pneumatiques peu gonflés), ce qui réduirait aussi la rapidité de l'arrêt, et parce que ce blocage détériorerait en même temps les bandages, principalement ceux en caoutchouc. En outre, quand les roues arrière d'un véhicule glissent, le moindre effort extérieur peut les faire déraper et produire un tête à queue dangereux, surtout si la vitesse se trouve élevée au moment du blocage.

Il faut donc proportionner le serrage du frein à l'adhérence, d'après l'état du sol et la nature du bandage; l'adhérence moyenne, dans les gros véhicules à bandages en fer ou à caoutchoucs pleins, ne dépasse pas le coefficient de 1/6; si

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'autre part les roues arrière du véhicule sont seules freinées et que le poids qu'elles portent soit de 3.600 kg sur un poids total de 6.000 kg, on voit que l'effort maximum de freinage à leur appliquer ne devra pas dépasser 3.600 : 3 ou 600 kg, ce qui représente le dixième du poids total du véhicule ou une proportion de 100 kg par 1.000 kg de poids.

Dans un véhicule de tramway ou de chemin de fer, où toutes les roues sont freinées et où l'adhérence, avec l'emploi de sable, peut atteindre, par tous les temps, le 1/4 du poids du véhicule, l'effort de freinage pourra s'élever à 250 kg par tonne.

En établissant les calculs sur un effort de freinage égal à l'adhérence, avec un poids reposant sur l'essieu arrière égal aux 3/5 du poids total du véhicule, et un coefficient d'adhérence de 0,65, sur un trajet en palier, M. Pol Ravigneaux (*la Technique automobile*, août 1907) a dressé le tableau suivant, qui tient compte de la résistance de l'air, mais non de celle du mécanisme et des autres organes mobiles :

V = VITESSE EN KILOMÈTRES à l'heure	v = VITESSE EN MÈTRES par seconde $= \frac{V}{3,6}$	DURÉE du FREINAGE $T = 0,253v$ $T = 0,07V$	ESPACE PARCOURU en mètres $D = 0,131v^2$ $D = 0,01V^2$
10	2,8	0″,7	1
20	5,5	1″,4	4
30	8,3	2″,1	9
40	11,1	2″,8	16
50	13,9	3″,5	25
60	16,6	4″,2	36
70	19,4	4″,9	49
80	22,2	5″,6	64
90	25	6″,3	81
100	27,7	7″,0	100
110	30,5	7″,7	121
120	33,3	8″,4	144

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que, pour déterminer l'espace parcouru en mètres, il suffit d'élever au carré le dixième du nombre représentant la vitesse du véhicule en kilomètres à l'heure. Pour la vitesse de 60 km, cela donne un arrêt en 9 m, et pour celle de 60 km un arrêt en 36 m, soit quatre fois plus long pour une vitesse double. En pratique, il ne faut évidemment pas compter sur des arrêts aussi courts, à cause de l'hésitation du début, d'un coefficient d'adhérence rarement aussi élevé, et enfin de ce que l'on ne peut proportionner aussi exactement l'effort de freinage à l'adhérence. Beaucoup de prudence est donc à recommander dès que la vitesse de marche est un peu élevée, et principalement encore sur les pentes (où l'arrêt est nécessairement plus lent) ou lorsque le pavé est gras.

Tous les véhicules mécaniques doivent être munis d'excellents freins, puissants et robustes, au nombre de deux au moins (règlement du contrôle), afin qu'il y en ait sûrement un en excellent état de fonctionnement et capable d'arrêter le véhicule en un temps très court. Ces freins peuvent être disposés pour agir sur différents organes ; dans les véhicules à pétrole, l'un est généralement appliqué sur l'arbre secondaire du changement de vitesse ou sur le différentiel et commandé par une pédale, un dispositif spécial produisant en même temps l'étranglement du gaz à l'admission pour réduire l'effort moteur ; l'autre, manœuvré par un levier à main, vient agir sur les roues non directrices ou sur une couronne solidaire après avoir produit le débrayage du moteur.

Le frottement des freins dégage une grande quantité de chaleur ; on les refroidit parfois par une circulation d'eau dans le collier, ou bien en donnant à la partie extérieure formant collier un profil présentant des sortes d'ailettes.

Ces divers systèmes de freins sont très puissants, et il convient d'apporter beaucoup de prudence dans leur emploi. Un serrage trop brusque peut caler les roues, qui *fringalent* alors avec la plus grande facilité, risquant de conduire le véhicule au trottoir ou à la bordure de la route et de produire son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

renversement ; un tête à queue est aussi à craindre, et, si la vitesse est élevée, une voiture insuffisamment lourde peut même faire panache. Ce fait s'est produit souvent, et on ne saurait trop recommander aux conducteurs d'user de la plus grande prudence dans les circonstances difficiles de la circulation dans certaines agglomérations.

Les freins qui agissent sur le mécanisme sont généralement *à serrage extérieur*, sur un tambour, au moyen de patins ou de mâchoires (*fig.* 268) ; les freins *à serrage intérieur* sur roues appliquent, en les écartant, les mâchoires ou les segments d'un collier extensible à l'intérieur du tambour, au moyen d'une palette (*fig.* 269), d'une came ou d'un jeu de leviers. Le tambour protège dans ce cas les parties flottantes contre les projections d'huile ou de boue qui réduiraient l'intensité du freinage. Un système compensateur à câble ou à balancier tend à égaliser l'action du frein sur les deux roues. Un serrage inégal peut produire une inégalité dans la vitesse de rotation des deux roues et occasionner ainsi un certain ripage ; le freinage sur le différentiel donne à cet égard un serrage plus égal des deux côtés.

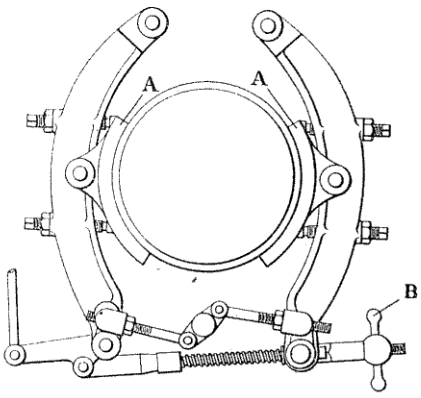


Fig. 268. — Frein extérieur D. B.
A, A, sabots de frein ; B, pièce de réglage avec son cran d'arrêt et son ressort.

Le frottement peut avoir lieu au moyen de fonte ou de bronze sur acier, ou d'acier sur acier, et la commande être faite par une pédale (frein sur appareil) ou un levier (frein sur moyeu arrière).

Un simple ralentissement, à la descente des fortes côtes, par exemple, peut être obtenu en mettant à la première vitesse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et interrompant l'allumage ou mieux l'arrivée d'essence au moteur (pour éviter la perte de carburant). Le premier temps (aspiration) et le second (compression) donnent lieu à un petit

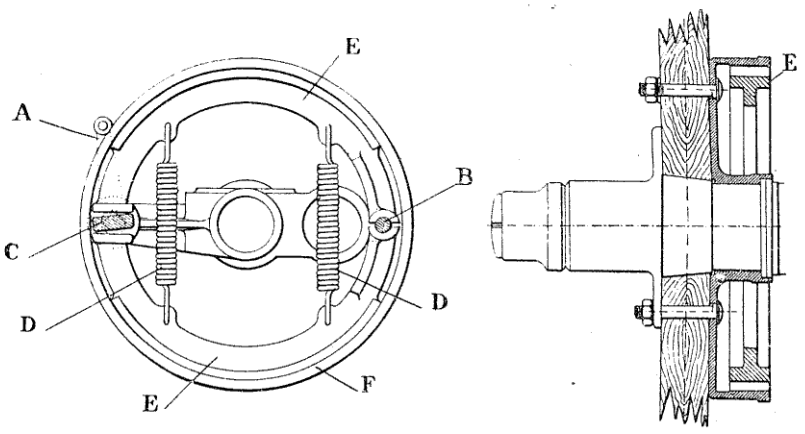


FIG. 269. — Frein intérieur sur roues arrière.

A, levier de commande; B, axe d'oscillation des sabots; C, palette; D, ressorts de rappel des sabots E, E, sabots; F, poulie du tambour.

travail résistant, comme dans la marche normale; le troisième temps (détente) est moteur, mais le travail rendu est moindre que celui qu'a exigé la compression. Finalement, l'ensemble des quatre temps donne un travail résistant correspondant à une pression moyenne d'un peu moins de 1 kg pendant tout le cycle, soit le quart environ de la même pression dans la marche normale. Mais la proportion du travail résistant au travail moteur à la jante est plus élevée, la résistance du mécanisme moteur et des transmissions venant s'ajouter au travail sur les pistons, dans le premier cas, tandis qu'il se retranche de ce travail dans le second. Dans le cas de ralentissement avec l'admission fermée, la proportion serait de 1/3, et le double dans le mode de freinage SAURER (**20**) (MARCHIS, *Leçons sur la voiture automobile*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fermeture partielle des soupapes d'admission et d'échappement, ou le calage complet de cette dernière, pourrait augmenter la résistance du moteur. Les pistons, avec le dernier mode de fonctionnement, comprimeraient dans les cylindres, dans le quatrième temps, l'air aspiré dans le premier temps, au lieu de le refouler librement dans l'atmosphère ; mais à la course suivante, cet air produirait un certain travail moteur, qui viendrait en déduction de ce travail résistant de compression. Dans les moteurs Saurer, la came d'échappement s'ouvre à la fin de la période de compression, de sorte que le travail moteur du troisième temps est supprimé.

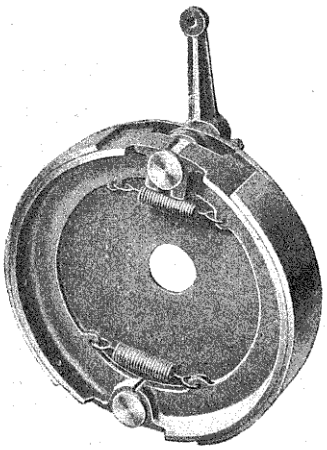


Fig. 270. — Frein Mab.

On pourrait enfin, dans les véhicules à courroies, disposer les appareils de transmission pour la marche arrière, ce qui donnerait un fonctionnement à peu près analogue à la contre-vapeur dans les véhicules à vapeur et un freinage énergique.

Dans les véhicules à vapeur ou à air comprimé, un ralentissement est obtenu aussi par la fermeture de la soupape de vapeur ou d'air du moteur ; en renversant en même temps la marche, l'action résistante du moteur est augmentée, et le maximum est obtenu en ouvrant à ce moment la prise de vapeur ou d'air (**20**).

Freins à air comprimé. — Les véhicules électriques sur rails comportent, en plus d'un frein à main, soit un frein électromagnétique dans les automotrices légères et les voitures d'attelage de tramways de certaines villes, soit un frein à air comprimé dans les automotrices plus lourdes ou faisant de la remorque. Ce dernier frein est employé également sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la plupart des voitures de tramways des différents systèmes à vapeur ou à air comprimé circulant dans les grandes villes et qui peuvent aussi, en dehors d'un frein à main, utiliser comme moyen de ralentissement et d'arrêt la résistance opposée par le moteur à la marche, lorsqu'on renverse la distribution de la vapeur ou de l'air dans les cylindres. Cette action est analogue au freinage électrique par renversement du sens du courant dans les induits des moteurs.

Les freins à air sont appelés *continus* lorsqu'ils s'appliquent à tous les véhicules d'un train. Parmi les divers freins continus, les plus employés, en France, sont les freins à air comprimé Westinghouse, Lipkowski, Soulerin et Christensen. Le frein Soulerin est notamment utilisé sur les locomotives, automotrices et voitures d'attelage de la Compagnie générale des Omnibus de Paris, le frein Lipkowski sur les véhicules de la Compagnie parisienne de Tramways (Tramways-Sud) et sur un train du Métropolitain de Paris, le frein Christensen sur les voitures de la Compagnie de l'Est-Parisien, de l'Ouest-Parisien, etc. Le frein Westinghouse est employé sur la presque totalité du matériel du Métropolitain.

L'effort exercé par le wattman sur la manivelle du frein à main, ou par l'air comprimé sur les pistons des cylindres à frein, est transmis aux sabots par l'intermédiaire d'une timonerie formée de bielles ou tringles, et de leviers ayant des longueurs de bras convenables pour obtenir le serrage nécessaire avec des pressions déterminées.

L'air comprimé nécessaire au fonctionnement des freins continus est pris, pour les véhicules marchant au moyen de l'air comprimé, dans les réservoirs mêmes des automotrices ; il est généralement produit, dans les véhicules électriques et à vapeur, par un compresseur qui peut être actionné par un excentrique monté sur un essieu, ou encore, dans les premiers véhicules, par un moteur électrique ; il peut enfin être emmagasiné dans des réservoirs disposés sur la plate-forme, sur la toiture ou sous le plancher et qu'on remplit d'air en les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

branchant sur une canalisation reliée à une sous-station de compression (Compagnies des Tramways Nord-Parisien et de l'Est-Parisien, Compagnie des Omnibus pour ses locomotives Purrey).

Les freins continus sont de deux sortes : les *freins directs* et les *freins automatiques*.

Dans les premiers, l'air nécessaire au fonctionnement des freins est emmagasiné à une pression de 4 à 6 kg dans un réservoir de grand volume, qui est en communication par le robinet du mécanicien avec une tuyauterie continue régnant sous tout le train. De cette conduite partent des branchements qui la relient à des cylindres placés sous chaque véhicule, et dans lesquels un ou deux pistons peuvent se déplacer, sous l'action de l'air envoyé du réservoir, pour actionner la timonerie des freins et faire appliquer les sabots contre les bandages des roues, avec une force proportionnelle à la pression de l'air et au rapport des bras des leviers.

Le desserrage s'obtient en donnant évacuation à l'air des cylindres par la conduite générale et le robinet du mécanicien, amené à cet effet à une position convenable.

Ainsi, dans ce système, l'air comprimé ne pénètre dans la conduite générale que lorsqu'on veut freiner ; en tout autre temps, la conduite n'est pas sous pression.

Dans le frein automatique, il existe également (*fig.* 271, 272) un réservoir de grande capacité, C, appelé *réservoir principal*, sur le ou les véhicules locomoteurs, un robinet du mécanicien A, une conduite générale avec ses branchements, et des cylindres à frein ; en outre, un *réservoir auxiliaire*, D, existe sous chaque véhicule, ainsi qu'un *distributeur* ou une *triple valve* F (frein Westinghouse). En marche normale, la conduite générale, les branchements, les réservoirs auxiliaires et les détendeurs ou les triples valves sont remplis d'air à une pression généralement un peu inférieure à celle du réservoir principal, mais il ne rentre pas d'air comprimé dans les cylindres de frein. Si l'on produit une dépression d'air

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

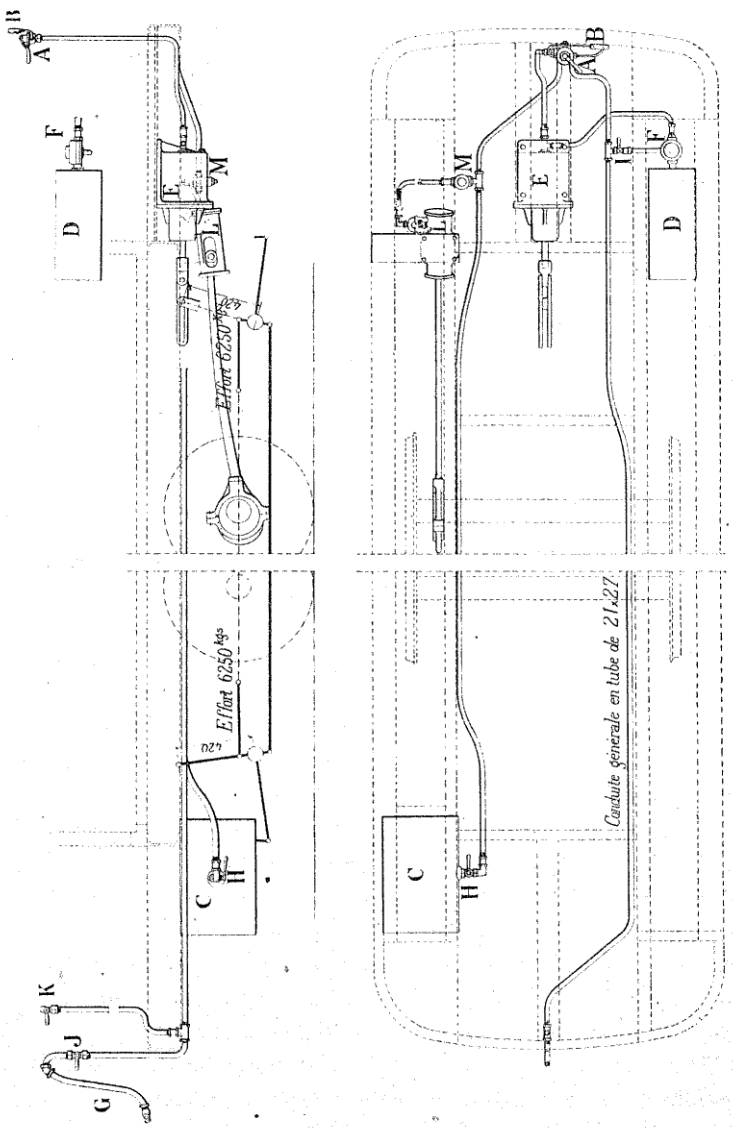


FIG. 271 et 272. — Frein Soulerin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans la conduite générale, chaque triple valve F permet à une partie de l'air comprimé emmagasiné dans le réservoir auxiliaire D de pénétrer dans le cylindre de frein E, ce qui en fait mouvoir le piston, appliquant ainsi les sabots contre les roues au moyen de la timonerie. La force de freinage ainsi produite correspond à la réduction de pression effectuée dans la conduite générale; conséquemment, le mécanicien peut graduer l'action du frein dans une certaine mesure en réglant la décharge de l'air de ladite conduite.

Ainsi donc, dans ce système de frein, le serrage des sabots est obtenu par une réduction de pression produite par le mécanicien, au moyen de son robinet, dans la conduite générale. Mais le même résultat est atteint si un boyau d'accouplement éclate ou se déchire : c'est ce qui constitue *l'automaticité* du frein.

En admettant l'air du réservoir principal C dans la conduite générale au moyen du robinet D du mécanicien, la pression se rétablit dans cette conduite, et il s'ensuit que les triples valves F se déplacent et déchargent dans l'atmosphère l'air contenu dans les cylindres à frein E, entraînant l'écartement des sabots des roues. Les freins sont donc desserrés par une augmentation de pression dans la conduite générale. En même temps, les réservoirs auxiliaires sont rechargés et redeviennent prêts à fournir aux cylindres de frein la pression d'air nécessaire pour un nouveau serrage.

Le serrage, avec les divers systèmes de freins automatiques, peut être gradué dans une certaine mesure, mais il n'en est pas de même, dans quelques-uns de ces systèmes, pour le desserrage, qui ne peut être effectué que d'une manière complète, ce qui, dans certaines circonstances, peut présenter des inconvénients. Pour les tramways et certaines lignes de chemins de fer présentant des déclivités importantes et de grande longueur, on emploie alors le système *mixte*, consistant dans la combinaison du frein direct et du frein automatique ; ce dernier est employé dans les ralentissements et les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

arrêts ordinaires, et le frein direct à la descente des fortes pentes, pour y maintenir une vitesse constante, et, d'une manière générale, lorsqu'on a besoin d'obtenir un ralentissement régulier ou de longue durée.

Une autre disposition employée parfois dans les tramways consiste, dans les trains à deux ou trois voitures, à munir l'automotrice seule des deux systèmes de frein, les remorques ne comportant que le frein automatique. Pour les arrêts en vitesse ou d'urgence, on fait alors usage du frein automatique sur tout le train, tandis que, pour les simples ralentissements ou les arrêts prévus, on emploie le frein direct sur l'automotrice seule. On verra une application de ce dernier système dans la description du frein Soulerin appliqué aux véhicules de la Compagnie des Omnibus de Paris (**86**).

Les systèmes Christensen, Lipkowski et Westinghouse, appliqués aux véhicules d'autres réseaux de tramways ou du chemin de fer métropolitain, seront également exposés en détail.

51. Dans le ***choix des métaux*** à employer pour la construction des divers organes ou pièces des moteurs, il y a à tenir compte de différentes considérations : importance, direction et nature des efforts à supporter ou à transmettre; dimensions et formes à donner en considérant aussi l'emplacement disponible et la température du milieu où les pièces travaillent, comme celle qu'elles sont susceptibles de prendre; facilités d'usinage des différents métaux et manière dont ils se comportent au choc, au frottement, à la compression, à la torsion, à la traction, etc.; enfin poids et prix de revient.

Les cylindres des moteurs des véhicules industriels sont en fonte mécanique douce de deuxième ou troisième fusion. On sait que la fonte blanche de première fusion est obtenue en traitant dans des hauts fourneaux certaines natures de minerais de fer; le chauffage se fait au coke métallurgique ou au charbon de bois, lesquels, en cédant au fer une certaine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie de leur carbone, le rendent fusible à une température relativement basse (1.100° environ). Cette fonte est coulée en lingots, qu'on traite ensuite dans des cubilots en l'améliorant avec des mélanges de fontes d'autres provenances, ou avec des pièces mécaniques rebutées de même métal, ou de fer ou d'acier. On obtient ainsi des fontes grises, truitées, aciérées, etc., plus ou moins douces ou résistantes, suivant les usages auxquels on veut les employer.

La fonte mécanique est facilement obtenue sans soufflures; elle se travaille bien au tour et à la machine à aléser, et elle est susceptible de prendre un beau poli en ne donnant alors lieu qu'à un faible frottement. Elle n'est pas trop cassante, et aux essais de traction elle donne une résistance par mm² d'environ 13 à 15 kg; elle travaille particulièrement bien à la compression, et elle convient bien ainsi pour la confection des pistons des moteurs d'automobiles.

En se refroidissant après la coulée, la fonte donne lieu à un retrait dont il faut tenir compte pour obtenir les dimensions dont on a besoin avant l'usinage, et aussi pour éviter les ruptures qui tendent à se produire, notamment au démoulage, pour lequel il faut prendre certaines précautions.

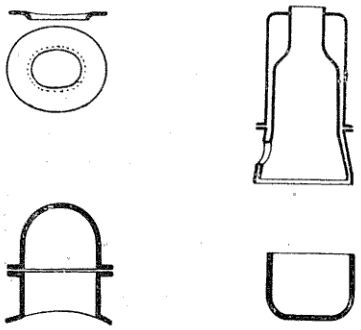


Fig. 273 à 276. — Pièces embouties ou matricées.

La *fonte malléable*, moins cassante que la fonte ordinaire, est obtenue en décarburant en partie cette dernière, qu'on enveloppe à cet effet d'hématite rouge en poudre et qu'on chauffe ensuite assez fortement.

Dans l'automobile, la fonte est de moins en moins employée, et se trouve remplacée souvent par des pièces en acier moulées, estampées ou embouties (*fig.* 273 à 276).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'*acier* employé à la confection de pièces d'automobiles est obtenu en décarburant plus complètement, par d'autres procédés plus énergiques, certaines qualités de fonte, exemptes de soufre et de phosphore notamment, de manière à réduire la teneur en carbure. Cette décarburation se fait au four Siemens-Martin, qui permet d'obtenir des aciers très doux, assez semblables aux fers les plus purs, et présentant sur ces derniers l'avantage d'une parfaite homogénéité et d'une plus grande résistance. On ajoute parfois à l'acier d'autres matières en petites quantités : nickel, manganèse, tungstène, chrome, etc., qui augmentent encore ses qualités de résistance, de ténacité ou de dureté. On peut ainsi employer des sections moindres pour les divers organes et augmenter la flexibilité et le rendement des transmissions. La dureté est aussi considérablement accrue par les opérations de la *cémentation* et de la *trempe ;* la première consiste à durcir, par une incorporation de carbone, la surface (jusqu'à une profondeur pouvant atteindre 2 mm) de certaines pièces ou parties de pièces soumises à un frottement pour resserrer le métal, diminuer les pores, et par conséquent obtenir des surfaces plus unies et présentant moins de prise au frottement et à l'usure.

M. L. Guillet[1] a obtenu les résultats suivants, avec un cément composé de charbon pulvérisé et de carbonate de baryum.

Pénétration	Temps nécessaire à 850°	Temps nécessaire à 1.000°
3/10	1 heure	1/2 heure
5/10	2 —	1 —
8/10	5 —	2 —
10/10	7 —	2 1/2 —
12/10	8 —	3 —
15/10	10 —	3 1/2

L'emploi de boîtes en tôle d'acier pour renfermer les pièces

(1) *La Technique automobile*, août 1907.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à cémenter paraît préférable à celui de boîtes en fonte ou en acier coulé ; les pièces doivent être entourées d'une épaisseur de cément de 4 à 5 cm ou séparées par une couche de même épaisseur, le cément ne devant pas être tassé, pour que l'air puisse le traverser. Pour se rendre compte du résultat de l'opération, on place au milieu de la boîte un témoin en acier extra-doux, de 5 à 8 mm de diamètre, sur lequel il sera facile de vérifier l'épaisseur de la couche cémentée en le trempant et le cassant ensuite.

Pour protéger et conserver aux parties voisines de celles à cémenter leur douceur et leur ténacité, on les entoure d'un certain ciment bien adhérent, en terre réfractaire généralement, et parfois empêchant le carbone d'arriver à leur surface ; dans les engrenages, par exemple, les dents seules doivent être trempées, leur point d'attache à la jante devant encore être protégé pour éviter les cassures.

L'épaisseur de la cémentation doit varier suivant la section des pièces, de manière à conserver à l'âme de celles-ci une résistance suffisante ; elle ne doit pas, suivant M. Guillet, dépasser le tiers de l'épaisseur minimum de la pièce, soit par exemple 1,5 mm pour un axe de 9 mm de diamètre ; pour les engrenages, on peut admettre 8 à 10/10 de mm.

Le cœur des pièces conserve sa ténacité et sa résistance, et on obtient ainsi un métal non sujet à la rupture et à l'usure. Dans l'automobile, c'est l'acier à 2 ou 3 0/0 de nickel qui a été reconnu le plus avantageux pour la cémentation ; celle-ci est obtenue en plaçant les pièces dans un four avec un cément de composition bien déterminée et uniforme (charbon de bois et noir animal, généralement), susceptible de lui abandonner du carbone si le chauffage est fait à une température suffisante (entre 700° et 900° habituellement). L'opération doit durer huit heures environ.

La *trempe* peut s'effectuer plus ou moins rapidement ou énergiquement, à l'eau ou dans des bains de plomb, d'huile, de suif, etc., ou simplement à l'air. Elle consiste à refroidir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une pièce ou un outil en acier préalablement chauffés à une température moyenne de 800°. La trempe est difficile à obtenir au degré précis de dureté qui convient, on la corrige par le *revenu*. Le *recuit* s'applique aux pièces simplement forgées, non trempées. Suivant M. Le Verrier, le recuit doit s'opérer lentement à une température bien déterminée. La durée de l'opération doit être d'autant plus longue que la température est moins élevée. Un recuit de longue durée à basse température détruit aussi bien les traces d'écrouissage qu'une température plus élevée maintenue moins longtemps, et est à préférer; le recuit doit être incomplet de manière à conserver une dureté suffisante au métal.



Fig. 277. — Fer à double té.

Les divers aciers, et notamment les aciers spéciaux, sont beaucoup plus résistants que la fonte, ce qui permet d'obtenir les mêmes pièces sous des épaisseurs moindres, question primordiale en automobile.

Le piston peut être en fonte ou en acier embouti. Le frottement acier sur acier n'est généralement pas apprécié, et il s'emploie très rarement; mais les cylindres et les pistons peuvent être et sont généralement en fonte, les uns et les autres, dans les véhicules industriels. Les segments des pistons sont également en fonte, mais un peu plus douce.

La bielle est toujours en acier forgé, et on la fait aussi légère que possible en lui donnant une section à double té (*fig.* 22-23). L'arbre-vilebrequin est en acier dur très résistant, et souvent en acier à 12 0/0 de nickel, ou au chrome, ou encore en acier mangano-siliceux, pour pouvoir résister sans se fissurer aux à-coups qu'il doit supporter à chaque explosion, où l'effort développé est quatre à cinq fois l'effort moyen. Les aciers au silicium et au manganèse sont employés pour la fabrication des ressorts, ceux au chrome et au tungstène pour les outils dits à coupe rapide; pour les soupapes d'échappement, chauffées à une température élevée par les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gaz d'échappement, on les fait en acier à 30 0/0 de nickel, cet alliage présentant la propriété de ne pas se déformer à la chaleur.

Dans les grands ateliers de construction possédant un laboratoire d'essais (1), les métaux reçus bruts sont d'abord essayés mécaniquement pour déterminer leur résistance à la traction, à la compression, à la torsion, leur élasticité et leur dureté ; puis physiquement par le moyen des procédés micrographiques, qui permettent de vérifier leur structure et leur homogénéité, en polissant la surface des échantillons, l'attaquant à l'acide et en l'examinant au microscope ; enfin certains, comme les aciers spéciaux, sont essayés chimiquement pour déterminer leur composition exacte et notamment leur teneur en carbone. Les matières qui ne répondent pas d'une façon satisfaisante aux conditions imposées sont refusées.

Dans le courant de l'usinage, les pièces sont encore attentivement suivies. En dehors de leurs dimensions, qui sont contrôlées au moyen de gabarits et de jauges de précision, on détermine, pour celles qui doivent être cémentées et trempées, puis recuites, la composition exacte du cément, la température du four, la durée de l'opération, dont on suit pas à pas l'état d'avancement, — puis la composition et la température du bain de trempe, les phases de l'opération, la température des fours ou bains de recuit, etc. Après chaque opération, on vérifie enfin les résultats de manière à avoir, à la fin, des pièces répondant parfaitement aux conditions requises pour chacune.

Pour les pièces de cuivre, de laiton, d'alliages blancs, qui parfois s'exécutent dans les usines mêmes, on vérifie d'abord la pureté des produits reçus des différents fournisseurs ; divers essais ayant permis de déterminer les proportions de matières donnant les meilleurs résultats pour toutes les pièces, suivant leur destination : bronzes d'engrenages, autres bronzes

(1) *Le de Dion-Bouton*, 15 mars 1906 : note de M. GUILLET.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

durs ou tendres, laiton à haute résistance, métal antifriction, les quantités de chaque produit à introduire dans le four, avec le temps de traitement et les diverses températures de fabrication, sont donnés aux opérateurs, qui ne font ainsi rien au jugé.

Par ces diverses méthodes, employées dans plusieurs usines, et dont profitent ensuite les ateliers plus petits, qui ne peuvent songer à faire de pareilles installations, on est arrivé à produire les métaux et alliages remarquables comme dureté, résistance, élasticité, etc., employés dans l'automobile, et qui ont permis de construire des moteurs soumis à des efforts et températures considérables, et à des vitesses de marche inconnues précédemment, avec une certitude complète de bon fonctionnement et de très longue durée.

Disons encore que les fers du châssis sont généralement en acier embouti en U ou en I, les essieux en fer de première qualité (aciers creux au nickel trempé et recuit parfois), les ressorts de suspension en acier supérieur présentant une résistance à la rupture de 75 à 85 kg avec un allongement, à l'état naturel, de 16 à 20 0/0; après trempe et recuit, la résistance est de 120 à 130 kg, la limite élastique de 80 à 90 kg et l'allongement de 7 0/0. Les aciers au silicium, au tungstène ou au Wolfram, employés dans quelques cas spéciaux, sont plus résistants, plus tenaces et plus flexibles encore.

Le *cuivre* est un métal très ductile, se martelant et se cintrant facilement, et se brasant aussi avec une grande facilité : il s'emploie principalement pour la confection des tuyauteries sans se bosseler ni s'aplatir quand on l'emplit de brai ; mélangé avec une proportion de 5 à 20 0/0 d'étain, il donne des bronzes de qualités diverses convenant pour des usages déterminés, notamment pour la robinetterie. Sa résistance et sa dureté sont augmentées par l'addition d'un peu de phosphore ou de manganèse, et on l'emploie dans ces conditions pour la confection des coussinets, des engrenages, etc.

Le *laiton* est une combinaison de cuivre et de zinc ; on en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

confectionne principalement des feuilles ou planches, et aussi des tuyaux, des barres, des fils, qu'on emploie pour les pièces ne demandant pas une grande résistance.

Les *alliages blancs* ou antifrictions, composés de plomb, d'étain, d'antimoine et de cuivre, sont principalement utilisés pour garnir les patins de tête de piston et les coussinets de certains véhicules de chemins de fer et de tramways ; ils sont peu employés en automobile.

Les alliages d'aluminium et d'étain ou de *magnésium* servent à la confection des carters, qui se font aussi en fonte ou en acier coulé.

Le *maillechort*, qui s'emploie pour la confection de résistances, dans les véhicules et les installations électriques, en raison de la grande résistance qu'il offre au passage du courant, et de la propriété qu'il présente de ne pas s'oxyder, est un composé de 50 parties de cuivre, de 25 de zinc et de 25 de nickel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV

NOTIONS D'ÉLECTRICITÉ

52. L'*électricité* est un agent physique invisible, dont les effets se manifestent à nous par des phénomènes magnétiques, lumineux calorifiques..., — par exemple un dégagement de chaleur, la production d'étincelles, etc. La nature et la puissance des courants électriques sont aussi déterminées par divers instruments de mesure : voltmètre, ampèremètre, wattmètre, compteur, indicateur de phase, etc.

L'électricité est une forme de l'énergie, comme la chaleur et l'énergie mécanique ou chimique ; sa production et son utilisation dans les véhicules automobiles industriels s'obtiennent ou se réalisent au moyen de piles, accumulateurs, bobines et magnétos pour l'allumage des moteurs à pétrole ; de machines dynamos (génératrices et réceptrices, avec ou sans accumulateurs), dans les électromobiles et les pétroléo-électriques. Enfin, l'électricité est encore utilisée pour produire un embrayage magnétique ou un changement de vitesse électrique dans les véhicules à pétrole et les pétroléo-électriques.

Les phénomènes électriques peuvent se comparer aux phénomènes hydrodynamiques, lesquels tombent davantage sous les sens et sont d'une compréhension plus aisée.

Soit, par exemple, une machine hydraulique située en M

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(*fig.* 278) et élevant de l'eau prise en A jusque dans un réservoir B ; en ce dernier point, cette eau possède une certaine quantité d'énergie mécanique potentielle, ou latente. Si l'on établit de B en A une canalisation BCDA en pente continue, modérée de B en C et de C en A, et verticale de C en D ; et qu'on intercale entre ces deux derniers points un récepteur hydraulique, roue ou turbine, M′, l'eau emmagasinée en B pourra actionner ce moteur et revenir ensuite en A, son énergie potentielle se trouvant ainsi transformée en travail. Ce dernier sera d'autant plus élevé, dans un temps donné, que la hauteur BA sera elle-même plus grande, ainsi que la section de la canalisation.

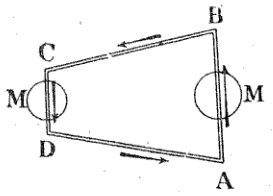


FIG. 278. — Courant électrique.

De même, si une machine électrique génératrice disposée en M, sur un circuit fermé AB, élève l'électricité prise en A jusqu'à un potentiel représenté par la hauteur AB, l'électricité accumulée ainsi en B possédera une certaine quantité d'énergie latente, qu'on pourra envoyer dans un conducteur électrique continu BCDA ; si une machine réceptrice M′ est intercalée dans ce circuit, elle sera actionnée par le courant, qui reviendra facilement en A. On dit alors que dans le circuit ABCD il s'établit un *courant électrique*, dans le sens des flèches.

L'énergie électrique disponible en B sera d'autant plus considérable que ce point sera plus élevé en potentiel par rapport au point A, et le travail que cette énergie pourra produire dans un temps donné augmentera lui-même avec la section du conducteur BCDA. Le tableau ci-après montre plus complètement les similitudes qu'il y a entre les phénomènes électriques et hydrauliques.

Pour que le courant puisse circuler dans le circuit ABCD (*fig.* 278), il faut que celui-ci tout entier, y compris l'intérieur du générateur M et du récepteur M′, soit constitué par des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

corps bons conducteurs de l'électricité, du cuivre le plus souvent. Par suite, pour arrêter le courant, il suffira de rompre le circuit en un point quelconque. Cette opération s'effectue à l'aide d'appareils appelés interrupteurs ou commutateurs; le circuit est *ouvert* lorsqu'il est coupé en un point, et *fermé* lorsque sa continuité est rétablie. D'autre part, pour empêcher la déperdition du courant, on entoure les conducteurs et on les supporte à l'occasion au moyen de matières isolantes, c'est-à-dire mauvaises conductrices de l'électricité : verre, porcelaine, caoutchouc, etc.

Le point par lequel l'électricité sort du générateur se nomme, on l'a vu, le pôle (ou borne) positif, c'est celui qui est au potentiel le plus élevé; le courant revient au générateur par le pôle négatif.

53. Le tableau ci-après(1) résume les ***comparaisons*** pouvant être faites entre les phénomènes électriques et d'autres phénomènes physiques.

ÉLECTRICITÉ STATIQUE. — L'électricité statique offre une certaine analogie avec l'eau en repos dans un tuyau en pression.

PHÉNOMÈNES ÉLECTROSTATIQUES	PHÉNOMÈNES HYDROSTATIQUES
Différence de potentiel.	Différence de niveau.
Quantité d'électricité.	Volume de liquide.
Capacité.	Capacité.
Le potentiel électrique d'un conducteur croît proportionnellement à la quantité d'électricité cédée (charge) et en raison inverse de la capacité du conducteur.	La hauteur du niveau dans un vase croît proportionnellement à la quantité du liquide versé et en raison inverse de la section du vase.
Deux conducteurs électrisés, mis en communication lointaine, sont en équilibre électrostatique, lorsque leurs potentiels sont les mêmes.	Deux vases remplis de liquide, mis en communication convenable, sont en équilibre hydrostatique lorsque leurs niveaux sont les mêmes.

(1) MONMERQUÉ, *Contrôle des installations électriques.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La charge électrique se partage alors proportionnellement aux capacités des conducteurs (rayons sphériques équivalents).

Lorsqu'une force extérieure trouble l'équilibre de deux conducteurs en communication, des quantités égales d'électricité se séparent sur chacun des conducteurs, qui prennent, l'un un potentiel positif, l'autre un potentiel négatif relativement au potentiel primitif commun. (Production de l'électricité statique par le frottement.)

La grandeur de la force électromotrice qui sépare ces deux quantités est mesurée par la différence de potentiel des deux conducteurs.

Le travail de la force électromotrice mise en jeu pour établir une différence de potentiel entre les deux conducteurs, est la demi-somme des produits de la quantité d'électricité séparée sur chaque conducteur par la variation correspondante du potentiel.

La quantité totale de liquide se partage alors proportionnellement aux capacités des vases (section des vases cylindriques).

Lorsqu'une force extérieure trouble l'équilibre statique de deux vases communicants, des quantités égales de liquide se déplacent dans chaque vase, l'une au-dessus, l'autre au-dessous du niveau primitif commun.

La grandeur de la force extérieure qui sépare ces deux quantités de liquide est mesurée par la différence du niveau dans les deux vases.

Le travail de la force mise en jeu pour modifier la différence du niveau de deux vases communicants est la demi-somme des produits de la quantité de liquide déplacé dans chaque vase par la variation correspondante du niveau.

Électricité dynamique. — Si l'eau s'écoule dans le tuyau, on trouvera des analogies avec l'écoulement de l'électricité dynamique.

PHÉNOMÈNES ÉLECTRODYNAMIQUES	PHÉNOMÈNES HYDRODYNAMIQUES
Intensité du courant.	Débit du courant.
Potentiel. — Pression.	Hauteur piézométrique. — Pression hydrostatique.
Perte de voltage.	Perte de charge.
Résistance des conducteurs.	Résistance des conduites et tuyaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Toutes choses égales d'ailleurs, l'intensité d'un courant qui traverse un conducteur donné est proportionnelle à la différence de potentiel existant entre ses deux extrémités.

L'intensité dépend de la résistance que le conducteur offre au passage de l'électricité.

La résistance d'un conducteur au passage du courant est, toutes choses égales d'ailleurs, en raison inverse de l'intensité.

L'intensité d'un courant dans un conducteur donné est proportionnelle à la différence de potentiel existant entre les deux extrémités et en raison inverse de la résistance.

La résistance électrique d'un conducteur est proportionnelle à un coefficient spécifique, à la longueur et en raison inverse de la section.

Toutes choses égales d'ailleurs, la quantité de liquide débitée par un tuyau donné est proportionnelle à la différence de niveau à ses deux extrémités.

Le débit dépend de la résistance que le tuyau offre au passage du liquide.

La résistance d'une conduite ou tuyau au passage du liquide est, toutes choses égales d'ailleurs, en raison inverse du débit.

Le débit dans l'unité de temps, par un tuyau de communication, est proportionnel à la différence de niveau et en raison inverse de la résistance du tuyau.

La résistance qu'offre un tuyau de communication est proportionnelle à un coefficient spécifique, à la longueur et en raison inverse de la section du tuyau.

SELF-INDUCTION DANS LE COURANT CONTINU. — La self-induction dans le courant continu est analogue à l'inertie d'un liquide, comme le montre le tableau suivant :

SELF-INDUCTION	INERTIE DU LIQUIDE
Extra-courant de rupture. Quand un courant électrique circule en régime permanent dans un conducteur, si on vient à le couper brusquement, il se produit un extra-courant de rupture, de même sens que le courant primitif, mais où la différence de potentiel mise en jeu est supérieure à celle du courant de régime permanent.	Coup de bélier. Quand un courant liquide circule en régime permanent, si on vient à fermer brusquement un robinet placé sur cette conduite, il se produit un coup de bélier tel que, si l'on perce un petit orifice en amont du robinet, l'eau jaillira à un niveau supérieur au niveau du courant de régime permanent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Inversement, au moment de la fermeture du circuit électrique, le courant de régime permanent ne s'établit qu'avec un certain retard.

C'est l'énergie emmagasinée pendant cette période d'établissement du régime, sous une forme inconnue, qui est restituée au moment de l'ouverture sous forme de chaleur.

Inversement, au moment de l'ouverture du robinet, le courant de régime permanent ne s'établit qu'avec un certain retard.

C'est l'énergie emmagasinée pendant cette période d'établissement du régime qui est restituée au moment de la fermeture du robinet.

COMPARAISON ENTRE UNE DYNAMO ET UN MOTEUR A VAPEUR

DYNAMO	MOTEUR A VAPEUR
Induit.	Cylindre.
Intensité du champ magnétique.	Timbre (pression normale de la vapeur).
Dans une dynamo ayant une seule paire de pôles, la puissance électrique produite est proportionnelle, à chaque instant (toutes choses égales d'ailleurs) :	Dans un moteur à vapeur ayant un seul cylindre, la puissance mécanique produite est proportionnelle, à chaque instant (toutes choses égales d'ailleurs) :
1° A la fréquence du mouvement de l'induit, en tours par seconde ;	1° A la fréquence du mouvement du piston, en coups par seconde ;
2° A la longueur utile du fil de cuivre de l'induit ;	2° A la longueur de course du piston ;
3° A l'intensité du champ magnétique inducteur dans lequel se meut l'induit.	3° A la pression sur le piston (différence de pression sur les deux faces).

54. Tous les générateurs électriques en fonctionnement présentent une certaine ***force électromotrice*** (*e*), résultant de la différence de potentiel existant entre les points d'entrée et de sortie du courant ; on détermine sa valeur en la comparant à l'unité pratique de mesure qui est le *volt*. La force électromotrice des piles « Etoile » et « Bloc » décrites ci-après est en moyenne de 1,6 v, quelles que soient les dimensions des éléments, dimensions qui n'influent que sur la *quantité* d'électricité produite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a un autre facteur à considérer dans les piles et dans tous les générateurs, c'est leur ***résistance intérieure*** (r), qui peut se comparer à la résistance due au frottement que l'eau ou la vapeur éprouvent à circuler dans des récepteurs et des tuyaux : le ***débit*** ou ***intensité*** de la pile est d'autant plus grand que cette résistance est plus faible, c'est-à-dire que, comme pour les tuyaux d'eau et de vapeur, le conducteur est plus court et sa section plus grande. Cette intensité se représente par la lettre I, et le produit $I \times e$ donne la puissance de courant de la pile. L'intensité s'exprime en ***ampères*** et la puissance en ***watts***, 1 watt étant le produit de 1 ampère par 1 volt. L'unité de résistance est l'***ohm***, qui est la résistance qu'un courant de 1 ampère d'intensité et de 1 volt de force électromotrice éprouve à traverser un fil de cuivre pur de 1 mm² de section et de 50 m de longueur, à la température de zéro degré.

La résistance au passage du courant dans les appareils ou conducteurs dépend, en plus de leur température, de leur conductibilité, qui varie, on le sait, avec leur nature ou composition ; certains métaux, le cuivre, l'argent, l'aluminium, sont très bons conducteurs de l'électricité ; le fer, le platine, le nickel, le sont moins ; enfin l'air, le verre, le caoutchouc, la paraffine, la gomme laque et certains liquides, l'eau distillée principalement, sont très mauvais conducteurs de l'électricité.

Il existe, entre l'intensité et la force électromotrice du courant et la résistance du circuit traversé par ce courant, une relation fixe, qui s'appelle la loi d'ohm, et qui se formule ainsi :

L'intensité d'un courant est égale à la force électromotrice divisée par la résistance du circuit :

$$I = E : R.$$

De cette relation on peut déduire les deux suivantes :

$$R = E : I \qquad \text{et} \qquad E = R \times I,$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui permettent de résoudre divers petits problèmes courants.

55. La résistance intérieure (r) d'un générateur électrique, pile ou dynamo, constitue, avec la f. é. m. E, ce que l'on appelle les constantes du générateur. La résistance intérieure du générateur vient s'ajouter à celle du conducteur, et l'intensité I du courant produit n'est plus égale qu'à E : $(r + R)$. Si, R est nul, l'intensité devient égale à E : r ; on dit alors que le générateur est mis en ***court-circuit***.

Voici ce que l'on entend par cette expression :

Si dans un récepteur ABC (*fig.* 279) traversé par un courant électrique, on réunit les deux bornes A et B d'entrée et de sortie du courant par un conducteur ADB, de résistance très faible par rapport à celle du circuit ACB, la presque totalité du courant reçu suivra le chemin ADB : on aura mis ainsi le récepteur en court-circuit (1). On dit encore qu'il y a production de court-circuit quand un contact franc s'établit entre deux points d'un circuit qui ne sont pas au même potentiel. L'échauffement du conducteur croît alors au point de risquer d'amener sa fusion puis sa volatilisation.

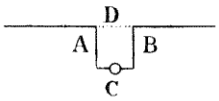


FIG. 279.
Court-circuit.

Dans les piles, les courts-circuits peuvent être produits, par exemple, par la mise en communication, au moyen de dépôts métalliques, des deux électrodes. Pour combattre les courts-circuits dans les appareils électriques, il faut les vérifier et les nettoyer assez fréquemment, veiller au bon état des isolants, remplacer les câbles et fils trop usagés, éviter que l'eau ne puisse mouiller les conducteurs, etc.

On donne le nom de ***masse,*** ou de ***terre,*** à une perte de courant par suite du contact de deux parties d'un moteur ou d'une distribution de courant devant être normalement isolées : par exemple un câble reliant, dans un véhicule électrique, un

(1) MONMERQUÉ, *Contrôle des installations électriques.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte-balai au coupleur, s'il est dénudé et vient frotter sur la masse métallique de la carcasse. Ces pertes augmentent la consommation d'énergie et l'échauffement des appareils, et il faut les éviter par une vérification fréquente de l'isolement.

56. La résistance intérieure r est variable avec les divers générateurs : relativement élevée dans les piles, elle est très faible dans les accumulateurs (1/100 d'ohm environ). On peut, d'ailleurs, dans certains appareils, tels que les batteries d'accumulateurs ou de piles, faire varier r (avec E) par un

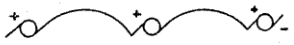


Fig. 280. — Couplage en tension ou en série.

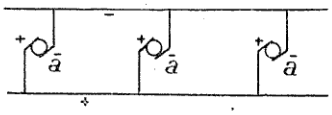


Fig. 281. — Couplage en quantité ou en parallèle.

couplage approprié des éléments. Si, par exemple, ces éléments sont réunis en ***série,*** ou en ***tension,*** le pôle négatif de chacun d'eux étant relié au pôle positif de l'élément suivant (*fig.* 280), la f. é. m. de cet ensemble sera celle d'un élément multipliée par le nombre d'éléments accouplés, et la résistance intérieure r croîtra dans la même proportion. Quant à l'intensité, elle sera égale seulement à celle d'un élément. Ainsi e étant la f. é. m. d'un élément, i l'intensité et r la résistance ; E, I et R les mêmes valeurs de la batterie, constituée par le montage de n éléments semblables, on aura :

$$E = n \times e ; \qquad R = n \times r ; \qquad I = i.$$

Si, au contraire, on réunit les pôles positifs de tous les éléments entre eux (*fig.* 281), et qu'on fasse de même pour les pôles négatifs, la f. é. m. du système reste égale à celle d'un élément, tandis que les intensités s'ajoutent ; quant à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résistance, elle est réduite dans la proportion du nombre d'éléments accouplés, c'est-à-dire que l'on a :

$$E = e; \qquad I = n \times i; \qquad R = r : n.$$

Le couplage réalisé de cette façon prend le nom de couplage en ***dérivation*** ou en ***parallèle,*** ou encore en ***quantité.***

On peut enfin monter en quantité un plus ou moins grand nombre de *groupes* d'éléments, réunis préalablement (tous les éléments d'un groupe entre eux) en tension (*fig.* 282), et faire varier ainsi dans d'autres proportions la f. é. m., l'intensité et la résistance finales, qui restent toujours liées par la relation

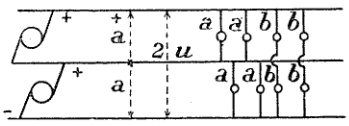


Fig. 282. — Couplage combiné.

$$I = E : R.$$

Dans les piles servant à l'allumage des moteurs à explosion, et composées habituellement de quatre éléments d'une f. é. m. de 1,6 v chacun, et d'un débit de 10 ampères environ quand ils sont neufs, ces éléments sont réunis en tension pour donner une f. é. m. de 6,4 v, le débit restant celui d'un élément. Pour les accumulateurs d'allumage, on les réunit également en tension, au nombre de deux ou trois ; la f. é. m. est ainsi de 4 ou 6 volts, la capacité pouvant atteindre 60 ampères-heure. Pour les accumulateurs de traction, la batterie, dans les véhicules automobiles sur routes, est souvent partagée en deux ou quatre groupes, et on réunit tous les groupes en quantité pour les démarrages et la montée des rampes ; l'intensité est alors très élevée et la résistance faible ; pour les vitesses modérées, on réunit les groupes deux à deux en tension et l'ensemble de ces nouveaux groupes en quantité ; enfin, pour les grandes vitesses de marche, tous les groupes sont reliés en tension. Les allures intermédiaires s'obtiennent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en intercalant des résistances variables dans le circuit d'excitation.

Ce mode de groupement peut être aussi employé sur les tramways, mais le plus souvent les éléments y sont reliés d'une façon invariable en tension, la f. é. m. restant ainsi sensiblement constante. Pour le réglage de la vitesse, on accouple les moteurs en série ou en parallèle, le premier groupement étant employé pour les démarrages, la montée des fortes rampes et le passage des courbes raides, et le second pour la marche normale.

57. Lorsqu'on coupe brusquement un circuit parcouru par un courant, il se produit au point de rupture une étincelle, appelée ***étincelle de rupture*** ou d'***extra-courant***, plus ou moins intense, et qui est due à une sorte de coup de bélier, tel qu'il s'en produit dans les machines à vapeur ou hydrauliques lors de la fermeture rapide d'un conduit où la vitesse de l'eau ou de la vapeur est élevée. Ce phénomène est dû à l'inertie des fluides en mouvement, inertie qui produit, au point d'interruption du courant, principalement, une certaine surpression qui se traduit par un choc ou d'autres effets. Dans un conducteur électrique, si l'intensité du courant est suffisante, la surpression ou élévation du potentiel à l'extrémité du conducteur qui reste reliée au générateur donne lieu à une étincelle plus ou moins chaude : c'est une étincelle produite par des dispositifs basés sur ce principe qui est utilisée, dans les moteurs à pétrole à allumage électrique, pour enflammer le mélange comprimé par le piston moteur vers la fin du deuxième temps de la distribution.

58. L'électricité est produite, dans les ***piles***, par la transformation de l'énergie chimique engendrée par la décomposition de certaines matières, du zinc principalement. La première pile, imaginée par VOLTA, se composait de rondelles de zinc et de cuivre disposées alternativement les unes au-dessus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des autres, avec interposition, entre les rondelles de cuivre et de zinc se suivant, de rondelles de drap de mêmes dimensions préalablement imbibées d'acide sulfurique étendu de dix à seize fois son volume d'eau. En reliant les rondelles extrêmes au moyen d'un fil de cuivre, le zinc se trouve attaqué par l'acide, qui produit son oxydation et sa transformation en sulfate, et le fil est traversé, dans la direction du cuivre au zinc, par un courant électrique ; intérieurement, dans la pile, le

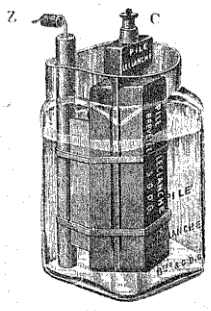


Fig. 283 *a*
Pile Leclanché.



Fig. 283 *b*.
Pile Leclanché.

courant se continue du zinc au cuivre. Les points extrêmes de cette pile s'appellent les *pôles ;* la rondelle supérieure de cuivre constitue le *pôle positif* (qui s'indique par le signe +), dont le potentiel est le plus élevé, et celle de zinc le *pôle négatif* (signe —). Cette pile se *polarise* rapidement quand elle est en fonctionnement ; l'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau se rassemble à la surface du cuivre et ralentit le fonctionnement de la pile en augmentant la résistance intérieure et en affaiblissant l'intensité du courant produit. On combat en général la polarisation en ajoutant à la pile un liquide approprié dans lequel plonge la lame de cuivre :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce liquide peut être une solution de sulfate de cuivre, de l'acide nitrique, etc. On dit que la pile est à *circuit ouvert* quand elle est au repos, et à *circuit fermé* quand elle est en fonctionnement.



FIG. 284.
Pile LECLANCHÉ-BARBIER.

Le prototype de la plupart des piles actuelles est la pile LECLANCHÉ au bioxyde de manganèse. Elle est du type dit à un liquide et à dépolarisant solide, et formée (*fig.* 283 *a*) d'un bâton de zinc amalgamé Z, et d'une plaque de charbon C, entourée de deux plaques de bioxyde de manganèse constituant le dépolarisant : le liquide excitateur est du sel ammoniac (chlorhydrate) renfermé avec le zinc et les plaques agglomérées dans un vase en verre. Dans un autre type (*fig.* 283 *b*), la plaque de charbon est renfermée dans un vase poreux.

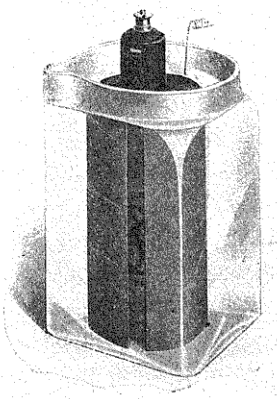


FIG. 285. — Pile *Carbi* de la Société LE CARBONE.

Il existe deux types distincts de batteries Leclanché pour véhicules automobiles : la batterie de piles à *liquide immobilisé* ou *piles sèches* et la batterie à liquide excitateur renouvelable (rechargeable).

La première est composée de quatre éléments à liquide immobilisé et godet laqué, d'une capacité totale de 140 amp-h ; la seconde est également composée de quatre éléments : elle a une capacité totale de 180 à 200 amp-h.

Dans la pile Leclanché-Barbier (*fig.* 284), une meilleure disposition des électrodes et la forme spéciale de l'élément permettent une utilisation plus efficace de la matière dépolarisante : le bouchage à peu près hermé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tique de l'élément empêche aussi l'évaporation du liquide excitateur. Le vase en verre renferme une solution de sel ammoniac et un cylindre creux en charbon aggloméré formé de peroxyde de manganèse, de graphite et de brai, le tout vulcanisé ; le crayon de zinc est au centre au lieu d'être par côté.

La pile « Etoile » de la Société LE CARBONE se compose d'un vase en zinc remplaçant le vase en verre et le bâton de zinc de la pile Leclanché et constituant l'électrode posi-

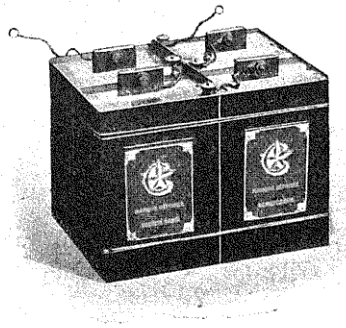


FIG. 286. — Batteries de piles sèches ETOILE.

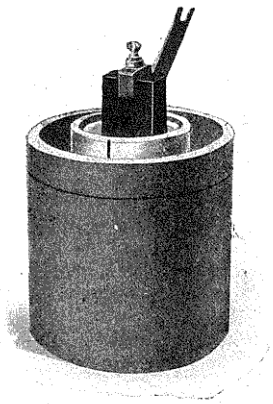


FIG. 287. — Pile BUNSEN.

tive, et d'un charbon qui est placé, avec le dépolarisant, lequel est aussi du peroxyde de manganèse, dans un sac en toile. Les deux électrodes sont séparées par des matières poreuses : fibre ou sciure de bois, papier buvard, etc. Le vase est fermé par un bouchon de cire d'où émergent les bornes. La f. é. m. de la pile est de 1,6 v, le débit de 10 à 12 amp et la résistance intérieure de 1/3 d'ohm ; pour former la batterie d'une voiture, on groupe en tension, dans une boîte en chêne, 4, 5 ou 6 éléments donnant une f. é. m. totale de 6,4 v à 9,6 v avec une intensité restant égale à 10 ou 12 amp, soit celle d'un élément.

La pile BUNSEN (*fig.* 287) comprend un vase en grès émaillé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contenant de l'eau acidulée au 1/10 environ d'acide sulfurique et une feuille de zinc amalgamé, roulée en cylindre. A l'intérieur de ce zinc est un vase poreux renfermant de l'acide nitrique à 38° en moyenne et un charbon de cornue qui dépasse le vase : une pince à vis formant le pôle + de la pile est fixée sur cette partie, une pince semblable est prise sur le zinc formant le pôle —.

Cette pile a une faible résistance, 1/10 d'ohm environ ; sa f. é. m. est en moyenne de 1,8 v et atteint jusqu'à 1,9 v. L'acide nitrique doit être remplacé quand il ne marque plus que 28 à 30°.

La pile BUNSEN perfectionnée par le Dr GEIGER est employée pour le rechargement des accumulateurs d'allumage. Elle se compose d'un vase en verre ou en grès, empli avec une solution de chlorhydrate d'ammoniaque et d'acide chlorhydrique dans de l'eau distillée ou de l'eau de pluie, et dans laquelle plongent deux lames de zinc ; entre ces deux lames est un vase poreux qui contient lui-même une plaque de charbon aggloméré et une solution d'un mélange par parties égales d'acide azotique et d'acide chlorhydrique. Le pôle positif part de la plaque de charbon et le pôle négatif d'un fil relié à une toile de cuivre disposée dans le fond du vase et sur laquelle reposent les lames de zinc. Un couvercle en celluloïd ferme les vases en les maintenant entre eux à l'écartement voulu. La f. é. m. de cette pile est de 1,9 v ; le régime de charge dépend du type de l'accumulateur : on le règle en augmentant ou en diminuant la quantité de zinc de l'électrode négative.

La pile « Bloc » se compose d'une boîte en chêne à couvercle vissé, renfermant un sac en toile imperméable, dans lequel sont disposées deux plaques en zinc réunies entre elles et pressées par des ressorts contre deux couches de cellulose provenant de noix de coco ; cette matière offre la propriété d'absorber avec facilité le chlorhydrate d'ammoniaque et de n'opposer au courant électrique qu'une faible résistance. Entre les couches de cellulose est un bâton de charbon enve-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

loppé de grains de bioxyde de manganèse. La boîte en chêne est rendue étanche en paraffinant le bois et en le recouvrant intérieurement d'un enduit ne se ramollissant qu'à une température élevée ; la pile ne donne lieu à aucune évaporation, les gaz étant absorbés par la cellulose à mesure de leur formation. La f. é. m. est sensiblement constante pendant plusieurs heures et égale à 1,6 v.

Les piles nécessitent des soins fréquents : il faut notamment maintenir la solution du liquide excitateur suffisamment concentrée en y ajoutant du sel à temps et renouveler également le dépolarisant ; les contacts entre les électrodes et les fils de prise de courant doivent être constamment maintenus propres et nets, et il faut encore éviter que des courts-circuits puissent s'établir à l'intérieur de la pile entre les électrodes par des dépôts métalliques. Les éléments se groupent en tension quand la résistance extérieure du circuit est très grande par rapport à celle de la pile employée, et en quantité lorsque cette résistance est faible. On peut aussi partager la batterie en plusieurs groupes qu'on monte en série chacun et qu'on relie ensuite en quantité.

Le principe des **accumulateurs**, ou piles secondaires, est basé sur ce fait que si, entre deux lames de plomb plongées dans de l'eau renfermant 10 0/0 environ d'acide sulfurique, on fait passer un courant électrique, chacune des lames éprouve, au bout d'un certain temps, une altération plus ou moins profonde qui est la caractéristique de l'*électrode* (positive ou négative) que la lame constitue dans le bain acide. Si on interrompt le courant, on constate au *galvanomètre* (appareil de mesure dans lequel une aiguille aimantée est déviée par le passage d'un courant) un contre-courant en sens inverse dans le circuit reliant les deux plaques ; ce contre-courant, dû à des réactions chimiques inverses des altérations produites par le courant, dure jusqu'à ce que les plaques soient revenues à leur état primitif.

La durée et l'intensité du contre-courant sont d'autant plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grandes que les passages des courants inverses, convenablement prolongés, ont été multipliés. Toutefois, après un certain nombre de charges et de décharges, on n'obtient plus d'amélioration : la *formation* est terminée.

Sur la *plaque positive* ou *cathode* on trouve principalement du bioxyde de plomb (dit aussi oxyde puce, à cause de sa couleur) ; sur la plaque négative ou anode, par laquelle est entré le courant pendant la charge, le plomb est resté à peu près pur, mais il semble être devenu spongieux. On constate cependant que les plaques n'ont été transformées que sur une épaisseur très minime (1/10 de millimètre au plus) qui constitue la *matière active* (celle qui agit) des plaques.

C'est sur cette expérience fondamentale que sont basés les divers types d'accumulateurs dits « à formation PLANTÉ », dont le caractère commun est le suivant : la couche toujours très mince de matière active qui recouvre les plaques est formée électrolytiquement aux dépens de ces plaques, d'où le nom, aussi, de formation *autogène*.

Comme l'énergie électrique restituée par l'accumulateur n'est due qu'à une transformation des calories produites par les combinaisons chimiques dont la matière active est le siège, on conçoit qu'une plaque de surface donnée ne pourra emmagasiner qu'une quantité d'électricité d'autant plus faible qu'elle sera recouverte d'une couche plus mince de matière active. Dans les accumulateurs genre Planté, la quantité d'électricité emmagasinée (c'est-à-dire la *capacité*), rapportée à la surface des plaques, est toujours très faible. Pour obtenir alors des plaques présentant le maximum de surface pour un poids donné, les constructeurs ont imaginé des plaques rainées, striées, gaufrées, etc.

Malgré l'ingéniosité de ces dispositions, tous les systèmes d'accumulateurs basés sur ce principe ne peuvent emmagasiner qu'une quantité d'électricité relativement faible par kilogramme de plaque, c'est-à-dire n'ont qu'une faible *capacité spécifique*. Par contre, ils présentent l'avantage de pouvoir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fournir un *débit spécifique* (par 1 kg de plaque) assez élevé sans se détériorer ou se gondoler.

On a constaté, en effet, que la capacité utilisable d'un accumulateur dépendait de la *densité* du courant de décharge, c'est-à-dire de son intensité par unité de surface active : plus cette densité est élevée, ou plus on demande à l'accumulateur dans un temps donné, plus la quantité *totale* d'électricité fournie par l'accumulateur est faible. Ainsi, les rapports des capacités des accumulateurs Tudor pour des décharges en :

4 h, 3 h, 2 h, 1 h, 1/2 h, 1/4 d'h.

sont de :

0,632, 0,548, 0,447, 0,316, 0,224, 0,158.

Aussi on a intérêt, pour ne pas trop diminuer la capacité utilisable, à ne pas dépasser une certaine intensité de courant, qui peut d'autre part, on l'a déjà dit, être d'autant plus élevée que la surface active est plus développée par kilogramme total de plaque.

Une autre propriété des accumulateurs à formation Planté, fort utile dans certains cas, par exemple dans l'exploitation des tramways, est de pouvoir se charger rapidement. Ceci résulte naturellement de ce que ces accumulateurs ayant, d'une part, une faible capacité spécifique, la quantité d'électricité à leur restituer par kilogramme de plaque est faible, et, d'autre part, une grande surface, on peut employer une intensité de charge élevée. On peut remarquer, dès à présent, que les plaques positives, seules, sont préparées suivant cette disposition.

Tout autres sont les accumulateurs à *oxydes rapportés* (ou à formation *hétérogène*), dont Faure semble le premier avoir eu l'idée vers 1880. Ces accumulateurs sont constitués en principe par de l'oxyde de plomb (minium ou litharge) ajouté

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux lames-supports : il peut être, soit étendu à la surface de l'électrode, soit serti dans les alvéoles d'un support ajouré, soit compris entre deux lames perforées ou treillagées formant l'électrode. Cet oxyde, après un petit nombre de charges et de décharges, est complètement transformé en peroxyde sur l'électrode positive et en plomb spongieux sur la négative (comme dans les accumulateurs Planté).

Mais la matière active provient ici de la transformation de l'oxyde ajouté au support, et non plus comme dans les Planté de la transformation de ce support lui-même; l'épaisseur de la couche de matière active n'est plus aussi limitée, et la proportion de cette matière active par rapport au poids total peut être beaucoup plus grande (ce qui a une grande importance dans les véhicules sur route). Aussi, les accumulateurs à oxydes rapportés ont-ils une capacité spécifique beaucoup plus élevée que les accumulateurs à formation autogène.

En ce qui concerne la puissance ou le débit, une densité de courant exagérée diminue ici la capacité utilisable, comme dans les Planté, et en plus elle peut avoir l'inconvénient de hâter la désagrégation des plaques positives. Un courant de charge trop intense peut avoir les mêmes effets nuisibles; aussi, les constructeurs d'accumulateurs à oxydes rapportés imposent généralement pour la décharge, et surtout pour la charge, des limites d'intensité qu'il convient de ne pas dépasser. On peut donc dire que les accumulateurs à oxydes rapportés sont des accumulateurs relativement légers, et à charge et à décharge lentes.

A l'inverse des piles, les accumulateurs ont une résistance très faible. Les accumulateurs, comme les piles, ont une faible f . é . m. ne dépassant pas 2 v; quand on a besoin d'une tension plus élevée, on réunit un certain nombre d'éléments en série (**56**).

Le mode de représentation des accumulateurs et des piles est indiqué en appendice.

On distingue, dans les accumulateurs, le poids des plaques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et le poids total de l'élément, connexions, bac et électrolyte compris ; c'est ce dernier poids qu'on considère habituellement. On rapporte l'intensité de la charge et de la décharge, l'énergie emmagasinée et rendue, etc., au kilogramme de poids total de l'élément, et on obtient ainsi les constantes spécifiques de ce dernier :

Le *débit spécifique* de l'élément, qui est le nombre d'*ampères* se rapportant à 1 kg du poids total de l'élément ;

La *puissance utile spécifique*, qui se mesure en *watts ;*

La *capacité spécifique*, qui s'exprime en *ampères-heure ;*

L'*énergie utile spécifique*, qui se rapporte à des *watts-heure*.

On considère enfin le *poids spécifique* de la batterie en kilogrammes par kilowatt (puissance) et par kilowatt-heure (énergie).

La *puissance spécifique* est le quotient du produit U $\times$ I (de la différence de potentiel par l'intensité ou puissance) par la masse M, en kilogrammes ; l'*énergie spécifique* est le quotient de l'énergie utile, en watts, par la masse.

59. *Accumulateurs de traction.* — Les accumulateurs des véhicules sur routes sont du type FAURE à oxydes rapportés [minium ou litharge (céruse) ou ces deux produits, à la fois, dans des proportions variables] ; le support des plaques négatives est du plomb doux et celui des positives du plomb mélangé d'antimoine qui lui donne de la résistance (plomb antimonié). Les plaques positives sont encadrées par les plaques négatives, de manière que leurs deux faces soient intéressées de la même manière à l'action électrolytique ; sans cette disposition, elles se gondoleraient et pourraient venir toucher les plaques négatives, en déterminant en tout cas la chute de la matière active. Les plaques négatives extrêmes ont une épaisseur moitié moindre environ que les plaques intermédiaires. Les plaques positives d'un élément sont réunies entre elles par une tête évidée, entre les côtés de laquelle la queue en plomb pur ou en plomb antimonié des négatives

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vient s'insérer et se souder à la lampe, sans apport de matière. Pour empêcher les courts-circuits entre les plaques voisines, on les sépare au moyen de jarretières en caoutchouc, de feuilles minces perforées en ébonite ou en celluloïd, ou encore par des tubes en verre de petit diamètre. Les plaques négatives extrêmes viennent reposer sur des saillies latérales des bacs, et les positives sont supportées par les négatives au moyen de tubes en verre ; les extrémités inférieures des unes et des autres sont à une distance de quelques centimètres du fond du bac, afin que la matière active qui se détache des plaques ne puisse venir mettre celles-ci en court-circuit. Les bacs sont en matière isolante, ébonite ou celluloïd (ils peuvent être en verre dans les installations fixes) ; l'isolement est essayé sous un courant alternatif de 5.000 v qui perce les bacs s'ils ne sont pas de la qualité voulue.

L'électrolyte doit être formé d'acide sulfurique pur et d'eau distillée ou d'eau de pluie, ou tout au moins d'eau non boueuse et peu calcaire, car, par l'évaporation de l'eau, les sels qu'elle contient se déposent en partie sur les plaques, dont la conductibilité pourrait de ce fait se trouver affectée tant à la charge qu'à la décharge, sa capacité utile diminuant alors dans de grandes proportions. Pour avoir un bon rendement en énergie et permettre de réduire le poids de la batterie, on emploie généralement une densité élevée de l'électrolyte : 1,24 à 1,28, correspondant à un degré Baumé de 28 à 32 ; les plaques deviennent alors plus poreuses, et leur capacité se trouve augmentée ; mais, d'autre part, elles se désagrègent et s'effritent plus rapidement. En fait, la densité devra dépendre du service de la voiture et de l'état d'entretien général des accumulateurs, des moteurs, et de la transmission : en principe, pour une voiture donnée, on devra la tenir aussi basse que possible, pour ménager les accumulateurs, le parcours à réaliser restant toujours assuré. La chaleur augmentant la conductibilité, la densité devra être encore plus forte, de 3 et jusqu'à 5°, en hiver qu'en été.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les bacs, dans les véhicules sur route, sont en nombre bïen déterminé (40 ou 44), de manière que la charge puisse se faire au moyen des installations d'éclairage électrique existantes, et qui sont toutes établies à 110 volts : avec 44 éléments, la force électromotrice à fin de charge peut alors atteindre

$$110 : 44 = 2{,}5 \text{ v},$$

soit à peu près le maximum que peuvent prendre les accumulateurs plomb-plomb à circuit fermé. Ce chiffre descend d'ailleurs quelques minutes après que la batterie a été débranchée à 2,2 ou 2,1 v. A la fin de la charge, il se produit un bouillonnement accompagné d'un certain dégagement d'hydrogène à la surface des plaques négatives ; mélangé à l'air, ce gaz forme un mélange détonant qu'un court-circuit ou la fusion d'une connexion pourraient faire exploser ; il faut ventiler la batterie et ménager au point haut une issue au gaz produit pour éviter ces accidents.

Dans les installations de tramways et de chemins de fer, où les usines sont établies uniquement pour le service des voitures et des trains, le voltage est réglé à 550 v ; la perte en ligne le réduit vers 540 v à l'endroit de chargement, ce qui permet de porter le nombre des éléments à 208 pour une force électro-motrice finale de l'élément de 2,5 v à 2,6 v à circuit fermé.

Les éléments de l'accumulateur Fulmen du type B^{13} comprennent 13 plaques, soit 6 positives intercalées entre 7 négatives. Ces plaques sont rectangulaires et ont 185 mm de hauteur et 95 mm de largeur ; leur épaisseur, sauf pour les plaques extrêmes, est de 4 mm. Un quadrillage, également rectangulaire, les divise en 24 alvéoles qu'on remplit de matière active comprimée à la presse. Le cadre-support a un poids de 135 g dans les plaques positives comme dans les négatives ; la matière active des plaques positives humides

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pèse 340 g et celle des négatives 255 g. Les bacs et les feuilles de séparation des plaques sont en celluloïd ; avec les connexions et l'électrolyte, le poids total de chaque élément est de 7,5 kg. La batterie de 44 éléments pèse donc 330 kg sans les coffres.

La surface des deux côtés de chaque lame est d'autre part de 3,5 dm^2 ; pour les 6 lames positives, la surface totale est ainsi de 21 dm^2. Les constructeurs considèrent (1) comme régime normal de décharge un courant de 21 amp correspondant à une décharge continue en 5 h, soit une *densité de courant* de 1 amp par dm^2 de surface de plaque positive ; mais l'accumulateur peut, aux dépens de sa capacité, fournir jusqu'à 50 amp en décharge continue, et jusqu'à 100 amp en décharge interrompue, pour un coup de collier, par exemple.

A la décharge normale en 5 h, la différence de potentiel utile moyenne de l'élément est de 1,9 v et la capacité de 105 amp-h. Chaque élément de 7,5 kg débite au régime normal 40 w utiles et renferme une énergie disponible égale à :

$$40 \times 5 = 200 \text{ w-h.}$$

Les constantes spécifiques de l'élément sont donc les suivantes, rapportées au poids *total :*

Débit spécifique, en ampères par kilogramme.....	3
Puissance utile spécifique, en watts par kilogramme.	5,3
Capacité spécifique, en ampères-heure par kilogramme.....	14
Énergie utile spécifique, en watts-heure par kilogramme.....	26
Poids spécifique, en kilogrammes par kilowatt.....	190
— — kilowatt-heure.	37,5

Au régime de 5 w par kilogramme, l'accumulateur Fulmen renferme donc plus de 25 w-h par kilogramme. Ces deux

(1) *La Locomotion automobile*, 21 avril 1898 (E. Hospitalier).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chiffres suffisent pour calculer le poids d'accumulateurs nécessaire pour actionner un véhicule automobile d'un poids total donné, à une vitesse donnée sur un terrain donné, connaissant le rendement du moteur et de la transmission, ainsi que le chemin à parcourir entre deux charges successives.

Si l'on double le régime de décharge spécifique continue, et qu'on le porte à 10 w par kilogramme, l'énergie spécifique s'abaisse à 20 w-h par kilogramme, c'est-à-dire diminue de 20 0/0 ; s'il ne faut plus que 100 kg d'accumulateurs pour produire 1 kw, il en faut par contre 50 (au lieu de 40) pour emmagasiner 1 kw-h.

Si au contraire on réduit de moitié le régime spécifique de décharge continue, l'énergie spécifique disponible augmente et atteint 30 w-h par kilogramme.

Il convient donc de ne pas perdre de vue, en calculant le poids d'une batterie, que l'on perd en énergie ce que l'on gagne en puissance, et que les accumulateurs se conservent d'autant mieux qu'on les soumet à des régimes de décharge plus modérés.

Dans l'application spéciale aux accumobiles, la décharge n'est pas continue, mais au contraire extrêmement variable et coupée d'intervalles de repos favorables à la diffusion du liquide, diffusion également favorisée par l'agitation des éléments pendant la marche. Les chiffres indiqués pour le régime normal peuvent donc être acceptés comme représentant l'énergie réellement disponible, malgré les variations du débit.

Lorsque les véhicules ne comportent qu'un seul moteur électrique, les accumulateurs doivent être divisés en sous-batteries qu'on peut coupler en tension ou en quantité pour aider à l'obtention des différents efforts ou vitesses, suivant le profil ou la charge : le couplage en tension est utilisé pour les démarrages et la montée des fortes rampes, c'est-à-dire chaque fois qu'un effort élevé est nécessaire, et le couplage en quantité lorsqu'on peut lancer le véhicule, par exemple en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

palier ou sur faibles pentes ou rampes. Pour ménager la batterie, on a soin de couper complètement le courant sur les pentes atteignant ou dépassant 20 mm et qui peuvent être franchies à une vitesse suffisante par la gravité.

60. Les ***accumulateurs d'allumage*** employés dans l'automobile sont du type FAURE à oxydes rapportés ou du type PLANTÉ à formation autogène. Ils sont généralement formés de deux ou trois éléments réunis en série et donnant ainsi une f. é. m. de 5 ou 6 v ; dans le type FAURE, la matière active est du minium pour les plaques positives et un mélange de minium et de litharge pour les négatives.

Les éléments sont renfermés dans des bacs qui peuvent être en celluloïd ou en ébonite ; les premiers, par leur transparence, permettent de mieux inspecter l'intérieur et de se rendre compte des chutes de matière ou des gondolements susceptibles de créer des courts-circuits ; comme ils sont très inflammables et très fragiles, on les place généralement dans une caisse en bois ou en tôle qu'on munit d'une courroie quand on doit les manutentionner pour les recharger. Cette opération s'effectue après un temps plus ou moins long suivant que les accumulateurs sont en fonctionnement pendant toute la marche du véhicule ou servent seulement pour la mise en route du moteur ; dans le premier cas et pour un parcours journalier de 60 kilomètres, le rechargement doit s'effectuer tous les 8 ou tous les 15 jours suivant l'état d'ancienneté ou d'entretien des accumulateurs.

Les accumulateurs TUDOR sont du type à formation PLANTÉ ; ils demandent certains soins, tant à la mise en marche que pendant leur fonctionnement et leur recharge. La Société de l'accumulateur TUDOR donne à ce sujet les indications suivantes.

A la réception des éléments, qui sont expédiés chargés et pleins d'acide, on doit s'assurer que le liquide est en quantité suffisante et en vérifier le degré, qui doit être de 27 B., puis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donner une petite charge aux éléments. Lorsque, exceptionnellement, les éléments sont expédiés secs, sans acide, on doit avant la mise en service les emplir avec de l'eau acidulée à 24 B, puis leur faire subir une charge à un régime moitié du régime normal de charge et la prolonger autant que possible sans interruption jusqu'au bouillonnement de l'acide. Les éléments doivent être soigneusement bloqués dans les coffres et placés, de préférence, de façon que les plaques soient perpendiculaires au sens de marche du véhicule, dans le but de diminuer les projections d'acide. Les connexions et le serrage des fils doivent être bien surveillés, et les extrémités de ces fils repérées avec soin pour empêcher tout court-circuit. Pour éviter les ennuis résultant de l'oxydation des bornes métalliques, il est recommandé d'employer des bornes en matière inattaquable à l'acide et assurant un contact parfait : à ce sujet les fils souples, qui s'étalent sur la surface métallique, sont préférables.

Les types d'accumulateurs qui paraissent le mieux convenir, suivant la puissance des véhicules, sont celui de 60 amp-h pour les moteurs à 4 cylindres et celui de 40 amp-h pour les moteurs à 2 cylindres.

En cours de service, la surveillance des éléments consiste à en tenir toutes les parties très propres, notamment les bornes de connexions, — à maintenir le niveau du liquide à 20 mm au-dessus du bord supérieur des plaques, — enfin à éviter toute décharge au-dessous de la limite normale de 1,80 v par élément, en débit.

Mais c'est surtout pendant la charge que les accumulateurs doivent être surveillés; deux observations fondamentales régulièrement faites permettent de se rendre très exactement compte de l'état des accumulateurs :

1° Observation de la densité du liquide;

2° Observation du voltage aux bornes de l'accumulateur.

1° Densité du liquide. — L'électrolyte employé est un mélange d'acide sulfurique chimiquement pur (au soufre) et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'eau distillée. On la prépare en versant lentement dans un récipient très propre l'eau distillée d'abord, puis l'acide sulfurique concentré, et non l'eau dans l'acide, ce qui pourrait donner lieu à des projections dangereuses. On suspend l'opération lorsque la température du mélange s'élève d'une façon sensible, pour la reprendre après refroidissement. La proportion du mélange titrant 28° B est, en volumes, d'environ 5 d'eau pour 1 d'acide à 66° B, et en poids de 25 d'acide concentré pour 75 d'eau.

Le contrôle de la densité s'effectue avec un densimètre dit pèse-acide, qui, plongé dans le liquide à contrôler, en indique directement la densité en degrés Baumé. Comme on ne peut introduire cet appareil dans les éléments hermétiques, on prélève une partie du liquide à l'aide d'une poire caoutchouc ou pipette et on en emplit une éprouvette dans laquelle on plonge le densimètre. Après lecture, on remet l'électrolyte dans l'élément.

La densité de l'eau acidulée augmente pendant la charge, à la fin de laquelle elle doit atteindre environ 27° B. ; au contraire, pendant la décharge, la densité décroît progressivement et peut descendre à 20° et même au-dessous. On doit bien se garder de rectifier alors ce degré ; quand il est nécessaire de régler la densité de l'eau acidulée, c'est à fin de charge que l'opération doit se faire, en amenant le liquide à 27° par l'addition d'eau acidulée, si la densité est inférieure à ce chiffre, ou d'eau distillée, si elle lui est supérieure.

2° **Vérification du voltage.** — A fin de charge, la batterie étant encore branchée, le voltage de chaque élément simple doit atteindre 2,65 v, soit 5,30 pour un élément double. Dès que la charge est interrompue, ces chiffres s'abaissent respectivement à 2,1 v et 4;2 v. Pendant la décharge, la tension de chaque élément séparé se tient longtemps au chiffre de 2 v ; la décharge doit être arrêtée lorsque le voltage, mesuré en débit, atteint 1,8 v par élément. Le point critique au-dessous duquel il convient de ne pas descendre, sous peine de sulfater

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

profondément l'accumulateur, paraît être le voltage de 1,75 par élément, mesuré au repos.

Pour le contrôle du voltage en décharge, le voltmètre spécial appelé *accumètre* est très commode ; le voltmètre ordinaire ne donne en effet que le voltage à circuit ouvert, quand l'élément ne fournit aucun travail. La tension se maintient alors aux environs de 2 volts, même quand l'élément est déchargé presque complètement : on est ainsi conduit à une appréciation erronée de son véritable état de charge.

L'accumètre, tout en donnant aussi cette première indication à circuit ouvert, permet d'y ajouter, par la simple manœuvre d'un poussoir, la lecture du voltage en débit, l'élément travaillant sur une résistance. Ce second renseignement est le seul intéressant, puisque seul il permet d'apprécier l'état de charge réel de l'élément par la connaissance du voltage en débit.

Charge des accumulateurs. — Cette charge peut être effectuée :

1° Sur un réseau à courant continu ;

2° Sur un réseau à courant alternatif en redressant ce courant ou bien en ne l'utilisant que lorsqu'il circule dans un sens déterminé.

1° Charge sur courant continu. — Quelle que que soit la source d'électricité, il est indispensable de *bien reconnaître les pôles de cette source*. Le pôle positif de la source de courant doit être relié à la borne positive (peinte en rouge) de l'accumulateur, et le pôle négatif de la source à la borne négative (peinte en vert) de l'accumulateur.

Pour reconnaître les pôles, on se sert d'un papier spécial dit papier cherche-pôles. Ce papier est imbibé d'eau ou de salive, et, après l'avoir posé sur du bois propre, on le touche avec les extrémités de deux fils reliés aux pôles que l'on veut reconnaître : le fil relié au pôle négatif laisse sur le papier une trace rouge très accentuée. — Il faut éviter d'amener les deux fils en contact sur le papier, on produirait un court-circuit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'autres appareils : indicateurs de sens de courant, galvanomètres, boussoles, voltmètres polarisés, etc., permettent également de reconnaître les pôles.

Les pôles étant reconnus, on peut procéder à la charge comme il suit.

a) *Charge avec des piles.* — Ces piles, groupées en tension, doivent avoir évidemment une f. é. m. et une intensité plus grandes que celles des accumulateurs à recharger; pour faciliter l'opération, on réunit ces derniers en quantité en reliant ensemble leurs pôles de même nom (**56**) : on n'a plus ainsi comme résistance qu'une tension de 2 v environ, et il suffit alors d'employer pour le rechargement deux piles Geiger reliées en tension [sous un petit volume (diamètre, $0^m,12$; hauteur, $0^m,18$), les piles Geiger sont remarquables par leur grande intensité, leur f. é. m. élevée (1,90 v) et la constance de leur courant].

Il faut avoir soin de se conformer au régime de charge des accumulateurs, lequel régime (2 ou 3 amp) est généralement indiqué sur chaque bac; on intercale pour cela dans le circuit un ampèremètre, et on règle l'intensité en modifiant la quantité de zinc dans chaque élément de pile (on la diminue si l'ampérage est trop fort et on l'augmente dans le cas contraire). Si le régime n'est pas indiqué sur les bacs, on effectue la charge sous un courant de 3/4 d'ampère à 1 amp par kilogramme de plaques de l'accumulateur.

On reconnaît que l'accumulateur est chargé, lorsque le voltage mesuré pendant la charge au régime normal atteint 2,50 v et le degré de l'électrolyte 27° environ. Dans les éléments avec bacs transparents (verre ou celluloïd), un nouvel indice de la fin de charge est fourni par la couleur des plaques, qui est brun chocolat pour les positives et gris de plomb métallique pour les négatives.

b) *Charge sur un réseau d'électricité à courant continu.* — Supposons qu'il s'agisse d'un réseau à 110 v, tension qui se rencontre le plus souvent. — Si l'on a à charger un groupe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de deux éléments d'accumulateurs, le voltage maximum dont on aura besoin aux bornes sera de 2,5 v par élément, soit 5 v pour les deux ; on n'aura donc à utiliser qu'une partie bien faible de la tension de 110 v dont on dispose, et les 105 v d'excédent devront être absorbés dans un appareil quelconque disposé avant l'accumulateur. Si l'on emploie une résistance métallique (fil de fer, maillechort) ou une résistance liquide (eau additionnée d'un sel : bicarbonate de soude, sel de cuisine, etc., ou d'un peu d'acide sulfurique), l'énergie électrique qui la traversera sera dépensée entièrement sous forme de chaleur et par conséquent en pure perte ; il sera beaucoup plus avantageux de la dépenser sous forme de lumière en prenant comme résistance des lampes à incandescence qui absorberont les 105 v. Il ne sera même pas utile de prendre des lampes spéciales de 105 v, car les lampes de 110 v employées couramment sur le réseau ne subiront pas une diminution d'éclat notable en fonctionnant avec 5 v de moins qu'à l'ordinaire. — On pourra réunir sur un tableau un certain nombre de lampes munies de douilles à clef, afin de pouvoir faire varier le courant suivant le nombre de lampes mises en service. Si ces lampes sont de 16 bougies (110 v), chacune d'elles laissera passer 1/2 amp ; donc, pour charger par exemple à 3 amp, on devra allumer 6 lampes de 16 bougies (ou 3 lampes de 32 bougies).

Il existe pour cet usage spécial des appareils chargeurs à une seule lampe et indicateur de sens de courant, ainsi que des tableaux chargeurs à une ou plusieurs lampes, avec ou sans voltmètre, ampèremètre et indicateur de sens de courant.

2° Charge sur courant alternatif. — La soupape électrique à vibreur, système Soulier, agit comme redresseur en n'envoyant le courant dans les éléments à charger qu'au moment précis où il a une direction convenable, et en le rompant dès que le sens tend à changer. La consommation de courant est très faible, et il n'y a pas lieu, d'autre part, de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reconnaître les pôles. Cet appareil se construit pour toutes les fréquences et tous les voltages; il fonctionne immédiatement et ne demande aucun entretien ; enfin, le montage est des plus simples. Il ne contient, en fait de pièce en mouvement, qu'une lame vibrante oscillant avec la fréquence du courant alternatif, c'est-à-dire 50 fois en moyenne par seconde (c'est à peine si on la voit trembler, tant elle va vite) et dont le rôle est de trier rapidement les courants qu'on lui offre, en ne laissant passer que les courants d'un certain sens, ceux pour lesquels elle a été réglée, et en arrêtant tous les autres.

L'appareil se compose d'une caisse plate fermée par un grillage. A l'intérieur se trouve un transformateur à courant alternatif dont le rôle est de ne prendre sur les 110 v du réseau que juste ce qu'il faut pour charger les accumulateurs, et un vibreur qui trie les courants pour la charge. A l'extérieur, quatre bornes et un coupe-circuit placés sur le dessus de la boîte complètent l'appareil.

Le transformateur est à circuit magnétique fermé : il comporte un premier enroulement qui communique par deux bornes intérieures avec le réseau à courant alternatif, et un deuxième fil plus gros qui envoie le courant à basse tension à l'accumulateur au travers du vibreur. Ce dernier est constitué par une lame d'acier placée devant un électro-aimant polarisé, dont une bobine est traversée par le courant alternatif du réseau ; elle oscille donc en même temps que ce courant, lequel provoque dans la bobine 50 attractions par seconde si la fréquence est de 50 périodes. La lame est traversée par le courant se rendant à l'accumulateur, mais le circuit n'est fermé que lorsque, dans son mouvement, la bande d'acier rencontre un contact en relation avec une des bornes des accumulateurs. Les fils sont disposés de telle sorte que la fermeture du circuit n'ait lieu que lorsque le sens du courant est celui convenant à la charge.

Lorsque l'appareil est en fonctionnement, il fait entendre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un ronflement dû au mouvement rapide du vibreur, et qui est un témoin de la charge, attirant l'attention sur cette dernière et évitant d'oublier l'accumulateur et de le détériorer par une charge trop prolongée (1).

Quand des accumulateurs sont laissés en repos, on doit commencer par les charger à fond, puis ensuite vider l'électrolyte, qu'on remplace par de l'eau pure pour empêcher la sulfatation des plaques. Lorsque l'on veut ensuite remettre les accumulateurs en service, on remplace l'eau pure par de l'électrolyte à 13° B, et on opère une charge à fond à faible régime.

La capacité des éléments TUDOR, variable avec le régime de décharge, est indiquée suivant chaque type. La charge ne doit pas être effectuée à une intensité supérieure à celle indiquée ; elle peut l'être à une intensité inférieure, cela augmente même le rendement de la batterie. Le voltage à fin de charge, la batterie non débranchée, atteint jusqu'à 2,65 v par élément, mais, dès qu'on arrête la charge, il tombe à 2,1 v à circuit ouvert; par conséquent, pour 4 éléments en série, il sera à circuit fermé de :

$$2{,}65 \times 4 = 10{,}6 \text{ v.}$$

Le voltage auquel on doit arrêter la décharge est variable avec le régime adopté. Pour une décharge en 1 heure, il est de 1,70; pour une décharge en 5 heures, 1,80 v; et pour une décharge en 10 heures, 1,85 v.

Le rendement varie suivant le régime de décharge. Pour des régimes élevés, il est d'environ 65 0/0 en énergie et 85 0/0 en quantité ; pour des régimes faibles, il peut atteindre 78 0/0 en énergie et 95 0/0 en quantité.

Le poids des plaques donne une valeur approximative de la capacité, qui est de 10 à 12 amp-h par kilogramme de plaques pour les batteries d'allumage. Pour l'établissement d'un devis, il est nécessaire de connaître : le voltage du réseau ou de la

(1) *Le de Dion-Bouton*, numéro du 20 avril 1907.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dynamo devant charger la batterie, la durée moyenne du service à assurer, le nombre d'ampères que la batterie doit débiter et si le régime est fixe ou variable, enfin le temps pendant lequel elle doit effectuer ce travail. On obtient le nombre d'éléments qui est nécessaire en divisant le voltage auquel doit fonctionner la batterie par le voltage limite de fin de charge d'un élément. Par exemple, le nombre d'éléments nécessaire pour avoir un voltage de 9 volts, le régime de décharge étant de 5 heures, sera de

$$9 : 1{,}8 = 5 \text{ éléments.}$$

La pureté de l'électrolyte a une grande influence sur la durée des batteries. Il ne faut absolument employer que de l'eau distillée ou de l'eau de pluie propre, et de l'acide sulfurique pur au soufre. Le mélange d'eau et d'acide doit marquer 22 à 24° B. (densité 1,18), la batterie déchargée. La proportion du mélange est de 3,5 volumes d'eau pour 1 volume d'acide à 66°; ou bien, en poids, de 25 d'acide pour 75 d'eau. A fin de charge, l'électrolyte doit marquer dans ces conditions 24 à 26°; on doit veiller à ce que tous les éléments se chargent normalement, que le dégagement gazeux commence à se produire en même temps sur toutes les plaques et qu'il soit toujours semblable et régulier. Dans les premiers temps, il ne faut jamais demander à la batterie plus des 2/3 de sa capacité.

L'acide sulfurique à 66°, par demi-tourie de 35 l ou tourie de 65 l, coûte environ 35 francs les 100 kg et l'eau distillée 15 fr. les 100 kg.

Les accumulateurs Tudor sont employés par les Établissements Panhard-Levassor, Renault, Gobron-Brillié, etc.

L'accumulateur d'allumage Fulmen, du type Planté, est renfermé dans un bac en celluloïd parfaitement étanche, avec un bon isolement et des contacts à l'abri de toute oxydation. Dans les éléments doubles à cloison médiane, les plaques sont solidement maintenues à distance les unes des autres, de manière qu'aucun rapprochement ne soit à craindre; tout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

court-circuit par la partie inférieure des plaques est, en raison des dispositions adoptées, impossible du fait de chute de matière active, rendue d'autre part très faible par suite des dispositions prises lors de l'empâtage. Les plaques, libres de se dilater, ne peuvent non plus se gondoler ni risquer de venir en contact de ce fait.

L'emploi de bornes en laiton, attaquées rapidement par les

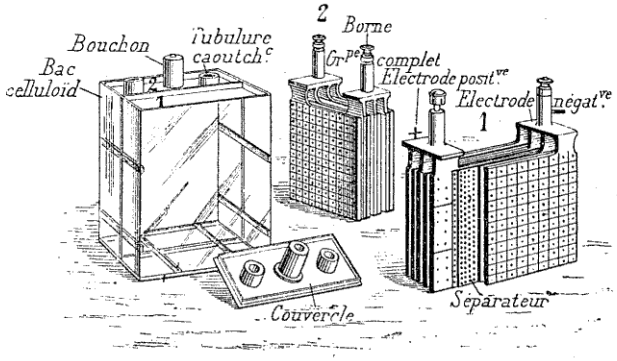


Fig. 288. — Accumulateur Heinz.

sels de cuivre, et difficiles ainsi à serrer comme à desserrer, a été rejeté; les sels de cuivre étendaient aussi leur action destructive à l'extrémité des fils, qui se rongeaient rapidement en créant encore des dérivations à la masse. Les bornes ont été entièrement revêtues d'ébonite en forme de chapeau renversé enveloppant la tête de la prise, ce qui assure une propreté continuelle aux contacts et évite tout court-circuit accidentel; enfin, les bornes sont mobiles et peuvent être remplacées facilement sans aucune soudure à effectuer. Le type de bouchon de remplissage adopté présente l'avantage de supprimer une ouverture sur les plaques en assurant à la fois le remplissage facile de l'accumulateur et l'évacuation des gaz (1).

(1) *Le Poids lourd*, n° 4.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 288 montre les diverses parties d'un élément d'accumulateur HEINZ.

61. La construction et le fonctionnement des machines ***dynamo-électriques*** (appelées aussi simplement ***dynamos***) sont basés sur les propriétés des aimants. Les aimants magnétiques sont des barreaux de fer doux qui ont la propriété d'attirer le fer (*fig.* 289); les barreaux sont supposés traversés dans le sens de leur longueur par des lignes parallèles qui sortent par les extrémités et se rejoignent en dehors (*fig.* 290): ces lignes sont appelées *lignes de force* ou *lignes d'induction*, et l'espace qui les englobe porte le nom de champ magnétique ou *champ d'induction*. La direction des lignes de force aux divers points du barreau peut être constatée au moyen d'une petite boussole qu'on dispose au-dessus de l'aimant, et dont l'aiguille s'oriente suivant ces lignes.

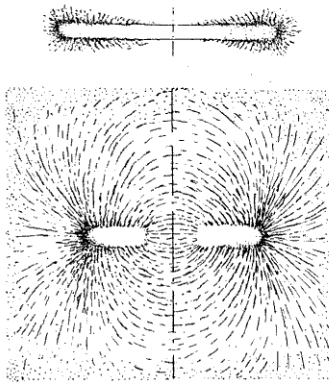


FIG. 289. — Barreau aimanté. Action d'un aimant sur la limaille de f

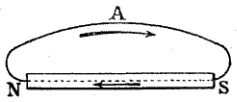


FIG. 290.— Lignes de force dans un aimant.

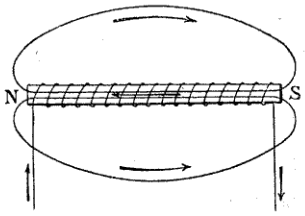


FIG. 291.— Lignes de force dans un solénoïde.

C'est surtout vers les points N, S, où ces lignes sortent de l'aimant — points qui sont appelés *pôles* — que se manifestent ses propriétés attractives; mais ce qui démontre bien que les lignes de force existent dans toute la longueur de l'aimant,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est que, si l'on partage ce dernier en deux ou en un plus grand nombre de morceaux, les extrémités de chacun des nouveaux barreaux ainsi constitués jouissent de la même propriété d'attirer le fer que les extrémités du barreau primitif.

Si l'on suspend librement, à plusieurs reprises, un barreau droit, aimanté, on remarque qu'il s'oriente toujours dans un même sens, chacune de ses extrémités se plaçant aussi toujours du même côté ; la direction est sensiblement celle du nord au sud, et on donne le nom de *pôle nord* à l'extrémité du barreau qui se trouve dans cette direction, et celui de *pôle sud* à l'autre extrémité.

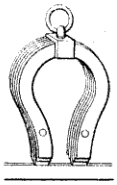


Fig. 292. — Aimant en fer à cheval.

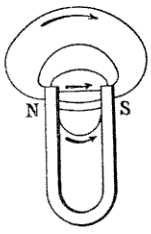


Fig. 293. — Lignes de force dans un aimant en fer à cheval.

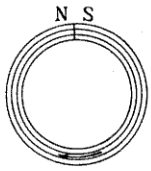


Fig. 294.

Si l'on rapproche entre elles les extrémités de l'aimant, en donnant par exemple à ce dernier la forme d'un fer à cheval (*fig.* 292-293), les lignes de force deviennent plus serrées et plus nombreuses entre les pôles, tandis qu'elles sont plus disséminées dans les autres parties du champ. Si les pôles viennent à se toucher (*fig.* 294), toutes les lignes de force restent à l'intérieur de l'aimant, lequel constitue alors un circuit entièrement fermé. Aucune ligne de force ne sort plus à l'extérieur, et l'aimant ainsi constitué n'attire plus la limaille de fer par aucun de ses points.

Les aimants naturels (qui sont des oxydes de fer magnétiques) peuvent servir à obtenir des aimants artificiels par les anciens procédés dits de simple touche, double touche, etc. ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais on préfère aujourd'hui promener sur le barreau en acier trempé ou comprimé que l'on veut aimanter une bobine traversée par un courant électrique. Pour aimanter un barreau en forme de fer à cheval, il faut employer deux bobines, que l'on fait aller et venir ensemble sur les deux branches du barreau. Pour aimanter une aiguille, il suffit de la placer sur un aimant en fer à cheval, en faisant correspondre l'extrémité dont on veut faire le pôle nord au pôle sud de l'aimant, et en frottant l'aiguille contre le barreau dans le sens de la longueur.

On remarque aussi qu'un morceau de fer doux recuit, placé dans le champ d'un aimant, s'aimante naturellement et par simple influence, par suite de la grande perméabilité qu'il offre au flux magnétique. Cette aimantation cesse presque complètement lorsqu'on retire l'aimant ; celle qui subsiste après la séparation est d'autant plus importante que le fer est plus dur, l'aimant plus mince et plus long, et que sa forme se rapproche davantage de celle d'un circuit fermé.

On obtient, a-t-on dit, des effets magnétiques beaucoup plus intenses que ceux que donnent les aimants naturels ou artificiels, au moyen des électro-aimants, qui sont constitués en principe par un fil de cuivre isolé enroulé autour d'une bobine isolante dans l'intérieur de laquelle on a introduit un barreau ou des fils de fer doux (*fig.* 295) ; en faisant passer un courant électrique dans le fil de cuivre, le système s'aimante et devient le siège de lignes de force [1] qui passent à l'intérieur de la bobine, en se rejoignant à l'extérieur jusqu'aux limites du champ magnétique. A l'intérieur et de chaque côté du milieu de la bobine, jusqu'à une certaine distance des extrémités, les lignes d'induction

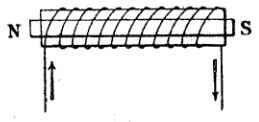


FIG. 295. — Électro-aimant.

(1) Parfois ce terme est réservé pour désigner la partie de la ligne d'induction qui rejoint les pôles à l'extérieur de l'aimant ; la partie qui traverse l'aimant constitue principalement la ligne d'induction magnétique ou simplement d'induction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont parallèles à l'axe de la bobine et le *champ magnétique* y est ce qu'on appelle *uniforme*. La valeur de l'induction est d'autant plus grande que le nombre de spires est lui-même plus grand et l'intensité du courant qui parcourt le fil plus élevée. Le produit du nombre N de spires contenues dans 1 centimètre de longueur de la bobine par l'intensité I du courant est ce qu'on appelle le nombre d'*ampères-tours spécifiques* de la bobine. Ce produit, augmenté de 1/4, c'est-à-dire multiplié par 1,25, constitue la valeur de l'induction à l'intérieur de la bobine. Si on a introduit encore un barreau de fer doux dans la bobine, ce barreau, en vertu de sa perméabilité, se trouve pénétré par les lignes d'induction, et le flux magnétique est augmenté considérablement : on réalise ainsi un *électro-aimant*. Quand le courant cesse de passer dans le fil, il reste encore dans le fer une faible aimantation *rémanente*, qui est augmentée lorsque le circuit est entièrement fermé.

Quand les bobines ont une forme annulaire, elles jouissent des mêmes propriétés que les circuits magnétiques fermés, les lignes d'induction y restent entièrement renfermées sans perte au dehors.

Si dans une spire semblable, entièrement fermée sur elle-même, et située dans un champ magnétique, on fait varier brusquement et périodiquement le flux d'induction qui la traverse, en déplaçant par exemple la spire dans le champ, une force électromotrice d'induction, ou plus simplement un courant induit, périodique également, prend naissance dans la spire. Il ne reste qu'à recueillir ce courant en ajoutant l'une à l'autre les deux forces électromotrices alternatives produites, l'une dans un sens quand le flux magnétique diminue, l'autre dans le sens opposé quand le flux augmente.

Le changement de sens se produit au passage de points diamétralement opposés qui, réunis, constituent ce que l'on nomme la *ligne neutre*, laquelle est à peu près perpendiculaire à la ligne des pôles. Les forces électromotrices engendrées d'un côté de cette ligne neutre sont toutes de même sens et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'ajoutent ; il en est de même de celles de l'autre côté, mais le sens de celles-ci est opposé à celui des premières. Ces forces se feraient ainsi équilibre, et elles se détruiraient, si on n'était parvenu à les redresser en les ajoutant ; ce résultat est obtenu en reliant à tout instant entre elles par un fil extérieur ou pont, réalisant un montage en quantité (**56**), les spires situées sur la ligne neutre. Dans les machines électriques, c'est le rôle du collecteur : on obtient ainsi une force électromotrice unique, *continue* et de même sens, dont l'intensité est égale à la somme des deux forces électromotrices *alternatives* ci-dessus. Il ne reste plus qu'à recueillir ce courant au moyen de balais qui viennent frotter sur le collecteur, dans le voisinage de la ligne neutre, et à le conduire au point ou à l'endroit d'utilisation au moyen de conducteurs partant des balais.

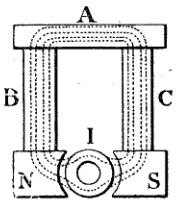


Fig. 296.
Système inducteur.

Les machines électriques où le sytème inducteur est constitué par un aimant sont appelées des *magnétos*, et celles où ce dernier est remplacé par un électro-aimant, des *dynamos*.

Une machine dynamo se compose des trois parties essentielles dont on vient d'examiner la fonction : un *inducteur*, constitué par un électro-aimant ; un *induit*, dans lequel prend naissance et se développe le courant ; un *collecteur*, qui sert à recueillir ce courant.

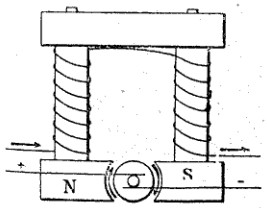


Fig. 297.
Machine électrique.

L'inducteur comprend lui-même, en général, une culasse, des noyaux, des enroulements et une ou plusieurs pièces polaires. La culasse est une pièce en fer doux A (*fig.* 296) sur laquelle sont fixés les noyaux B, C, reliés d'autre part aux pièces ou masses polaires N, S. Les noyaux sont enveloppés par des bobines sur lesquelles est enroulé un fil de cuivre bien isolé (*fig.* 297). Ces bobines forment ainsi chacune un solénoïde, et, quand

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on fait passer un courant électrique dans le fil de cuivre, les noyaux s'aimantent : on dit alors que l'électro-aimant est *excité*. Cette excitation, qui peut s'obtenir de différentes façons, sert, lorsqu'on la fait varier (au moyen de résistances, par exemple, que l'on intercale en plus ou moins grand nombre dans son circuit), à modifier dans de certaines limites l'intensité du champ inducteur, et par suite la vitesse du moteur.

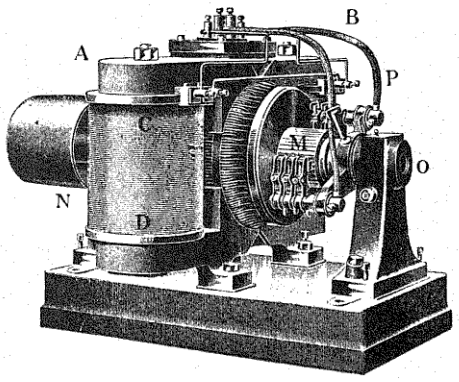


FIG. 298. — Machine dynamo électrique bipolaire.

Les pièces polaires sont évidées suivant deux demi-cylindres pour le passage de l'induit II′, qui a lui-même la forme d'un cylindre, tournant autour de l'axe ou arbre O ; celui-ci déborde de chaque côté de l'induit, et ses extrémités sont maintenues dans des paliers fixés au bâti ou à la carcasse du moteur. La distance qui existe entre les inducteurs et l'induit est appelée *entrefer ;* elle varie de 1 à 3 mm et a pour but d'empêcher tout frottement entre ces pièces ou organes. Sur le même arbre O, et tournant par conséquent avec l'induit, est monté le collecteur M, sur lequel

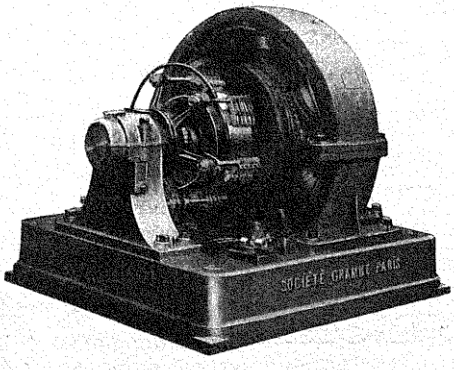


FIG. 299. — Machine dynamo à 6 pôles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frottent des balais P, en cuivre feuilleté ou en charbon, qui recueillent le courant électrique engendré dans l'induit en

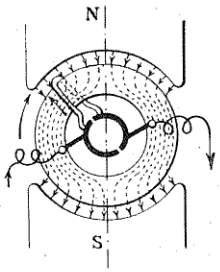


FIG. 300.—Enroulement en anneau d'une spire d'induit.

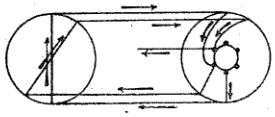


FIG. 301. Enroulement en tambour.

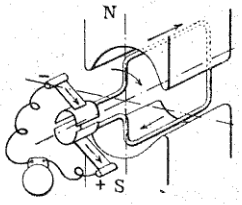


FIG. 302. — Enroulement en tambour d'une spire d'induit.

présence des inducteurs. L'un de ces balais constitue le pôle positif de la dynamo et l'autre le pôle négatif; ils sont reliés extérieurement par un conducteur qui conduit le courant au point choisi pour son utilisation.

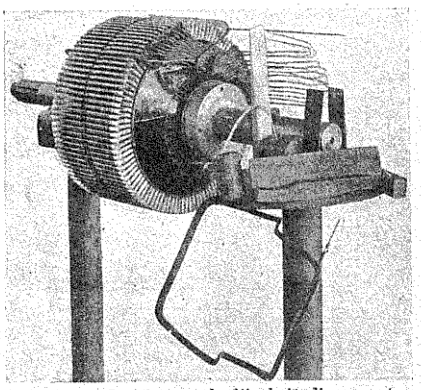


FIG. 303. — Bobinage de l'induit d'un moteur de tramway TH (enroulement Ecckemeyer).

L'induit comprend d'abord une âme constituée par des disques minces de fer doux montés sur une lanterne calée elle-même sur l'arbre; la forme de cette âme ou armature peut être celle d'un anneau (*fig.* 300) ou d'un tambour (*fig.* 301, 302, 303). Les tôles de fer sont souvent entaillées en forme d'encoches sur leur pourtour, suivant les génératrices du cylindre qu'elles forment, pour le logement de spires en fil de cuivre isolé ou de barres qu'on enroule autour de l'anneau. Les spires forment un certain nombre de sections constituant autant de bobines, lesquelles peuvent com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prendre elles-mêmes plusieurs couches de fils superposées; enfin les sections sont réunies entre elles par un nombre égal de conducteurs.

La culasse, les noyaux et les pièces polaires forment, lorsqu'on fait circuler un courant dans le fil recouvrant les bobines, un électro-aimant; avec l'induit, cet ensemble constitue un circuit magnétique presque entièrement fermé (*fig.* 296). L'électro-aimant étant excité, ce circuit est parcouru par un flux d'induction qui pénètre dans les disques en tôle douce de l'induit. Dans le déplacement de ce dernier, l'intensité du flux varie, et cette circonstance donne lieu, comme on l'a vu, à la production d'un courant électrique dans le fil de cuivre des bobines de l'induit.

Le collecteur se compose d'un grand nombre de lames de cuivre (autant qu'il y a de sections dans l'induit), séparées les unes des autres par des lames isolantes de même forme

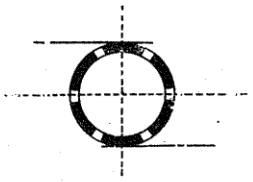


FIG. 304.
Collecteur et balais.

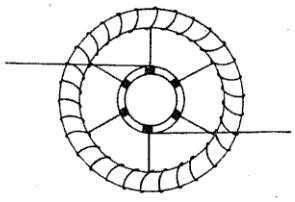


FIG. 305.
Réunion du collecteur et de l'induit.

(*fig.* 304); les lames de cuivre sont isolées également de l'arbre par une bague en bois préparé, non conductrice. Toutes ces lames sont soigneusement polies au tour pour donner un bon contact avec les balais; elles sont aussi maintenues très propres pour éviter toute communication entre les lames successives par l'effet de la limaille, et qui aurait pour effet de provoquer des courts-circuits.

Chaque lame métallique du collecteur communique avec une entresection (*fig.* 305) de l'induit, en sorte que le collec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur reçoit tout le courant qui prend naissance et se développe dans ce dernier. A la surface du collecteur sont appuyés, au moyen de ressorts, deux balais en charbon, en fils de cuivre ou en toile métallique; les points de contact des balais avec

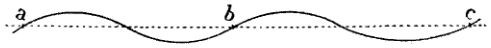


FIG. 306. — Courant alternatif.

le collecteur sont diamétralement opposés. En reliant ces balais entre eux par un conducteur extérieur, ce conducteur sera parcouru par un courant électrique qui pourra être utilisé pour actionner une dynamo réceptrice, alimenter des lampes, charger des accumulateurs, etc.

Le courant *initial* produit dans ces dynamos est, on vient de le voir, du **courant alternatif,** qu'on représente (*fig.* 306) par une ligne courbe sinusoïdale coupant une ligne droite médiane. Le courant est positif dans la partie du circuit située au-dessus de cette ligne, négatif au-dessous et nul aux points de rencontre des deux lignes. Le temps *ab* compris entre les points où le courant, partant de zéro, est successivement positif, puis négatif, pour redevenir nul, s'appelle la

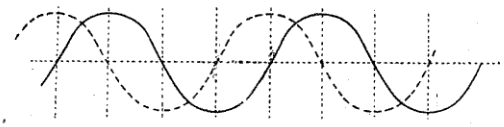


FIG. 307. — Courant diphasé.

période; le nombre des périodes comprises dans 1 minute s'appelle la *fréquence*.

Si deux courants ayant même durée de période passent à des moments différents par leur valeur nulle, on dit qu'ils sont *décalés* ou *déphasés* (*fig.* 307). Quand le décalage de deux courants alternatifs de ce genre est de 90°, ou de 1/4 de pé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

riode, l'un des courants ayant ainsi une intensité ou une f. é. m. nulle au moment où celle de l'autre est maximum, on a des courants *diphasés*. Le courant *triphasé* s'entend de trois courants alternatifs décalés entre eux de 120°; on obtient un courant semblable en disposant sur l'induit trois prises de courant à 120°, chacune d'elles étant reliée respectivement à trois bagues isolées constituant le collecteur. On emploie également trois balais qui recueillent et conduisent le courant produit aux trois câbles qui, dans ce système, constituent le circuit extérieur.

Pour la traction électrique sur rails et sur routes, c'est du courant continu qui est habituellement employé sur les véhicules; cependant un essai de traction par moteurs à courant alternatif monophasé a été fait sur une automotrice de Malakoff équipée par la Compagnie Thomson-Houston, et ce système paraît devoir être appliqué dans un certain avenir sur les chemins de fer et métropolitains.

62. L'***excitation*** des machines dynamos et des moteurs électriques peut être obtenue de différentes façons.

Excitation séparée. — Ce mode d'excitation est réalisé, dans les dynamos génératrices, au moyen d'un générateur auxiliaire envoyant un courant continu dans les inducteurs, et, dans les moteurs des véhicules électriques, au moyen du courant fourni par une batterie d'accumulateurs. Malgré quelques avantages, il n'est guère employé en automobile.

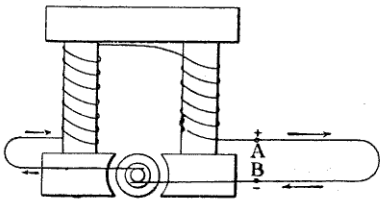


Fig. 308. — Excitation ou enroulement série.

Excitation en série. — Dans ce mode de régulation (*fig.* 308), tout le courant engendré par le moteur passe dans les inducteurs. Le flux d'induction, au début, se produit grâce au magnétisme rémanent; la force électromotrice, d'abord faible,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

va en augmentant jusqu'au moment où le régime est stable et la machine amorcée.

Si la résistance du circuit extérieur est très grande alors que le magnétisme rémanent est faible, le débit ne peut être assez fort et la machine ne s'amorce pas. On tourne la difficulté en mettant pendant quelques instants les balais en court-circuit par un petit fil de cuivre. Si ce moyen ne réussit pas, la machine est désamorcée par suite d'une désaimentation totale, et il faut l'exciter au moyen d'un générateur auxiliaire : pile, dynamo, accumulateur, en ayant soin de ne pas inverser les pôles (1).

Pour l'obtention des différentes vitesses de marche, l'excitation en série peut être combinée, dans les véhicules à accumulateurs n'ayant qu'un seul moteur, avec la division des accumulateurs en un certain nombre de groupes pouvant être couplés eux-mêmes, comme on l'a vu plus haut, soit tous en dérivation pour la marche à petite vitesse, soit tous en tension pour la marche en grande vitesse, soit enfin en dérivation par moitié, les deux moitiés étant ensuite réunies en tension pour la marche en moyenne vitesse. Des allures intermédiaires peuvent encore être obtenues en intercalant des résistances variables sur le circuit d'excitation des inducteurs.

Le réglage de l'allure des véhicules avec ce dispositif est assez difficile lors d'une variation de la résistance du véhicule, par suite d'un changement de profil ou de la nature du chemin; on peut, pour éviter cet inconvénient, employer l'excitation en série avec un couplage invariable des accumulateurs (tous montés en tension), la vitesse se réglant alors en intercalant un rhéostat dans le circuit général de l'inducteur et de l'induit.

Excitation en dérivation. — Les balais sont ici en communication, d'une part, avec les électro-aimants, d'autre part

(1) MONMERQUÉ, *Contrôle des installations électriques.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec le circuit extérieur (*fig.* 309). Une résistance variable placée sur le premier circuit permet de régler l'excitation des inducteurs ; on ne prend pour cette excitation qu'une faible partie du courant principal, et les bobines des inducteurs sont alors formées d'un très grand nombre de spires de fil fin, tandis que, dans le montage en série, ce fil a un fort diamètre et un petit nombre de tours. Avec ce mode de montage,

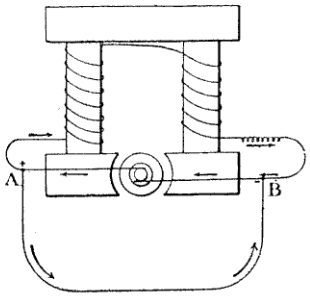


FIG. 309. — Excitation en dérivation.

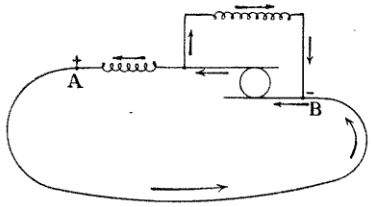


FIG. 310. — Enroulement compound.

lorsqu'il est employé seul, les accumulateurs d'automobiles doivent toujours rester couplés en tension.

Excitation compound. — En employant l'excitation en série avec l'excitation séparée ou avec l'excitation en dérivation, on obtient l'excitation compound [1] (*fig.* 310), qui complique un peu l'enroulement, mais permet d'avoir aux bornes une différence de potentiel indépendante des variations du débit ; on peut aussi faire varier le couplage des accumulateurs et les monter en quantité.

Quand on augmente l'excitation d'un moteur, on augmente l'effort qu'il est susceptible d'exercer ; si le couple moteur reste constant, on diminue donc la vitesse de rotation et de marche.

63. *Réversibilité des machines dynamos.* — Les ma-

[1] Mot anglais signifiant *composé* ou *combiné*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chines dynamos produisent un courant électrique quand elles sont actionnées par un moteur quelconque : hydraulique, à vapeur, à pétrole ou électrique ; elles sont alors appelées *génératrices*. Mais elles sont réversibles et peuvent aussi fonctionner comme *réceptrices*, si elles reçoivent le courant produit par une génératrice ou venant d'une batterie d'accumulateurs. Ce courant leur imprime un mouvement de rotation, et elles peuvent être utilisées de cette façon pour actionner des véhicules, des machines-outils, en un mot des appareils divers, et aussi des dynamos génératrices pour produire un courant de voltage différent. Les dynamos réceptrices sont aussi appelées *moteurs*.

64. Un ***moteur électrique*** ou ***électromoteur*** est donc un appareil qui reçoit de l'énergie sous la forme électrique et la transforme en énergie mécanique, et c'est l'inverse d'une machine génératrice, qui, recevant de l'énergie mécanique, la transforme en énergie électrique.

Pour que la génératrice tourne dans le même sens que précédemment le moteur, il faut, en conservant les mêmes pôles, inverser le sens du courant dans l'armature, ou bien inverser les pôles en conservant le même courant dans l'armature.

Le fonctionnement des moteurs électriques est également basé sur les trois propriétés ou actions suivantes :

Aimantation produite dans un champ par un courant électrique ;

Forces exercées par le champ ainsi engendré sur un conducteur placé dans ce champ ;

Forces électromotrices développées dans ce conducteur se déplaçant dans le champ.

Comme les dynamos génératrices, les moteurs électriques se composent de trois parties essentielles :

Un *système inducteur* fixe, produisant le champ magnétique ;

Un *induit* mobile tournant dans ce champ, sous l'action du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

courant qu'il reçoit de la source d'électricité, par l'intermédiaire du *collecteur*. Ce dernier organe constitue la troisième partie du moteur ; il recueille au moyen des balais le courant amené à sa surface par les conducteurs.

Dans les moteurs de véhicules électriques, le système inducteur se compose d'une carcasse et de deux, quatre ou un plus grand nombre de bobines, constituant autant de pôles (1), et qui sont excitées ou en série, c'est-à-dire par la totalité du courant même qui, venant de la source d'électricité — conducteur, réseau ou batterie — traverse l'induit (*fig.* 308), ou par dérivation, une partie seulement du courant principal venant aux bobines pour les exciter (*fig.* 309).

L'induit peut être aussi à anneau Gramme (*fig.* 300) ou à tambour (*fig.* 302) ; en principe, il est formé également ici d'une âme constituée par des disques de fer doux de 5/10 ou 6/10 de mm d'épaisseur, séparés par du papier mince ou simplement recuits et vernis à la gomme laque, et de fils ou de barres de cuivre rouge disposés ou enroulés autour de l'âme, et qui sont parcourus par le courant reçu par le collecteur. Sous l'action exercée par le champ inducteur, les fils de l'induit sont soumis à des forces perpendiculaires à la direction des lignes d'induction, et l'induit est sollicité à tourner autour de son axe par un couple (**4**) qui constitue le *couple de rotation* du moteur. La valeur de ce couple est proportionnelle, sensiblement, au courant et au flux inducteur.

Un moteur électrique doit être établi en vue d'une bonne utilisation de l'énergie et d'un entretien facile et peu coûteux. On obtient un rendement élevé par un bon façonnage et l'emploi de matériaux de choix, par un établissement rationnel

(1) Une moitié des pôles parfois, dans les moteurs tétrapolaires ou à 4 pôles, ne sont pas munis de bobines ; on nomme ces pôles des pôles *auxiliaires* ou *conséquents*. Les pôles avec bobines s'appellent pôles *saillants* : Les pôles conséquents ont pour but de diriger vers l'armature le flux des bobines dont sont munis les pôles saillants et de combattre la réaction d'induit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des inducteurs et de l'induit au point de vue de l'échantillonnage des sections, par une construction judicieuse du noyau, réduisant les pertes par échauffement électrique (pertes par courants de Foucault et par hystérésis), puis par une bonne commutation des lames du collecteur et un portage bien assuré et sans excès de pression des balais; l'entretien lui-même peut être réduit par un calcul largement établi des diverses parties électriques, par un isolement bien compris et bien établi, favorable à la radiation de la chaleur et rendant à la fois les parties isolées inaccessibles à l'humidité, enfin par un bon frettage, un graissage assuré et des dimensions de paliers et de coussinets largement prévues. Les engrenages — en acier coulé pour les roues et en acier forgé pour les pignons — doivent être taillés, renfermés dans un carter suffisamment étanche et permettant une introduction facile de la graisse.

On ne doit pas enfin faire travailler le moteur à une puissance plus grande que celle prévue. A ce propos, on appelle *puissance nominale* celle que le moteur peut développer sur l'essieu pendant une heure de marche, au voltage prévu, sans que l'échauffement dépasse de 75° la température extérieure; cette puissance doit aussi pouvoir être dépassée sensiblement (de 20 0/0 par exemple, soit de 10 chx pour un moteur de 50 chx de puissance nominale), pendant quelques instants, comme dans les démarrages, où la résistance à vaincre pour produire l'accélération peut être trois ou quatre fois plus grande que celle qui correspond ensuite à la marche à vitesse constante.

Si les arrêts étaient peu nombreux et le travail du moteur régulier, on pourrait lui faire produire une puissance égale à la moitié de sa puissance nominale, soit 25 chx; mais l'échauffement électrique et mécanique provenant d'un débit très variable, occasionné par exemple par des démarrages fréquents ou un profil irrégulier, est plus grand que celui qui résulte du régime permanent correspondant à la moyenne du débit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ci-dessus, et, dans les conditions de fonctionnement considéré, le travail moyen à demander au moteur ne doit pas excéder sensiblement 20 chx. Dans ces conditions de marche, avec des visites régulières et un graissage soigné, le moteur devra faire un excellent service si les manœuvres du coupleur pour les démarrages, les freinages ordinaires et les freinages électriques accidentels ne sont pas encore effectués trop brutalement ou trop tardivement.

Le rendement (c'est-à-dire la proportion de l'énergie dépensée transformée en travail) des moteurs bien établis, marchant dans des conditions convenables de vitesse, de voltage et de débit, est très élevé ; ce rendement est encore très bon, dans une échelle assez étendue, en dessus et en dessous du point de rendement maximum.

65. Dans un tuyau de vapeur ou d'eau sous pression (comme aussi dans un conducteur électrique), quand le fluide est à l'état statique, ou de repos, la pression est la même dans toute la conduite (à moins de circonstances particulières), depuis le départ, près du générateur, jusqu'à l'extrémité. Mais si, à cette extrémité, il se produit un débit de fluide mettant celui-ci en mouvement dans la conduite, la pression baisse dans cette dernière, principalement vers l'extrémité, et d'autant plus que le débit est plus élevé et la conduite plus étroite et plus longue. Dans une automobile à vapeur, par exemple, il peut y avoir aux très grandes vitesses de rotation une différence de plusieurs kilogrammes entre la pression de la vapeur dans la chaudière et la pression de la même vapeur à l'admission dans les cylindres.

Les choses se passent d'une manière présentant une certaine analogie dans un moteur électrique, tant au repos que lorsqu'on y envoie le courant du générateur. Au début, ce courant tend à s'établir avec l'intensité de la source ; mais, dès que le moteur se met en mouvement, l'intensité baisse, et cela d'autant plus que la vitesse de rotation est plus grande ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce fait est dû à la f. é. m. induite dans le récepteur, en sens inverse de celle qui maintient le courant (elle est appelée pour cette raison **f. c. é. m.**), et qui, nulle au démarrage, croît avec la vitesse : lorsque la vitesse normale est atteinte, la f. c. é. m. peut atteindre 90 0/0 et plus du potentiel ou voltage d'alimentation.

C'est en raison de cette circonstance que l'on peut, dans un moteur ayant atteint une certaine vitesse, enlever les résistances que l'on avait dû introduire dans le circuit au démarrage, pour empêcher à ce moment le courant de pénétrer dans les inducteurs et le moteur avec une intensité trop grande, susceptible de les avarier. On peut de même, dans une voiture électrique se déplaçant à une certaine vitesse, sous l'influence de l'inertie ou de la gravité, rétablir le courant sur les moteurs et les remettre dans le circuit sans laisser la manette du coupleur sur les résistances.

Ainsi, dans les démarrages, la f. c. é. m. est nulle, et le couple moteur engendré est très élevé, ce qui facilite la mise en marche de la voiture ; en cours de route, ce couple augmente quand la vitesse diminue, circonstance qui est encore favorable au franchissement des fortes rampes et courbes.

Dans les voitures avec moteurs à excitation en dérivation, lorsque la vitesse a atteint un chiffre déterminé (16 ou 20 km, par exemple, dans les tramways des villes), la f. c. é. m. devient égale à la tension aux balais, aucun courant ne passe plus dans l'induit, et si la voiture est en faible pente, en palier ou en rampe, sa vitesse ne peut excéder le chiffre ci-dessus. Si, sous l'influence de la gravité, sur une pente de 25 ou 30 mm par exemple, elle arrive à dépasser 16 ou 20 km, la f. c. é. m. devient supérieure à la f. é. m. directe, le courant change de sens et vient se déverser dans la source : ligne ou batterie d'accumulateurs. Le moteur se comporte comme une génératrice, en récupérant une partie du travail dû à la gravité et en freinant encore la voiture. Cette récupération, analogue à la contre-vapeur dans les locomotives, a été très en faveur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vers 1896 dans les tramways, et on l'a employée aussi dans les véhicules électromobiles sur route ; mais elle échauffe et fatigue les moteurs, en compliquant encore les appareils : elle ne réintègre d'ailleurs qu'une faible proportion de l'énergie.

Cependant, pour les lignes accidentées, son emploi présente de l'intérêt, et elle est employée dans les véhicules Girardot. L'excitation en dérivation elle-même présente des inconvénients, l'intensité de courant traversant les moteurs pouvant devenir trop forte et avarier les isolements.

On a vu que d'autres modes d'excitation : séparée ou compound, ont été également employés, mais ils présentent aussi des inconvénients, et l'excitation en série reste à peu près aujourd'hui la seule utilisée.

66. *Bobine.* — Le courant primaire de basse tension fourni

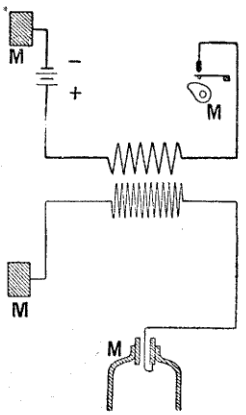


Fig. 311. — Schéma d'allumage de moteur monocylindrique par piles ou accus et bobine à trembleur (*Dr Bommier*). — M, masse.

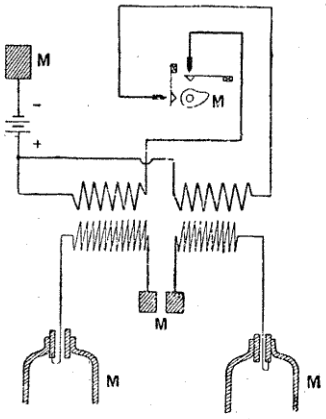


Fig. 312. — Schéma d'allumage de moteur à deux cylindres.

par les accumulateurs ou les piles doit être transformé en courant secondaire à haute tension pour pouvoir être employé à l'allumage du mélange tonnant dans les moteurs à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pétrole ; une faible intensité suffit pour produire cet allumage, mais une très grande force électromotrice est nécessaire : cette transformation s'opère dans des bobines munies de deux enroulements superposés, l'un de gros fil court, dans lequel passe le courant intense, mais de faible voltage, des piles ou des accumulateurs; l'autre de fil fin très long dans lequel se développe par induction, lorsqu'on interrompt le courant ci-dessus, un courant de très haute tension et de faible intensité (10.000 à 15.000 v et moins d'un demi-amp). L'étincelle de tension est obtenue aux pointes de la bougie (*fig.*311-312) par une interruption du courant primaire réalisée, soit par un trembleur à came mû mécaniquement (*fig.* 314), soit par un dispositif électromagnétique appelé vibreur.

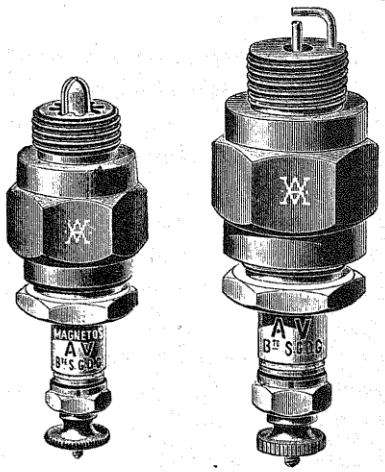


FIG. 313. — Bougies AV (*d'Arsonval et Vaugeois*), pour allumage par magnéto, ou par accumulateur et bobine.

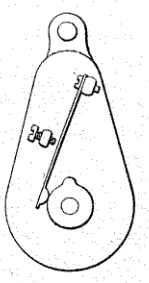


FIG. 314. Trembleur.

Un *condensateur* (*fig.* 318), formé d'une feuille d'étain repliée plusieurs fois sur elle-même avec deux feuilles isolantes (de papier paraffiné ou de mica par exemple) entre lesquelles elle se trouve enfermée, est monté en dérivation (**61**) sur le courant primaire ; il reçoit le courant de self-induction qui se manifeste à chaque rupture du courant primaire, en évitant les étincelles qui se produiraient sans sa présence et mettraient la bobine vite hors d'usage.

On verra (**67**) que le courant de basse tension peut être

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aussi fourni par des magnétos à basse tension au lieu d'accumulateurs ou de piles ; d'autre part, certaines magnétos peuvent fournir directement un courant de haute tension.

67. *Magnétos.* — L'allumage des moteurs à explosions était réalisé autrefois pour les moteurs tournant à faible vitesse par des bobines de RUHMKORFF ; en 1895, la maison BASSÉE-MICHEL étudia avec MM. DE DION et BOUTON l'allumage par pile et bobine d'induction avec trembleur et came à encoche pour un tricycle de 1 1/4 ch (1). Cet allumage, perfectionné et modifié par l'adjonction des trembleurs sur les bobines, fut adopté rapidement par tous les constructeurs.

L'emploi de la *magnéto* ne vint qu'ensuite, et les premiers essais eurent lieu avec l'allumage à basse tension, ou par rupteurs mécaniques, entre 1896 et 1900. C'est également à cette époque que le courant à basse tension produit par une magnéto fut envoyé dans une bobine séparée, pour donner un courant de voltage suffisamment élevé devant permettre d'obtenir une étincelle entre les pointes d'une bougie : c'était l'allumage à haute tension obtenu par une ***magnéto à transformateur séparé.***

Enfin M. BOUDEVILLE, en faisant tourner une bobine d'induction dans un champ magnétique, constata la présence d'un courant secondaire ; il fit breveter en 1900 un électro à deux enroulements de résistances très différentes et le dispositif produisant des ruptures sur l'enroulement de résistance moindre : c'est la magnéto à étincelles directes.

Les magnétos se divisent donc en deux classes :

1° Les ***magnétos à basse tension ou à rupteurs :*** le courant à basse tension fourni par la magnéto donne, au moment où les pièces en contact du rupteur s'écartent, une étincelle d'arrachement ou de rupture qui enflamme les gaz.

2° Les ***magnétos à haute tension ou à bougies.***

(1) *Album* NILMELIOR, 1908.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Celles-ci comprennent elles-mêmes deux subdivisions, le courant jaillissant dans chaque cas entre les pointes d'une bougie d'allumage :

Les magnétos à basse tension avec transformateur séparé ;

Les magnétos à étincelles directes.

Magnéto à basse tension Nilmélior. — Le principe de fonctionnement des magnétos est celui exposé à l'article (**61**) : quand un circuit fermé se déplace dans un champ magnétique de telle sorte que le flux qui le traverse soit variable, ce circuit devient le siège d'un courant induit temporaire, qui dure tant que la variation du flux subsiste elle-même.

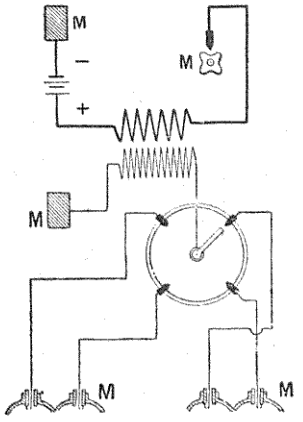


Fig. 315. — Schéma d'allumage d'un quatre-cylindres.

Dans les magnétos, le circuit est représenté par l'enroulement de l'induit, et le champ magnétique est créé par les aimants en fer à cheval (*fig.* 316).

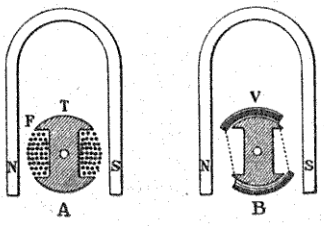


Fig. 316.

Figure A. — Schéma d'une bobine tournant entre les branches d'un aimant.

T, armature de la bobine; F, fil enroulé vu en coupe; N, S, pôles de l'aimant.

Figure B. — Schéma d'une magnéto Bosch à volet tournant V et induit fixe.

Le flux magnétique traversant une surface placée dans un champ magnétique est le produit de l'intensité du champ par la projection de la surface considérée sur un plan perpendiculaire à la direction du champ. La variation du flux est obtenue par la rotation (continue ou alternative) de l'induit, la surface projetée variant par suite de cette rotation; le flux atteint ainsi périodiquement une valeur maximum, et il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'annule d'autre part complètement entre deux périodes (*fig.* 317).

Il se produit par suite, dans l'induit de la magnéto, un courant alternatif de force électomotrice variable ; ce courant parcourt le circuit formé par l'induit de la magnéto (dont une des extrémités est à la masse), la canalisation de fil et les rupteurs mécaniques, et se referme à la masse par la

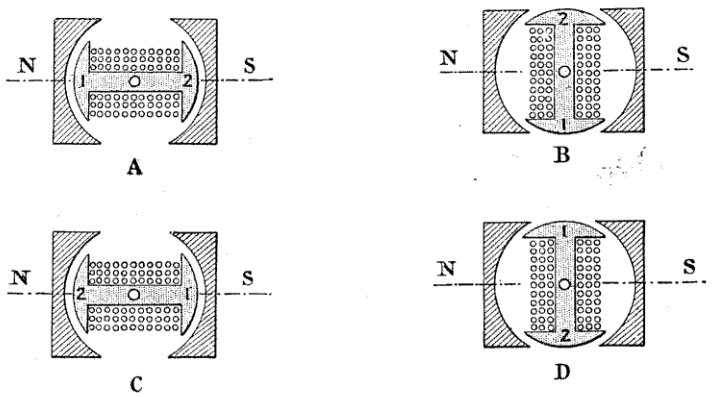


FIG. 317. — Positions diverses de la bobine d'induction d'une magnéto pour la production du courant primaire (*Pr Marchis*).

A, C, positions de la bobine pour lesquelles le fluide magnétique est maximum et le courant électrique minimum ; B, D, positions de fluide minimum et de courant maximum ; N, S, pôles de l'aimant.

pièce non isolée de ces rupteurs ; en rompant ce circuit au moment des maxima, les rupteurs donnent des étincelles d'arrachement qui servent à enflammer le gaz.

Dans les ***magnétos à haute tension*** ou magnétos à bougies NILMELIOR, le courant à basse tension, produit en faisant tourner l'induit dans le champ des aimants, est interrompu au moment convenable pour donner, par l'intermédiaire d'un transformateur utilisant les phénomènes d'induction, un courant à haute tension susceptible de produire une étincelle entre les pointes d'une bougie d'allumage.

Dans ce système d'allumage on a donc :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° La magnéto proprement dite, source d'énergie, comme ci-dessus ;

2° Le dispositif de rupture du courant primaire ;

3° Le transformateur, dans lequel se produisent les phénomènes d'induction ;

4° Le distributeur de courant secondaire aux cylindres.

Dans les magnétos avec transformateur séparé, le transformateur constitue une bougie à part ; ce système offre toutes les garanties de sécurité, car il ne se trouve sur l'induit de la ma-

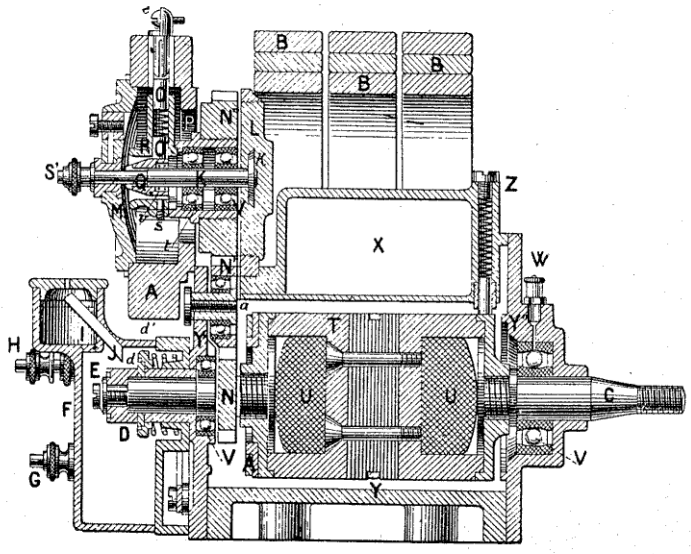


FIG. 318. — Magnéto *Nilmelior*.

A, distributeur de secondaire ; B, aimants ; C, arbre de commande ; D, came ; E, vis de came ; F, couvercle de l'allumage ; G, bouton fixant le couvercle ; H, borne de primaire ; I, graisseur ; K, axe du porte-charbon de secondaire ; N, N', N'', pignons ; S', bouton molleté fixant le couvercle du distributeur ; V, roulement à billes ; X, condensateur ; Y, socle ; Z, charbon de masse ; *e*, bornes de secondaire ; *d*, bague fixant l'avance ; *v*, montage à baïonnette fixant le pignon N'' ; *s*, ergot entraînant le porte-charbon de secondaire.

gnéto qu'un enroulement parcouru par un courant à basse tension, le courant secondaire ne prenant naissance que dans le transformateur séparé, c'est-à-dire dans un organe fixe où l'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dispose de toute la place voulue pour loger une quantité suffisante de fil, suffisamment isolé également.

Dans les magnétos à étincelles directes, le transformateur se trouve disposé sur l'induit même de la magnéto.

Un avantage des magnétos à bougies, c'est que le point d'allumage est rigoureusement identique dans tous les cylindres, les mêmes organes étant utilisés pour produire la rupture du courant primaire ; s'il y a une usure de platine ou un décalage quelconque, cette variation dans l'allumage est identique pour tous les cylindres, et la régularité de fonctionnement subsiste. Aussi ces magnétos sont-elles surtout employées pour les moteurs à quatre cylindres et plus.

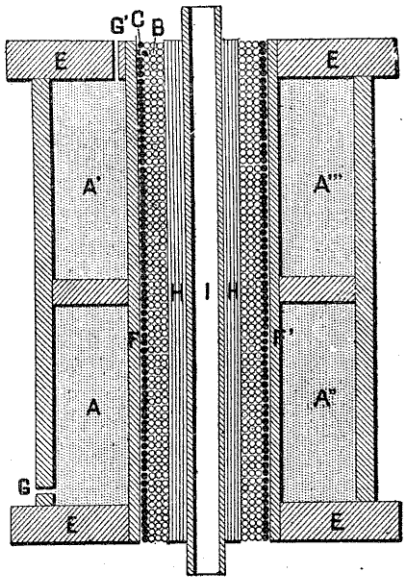


Fig. 319. — Transformateur ou bobine.

I, tube pour le refroidissement par l'air; H, fer doux; B, 1e inducteur; C, 2e inducteur; F, F', tubes isolants; E, joues de bobines; AA'A''A''', induit; G, G', sortie et entrée de l'induit.

La magnéto Nilmelior proprement dite comprend d'abord une carcasse formée par un socle Y (*fig.* 318) et deux flasques en bronze ; sur ces flasques sont fixées les pièces polaires, qui sont en fonte, et portent les trois aimants triples B. A l'intérieur des pièces polaires tourne une armature T, sur laquelle est un enroulement en gros fil V, dont une des extrémités est réunie à la masse et l'autre à un collecteur A ; sur ce dernier vient frotter un balai en charbon qui y recueille le courant primaire.

Le linguet *b* (*fig.* 320) et la came D du **dispositif de rupture**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du courant primaire assurent dans tous les cas le contact entre les deux masses de platine et permettent une rupture très brusque du circuit, condition essentielle pour avoir des phénomènes d'induction puissants, lesquels sont inversement proportionnels aux durées des ruptures.

Le **transformateur** est composé de deux inducteurs, dont l'un est directement relié à la masse et l'autre indirectement

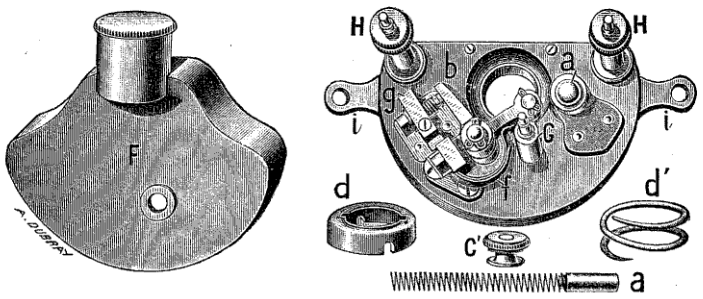


FIG. 320. — Dispositif de rupture.

F, carter; H, bornes de primaire; G, borne supportant le carter; *a*, charbon et borne de primaire; *b*, linguet; *f*, ressorts du linguet; *g*, support de la vis platinée; *d*, rondelle de fixation de la platine montée à baïonnette; *d'*, ressort du système D.

par l'intermédiaire du linguet et de la vis platinée. Le secondaire a une extrémité à la masse; l'autre extrémité est réunie à une borne munie d'un parafoudre pour empêcher les étincelles de sauter à l'intérieur du transformateur, si un fil de bougie vient accidentellement à se détacher.

Le **distributeur** de secondaire, en matière isolante, a uniquement pour but de répartir le courant successivement entre les divers cylindres.

Fonctionnement. — Le courant engendré dans l'induit se rend au disque de cuivre A qui lui est relié, et sur lequel frotte le charbon collecteur de primaire; il se dirige ensuite, en passant par un interrupteur spécial, à la bobine et il arrive aux deux inducteurs.

Il traverse d'une manière continue le premier inducteur, relié on l'a vu directement à la masse; pour le second, il ne le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traverse au contraire que lorsque le linguet vient en contact avec la vis platinée.

Au moment de la rupture, il se produit dans le premier inducteur une variation de flux due à l'extra-courant de rupture. La suppression du courant dans le second inducteur produit une autre variation de flux : ces deux variations de flux s'ajoutent et agissent sur le secondaire de la bobine.

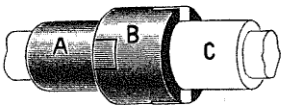


Fig. 321. — Joint d'Oldam.

D'autre part, la variation du flux du second inducteur produit également des phénomènes d'induction dans le premier, phénomènes qui en déterminent d'autres considérablement plus puissants dans le secondaire de la bobine : on peut ainsi considérer en quelque sorte le courant secondaire comme résultant d'une double transformation.

Avec ce dispositif de transformateur à deux inducteurs, on obtient un double allumage en ajoutant à l'installation une batterie d'accumulateurs de 4 v seulement, et dans ce cas on n'utilise qu'un des deux inducteurs du transformateur ; les modifications de connexions se font par la simple manœuvre de l'interrupteur.

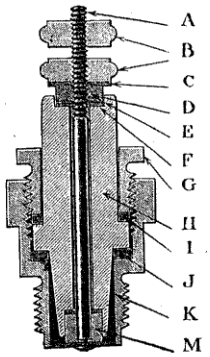


Fig. 322. — Coupe de la bougie Nilmelior.

A, tige de bougie ; B, écrou moleté ; C, rondelle laiton ; D, écrou à encoches ; E, rondelle acier ; F, rondelle amiante ; G, écrou de serrage ; H, porcelaine ; I, joint supérieur ; J, joint inférieur ; K, monture ; M, douille de tige.

L'entraînement de la magnéto se fait de préférence par double tournevis ou joint de Oldam (*fig.* 321), les engrenages et les chaînes ayant l'inconvénient d'exercer des efforts sur l'axe de l'induit. La pièce **A** se monte sur la magnéto et la pièce **C** sur l'arbre de commande.

La figure 322 représente la bougie Nilmelior.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

68. *Allumage double. Départ au contact.* — Le système de magnéto avec transformateur séparé à deux inducteurs permet, on l'a dit, d'avoir un allumage de secours au moyen d'accumulateurs (1), ce second allumage servant surtout pour la mise en roue du moteur.

Dans un moteur à quatre cylindres qu'on a arrêté en coupant l'allumage, on peut, avec ce second allumage, obtenir, après un court arrêt un départ au contact, si les cylindres contiennent encore du gaz, l'un des pistons se trouvant dans une position convenable. On peut aussi effectuer la mise en marche initiale, comme aussi après un arrêt quelconque, après avoir tourné le moteur à la main, mais sans mettre l'allumage, ce qui évite les accidents dus aux retours de manivelle (2).

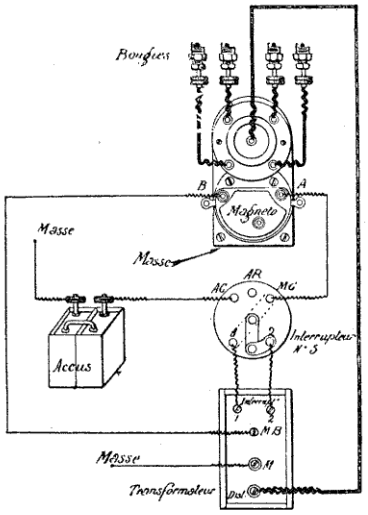


FIG. 323. — Allumage double *Nilmelior* avec départ au contact.

La figure 323 montre le montage de ce dernier dispositif; la borne de l'auto-trembleur marquée B est réunie à un point quelconque du fil allant de la borne marquée magnéto B, sur la bobine, à la borne B de la magnéto; et la borne marquée M de l'auto-trembleur est reliée à la masse. En second lieu, un index en laiton mince est soudé à l'extrémité du porte-charbon de secondaire, son orientation étant telle qu'il suive le porte-charbon et ne le précède pas. Cet index ne doit pas frotter sur le distributeur. Les pistons

(1) A la place d'accumulateurs, la maison de DION-BOUTON emploie une batterie de piles.

(2) *Album Nilmelior*, 1908.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'arrêtant au milieu de leur course, et par suite le charbon du distributeur se trouvant entre deux plots, cette opération a pour but de permettre à l'étincelle de sauter par disrupture au plot correspondant au cylindre susceptible de mettre le moteur en marche dans son sens normal de rotation.

Pour mettre en marche, il suffit de disposer l'interrupteur sur la position AC (accumulateurs) et appuyer sur le bouton de sonnerie; dès que le moteur est en marche, on relève vivement le doigt, la rupture du courant primaire se fait alors normalement par la came de la magnéto.

Réglage et calage de la magnéto. — 1° Pour la *vis platinée* (**67**), après avoir enlevé le couvercle d'allumage, il faut placer le bossage de la came sur le bec du linguet, la distance des grains de platine devant être de 6/10 de mm environ.

2° *Réglage du distributeur par rapport à la rupture.* — Si l'on a été amené à démonter la magnéto, on doit, après avoir replacé le porte-charbon du distributeur, amener le dispositif d'avance à l'allumage à la position du retard : en faisant tourner l'induit dans le sens indiqué par la flèche sur la flasque arrière, au moment où les deux grains de platine se séparent, le charbon du distributeur doit être au milieu du contact correspondant au cylindre prêt à allumer. S'il n'en est pas ainsi, il faut modifier la position du pignon dans le sens voulu pour obtenir ce résultat.

3° *Calage de la magnéto par rapport au moteur.* — Le dispositif d'avance étant à la position du retard, au moment où les platines se séparent, le piston du cylindre prêt à allumer doit être au point mort haut, ou de préférence à 3 ou 4 mm avant ce point mort. Cette avance varie d'ailleurs avec la course du piston, et elle peut atteindre jusqu'à 5, 6 et même 8 mm, en ayant soin de l'arrêter avant que le moteur n'arrive à cogner.

Causes d'arrêts dans le fonctionnement de la magnéto. — Dans le cas d'un mauvais allumage, on se rendra compte si le défaut provient de la magnéto ou des bougies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° *Si un seul cylindre ne donne pas*, il suffira en général de vérifier la bougie, et on aura à constater soit un court-circuit par encrassement, soit une distance trop grande entre les deux points de la bougie;

2° *Si les cylindres donnent irrégulièrement*, on vérifiera si tous les fils sont bien serrés sous leurs écrous, et en général on trouvera un mauvais contact qu'il suffira de rétablir.

Si le défaut de fonctionnement ne vient pas de ce côté, on vérifiera :

a) Si la vis platinée n'est pas trop éloignée du linguet;

b) Si l'intérieur du distributeur est propre;

c) Si les charbons de masse et de prise de courant ne sont pas encrassés.

3° *Si l'allumage s'arrête subitement*, c'est que :

a) Un fil peut se trouver rompu;

b) Par les trépidations, les fils partant des bornes A ou B sont arrivés à toucher le couvercle d'allumage;

c) L'interrupteur servant à arrêter le moteur peut avoir un mauvais contact intérieur.

Si, après ces vérifications, on ne trouve pas la cause de l'arrêt, il est préférable de faire examiner la magnéto chez le constructeur. Pour éviter les avaries, on doit protéger la magnéto contre la boue et la poussière par une enveloppe en bronze, en aluminium ou en cuir.

Pièces de rechange. — On doit toujours posséder les pièces de rechange ci-après :

Un linguet platiné, un ressort de linguet, une vis platinée, un écrou de chaque sorte, un charbon de chaque sorte également.

69. *Magnéto à bougies Simms-Bosch.* — L'allumage du mélange gazeux est provoqué par une étincelle (arc voltaïque) qui jaillit entre les électrodes d'une bougie : c'est donc une magnéto à haute tension. Le courant à haute tension est produit directement dans l'armature rotative, sans l'utilisation d'aucune bobine d'induction ou d'un transformateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A chaque tour de l'armature, il y a production de deux étincelles, qui sont distribuées aux différents cylindres par l'intermédiaire d'un distributeur à haute tension monté sur l'appareil. La variation du moment d'allumage s'obtient sur la magnéto elle-même par le déplacement d'un levier d'avance dont les galets en fibre provoquent la rupture du courant primaire ; par le déplacement de ce levier, la rupture est produite plus tôt ou plus tard, selon le cas.

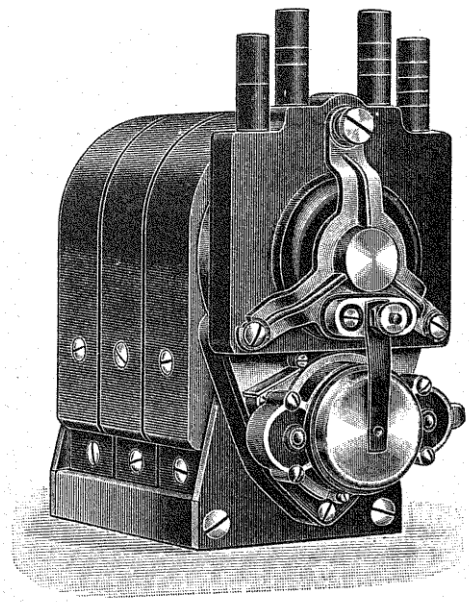


Fig. 324. — Magnéto à bougies Simms-Bosch, type « D4 ».

Production du courant. — Une armature en double **T** (*fig.* 325-326) tourne dans un champ magnétique puissant produit par trois aimants permanents (*fig.* 324) ; cette rotation provoque dans le bobinage de l'armature un courant alternatif dont l'intensité est maximum deux fois par tour pour deux positions espacées entre elles de 180° (*fig.* 317) : on peut donc aussi avoir une étincelle à chaque demi-tour de l'armature.

Le bobinage qui entoure le noyau de l'armature est divisé en deux enroulements, dont l'un, composé d'un petit nombre de tours de gros fil, est appelé, on l'a déjà vu, enroulement primaire, et l'autre, composé d'un grand nombre de tours de fil fin, enroulement secondaire.

La tension du courant produit par la rotation de l'induit est augmentée en mettant le primaire en court-circuit au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moyen d'un rupteur et en le rompant à un moment donné, ce qui produit une étincelle qui jaillit à la bougie et provoque l'explosion.

Vitesse d'entraînement. — Comme l'étincelle ne peut être produite que dans une position déterminée de l'armature, et

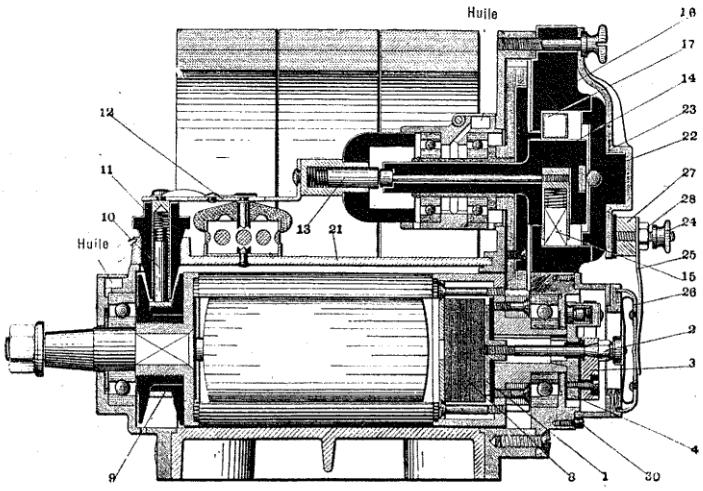


FIG. 325. — Coupe longitudinale.

1, plaque isolée; 2, vis de serrage; 3, contact isolé; 4, disque de rupture; 5, vis platinée (longue); 6, ressort de rupture; 7, levier de rupture; 8, condensateur; 9, bague isolée; 10, balai en charbon; 11, porte-balai; 12, barrette conductrice; 13, balai central; 14, porte-balai rotatif; 15, balai rectangulaire; 16, plaque du distributeur; 17, segment du distributeur; 18, fiche de contact; 19, galet en fibre; 20, levier d'avance; 21, couvercle; 22, couvercle en ébonite; 23, étrier de serrage; 24, écrou pour fil de masse; 25, ressort de serrage; 26, couvercle isolé; 27, borne primaire; 28, goujon; 29, vis platinée (courte); 30, vis d'arrêt.

que l'allumage doit se produire à un moment précis de la course du piston, il est nécessaire que l'armature soit commandée rigidement par le moteur.

Le rapport de la vitesse de l'arbre de la magnéto à celle de l'arbre du moteur dépend du nombre de cylindres à allumer : la magnéto D4 pour moteurs à 4 cylindres (où on a deux explosions par tour) doit tourner à la vitesse du moteur, la magnéto D6 pour moteurs à 6 cylindres à une fois et demie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette vitesse, et la magnéto D3 pour moteurs à 3 cylindres aux 3/4 de la vitesse du moteur.

Enroulement primaire. — Le départ de cet enroulement est relié au noyau de l'armature, et l'autre extrémité à la plaque de cuivre 1 (*fig* 325) ; le milieu de cette plaque est taraudé et sert d'écrou à la vis 2, qui maintient le dispositif de rupture et amène le courant au contact 3. La vis 2 et le contact 3 sont isolés électriquement du plateau de rupture 4, qui est relié au corps de l'armature, c'est-à-dire à la masse. Dans le contact isolé 3 est fixée la vis platinée 5 ; contre cette vis s'appuie, pressée par le ressort 6, une seconde vis platinée 29, fixée au levier de rupture 7, qui est relié à la masse.

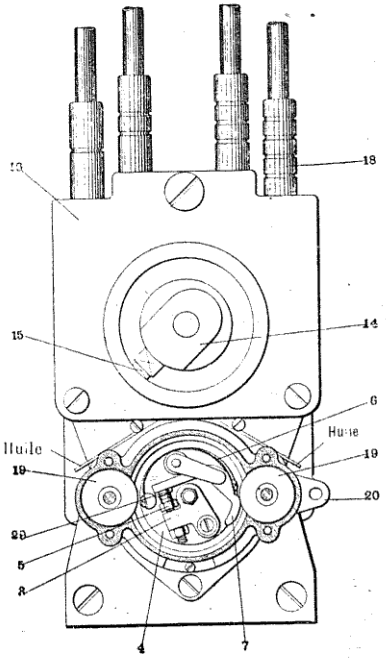


FIG. 326. — Vue arrière.

L'enroulement primaire est fermé (en court-circuit) aussi longtemps que la vis 29 du levier 7 s'appuie contre la vis platinée 5 ; cet enroulement est ouvert dès que le levier 7 est basculé par l'un des galets 19. Les deux pôles du condensateur 8 se trouvent reliés respectivement à chacune des vis platinées.

Enroulement secondaire. — Le départ de cet enroulement est relié à l'extrémité isolée de l'enroulement primaire, et la fin à la bague 9. Le balai en charbon 10 est pressé par un ressort contre cette bague et isolé de la masse par le porte-balai 11 ; sur cette dernière pièce est fixée une barrette con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ductrice **12** qui maintient en même temps le parafoudre. Le balai central **13** est pressé contre le porte-balai rotatif **14** par le balai en charbon **15**, qui distribue le courant aux différents segments **17**, noyés dans la plaque du distributeur **16**.

Les segments **17** sont au nombre de trois pour le type D3, de quatre pour le type D4 et de six pour le type D6, c'est-à-dire qu'ils correspondent au nombre de cylindres du moteur.

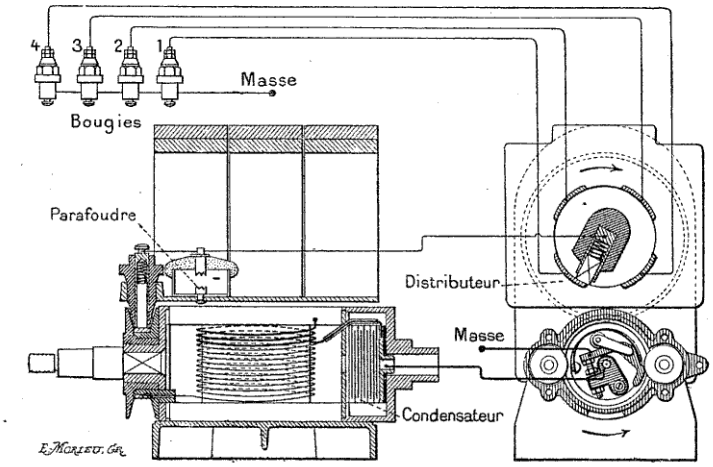


FIG. 327. — Schéma des connexions.

Par sa rotation, le balai rotatif **15** vient successivement en contact avec les différents segments pour leur distribuer le courant secondaire. Chaque segment est relié à une douille en laiton noyée dans la masse isolante ; chaque douille reçoit une fiche **18** fixée à l'extrémité du câble de la bougie.

De l'extrémité de l'enroulement secondaire, le courant à haute tension est conduit successivement, par l'intermédiaire des pièces ci-dessus, aux bougies des différents cylindres ; il y produit une étincelle qui provoque l'explosion, et le courant revient par la masse du moteur et de l'armature dans l'enroulement primaire, qui le ramène au départ de l'enroulement secondaire. Le schéma complet des circuits est repré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

senté figure 327. — Le fil des bobines demande un bon isolement ; il est guipé en soie ou en coton, les couches sont séparées par des feuilles de papier mince, enfin le tout est entouré de toile isolante.

Distributeur de courant. — Le disque qui entraîne le porte-balai rotatif **14** est commandé par deux pignons, calculés de telle façon que ce porte-balai se trouve toujours entraîné dans les différents types à la vitesse de l'arbre à cames.

Dispositif de rupture. — Il est fixé par la vis de serrage **2** sur l'arbre arrière de l'armature, avec lequel il tourne. Le levier **7** est basculé deux fois par tour par les deux galets en fibre **19** qui sont maintenus dans le levier d'avance **20**. Aussi longtemps que le levier **7** est appliqué contre la vis **5**, le courant primaire est en court-circuit ; lorsque le levier **7** est basculé par un des galets **19**, le circuit primaire est rompu et l'allumage se produit. L'écartement des vis platinées ne doit pas dépasser 1/2 mm.

Arrêt de l'allumage. Parafoudre. — La magnéto peut être retirée du service en mettant le primaire en court-circuit ; on relie pour cela par un fil isolé l'écrou **24** à un interrupteur dont la deuxième borne est mise à la masse : si l'on ferme l'interrupteur, le primaire est mis en court-circuit et l'effet du rupteur est supprimé.

Un parafoudre est monté sur le couvercle **21** pour protéger l'isolement de l'armature et des parties conductrices de l'appareil contre des tensions trop élevées ; le courant à haute tension se décharge dans ce parafoudre lorsque les connexions des bougies sont rompues ou que l'écartement des électrodes des bougies est trop grand.

Si le moteur est pourvu d'un deuxième dispositif d'allumage fonctionnant, au moyen d'un commutateur à haute tension, avec les mêmes bougies que la magnéto, il faut, lorsque ce deuxième allumage fonctionne, mettre la magnéto en court-circuit de la façon indiquée plus haut, sans cela les étincelles jailliraient d'une façon continue au parafoudre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Variation du moment d'allumage. — Cette variation s'obtient en rompant plus tôt ou plus tard le circuit primaire ; à cet effet, le levier d'avance **20** peut pivoter d'environ 40° sur l'axe de l'appareil : cet angle correspond sur l'arbre du moteur à un décalage d'environ 50° dans les moteurs à 3 cylindres, de 40° dans ceux à 4 cylindres, et de 27° dans ceux à 6 cylindres.

Il est bon de donner assez d'avance à l'allumage lors de la mise en marche, car les magnétos donnent une meilleure étin-

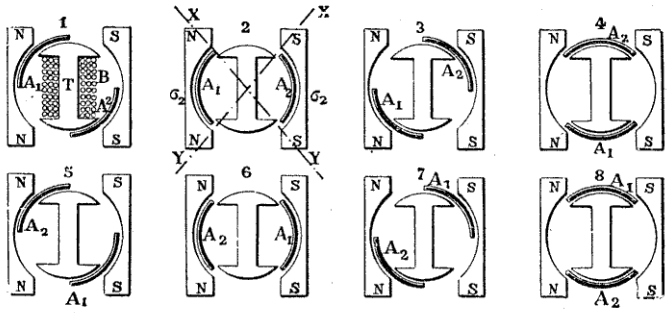


FIG. 328. — Schéma des positions du volet de fer doux dans une magnéto à volet *Simms-Bosch*, au moment de la production des maxima et des minima du courant électrique (*Pr Marchis*).

1, 3, 5, 7, positions du volet pour lesquelles le fluide magnétique est maximum et le courant électrique nul ; 2, 4, 6, 8, positions de fluide nul et de courant maximum.

celle avec de l'avance qu'avec du retard lorsqu'elles tournent à faible vitesse. Il faut aussi tenir compte que les magnétos à bougies ne nécessitent pas autant de variations du moment d'allumage que les magnétos à rupture ou que l'allumage par accumulateurs et bobines ; cela est dû à ce que l'allumage par magnétos à bougies se produit avec beaucoup d'exactitude, tandis que les autres allumages donnent un assez fort décalage.

La figure 328 montre les variations de flux et de courant dans une magnéto Simms-Bosch à *volet* suivant les différentes positions de ce dernier.

70. *Bougie à haute tension Simms-Bosch.* — Dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie supérieure à alésage cylindrique de l'écrou **1** (*fig.* 329),

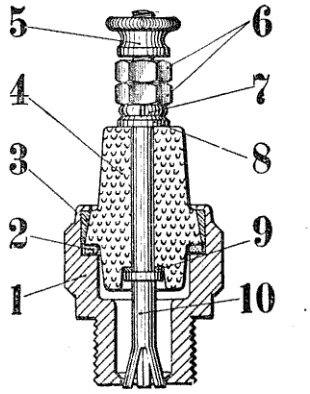


FIG. 329. — Bougie à haute tension Simms-Bosch.

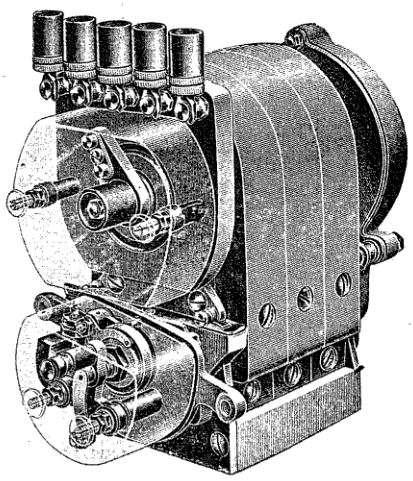


FIG. 330. — Magnéto Eisemann.

se trouve un cône en stéatite **4**, dont l'étanchéité est assurée par deux joints **2** et **3**. Les autres parties de la bougie sont la tige **10**, la rondelle **8**, la rondelle fendue (Grower) **7**, les écrous **6** et l'écrou moleté **5**. L'écartement entre les pointes et le corps de la bougie doit être de 4/10 de mm; avec un écartement dépassant 1/2 mm, l'étincelle irait au parafoudre de la magnéto.

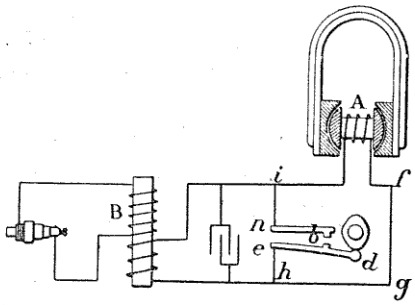


FIG. 331. — Magnéto d'allumage Eisemann.

71. *Magnéto Eisemann.* (*fig.* 330). — Dans ce dispositif (*fig.* 331), la magnéto se trouve éloignée de la bobine qui transforme le courant primaire ; ce courant de basse tension

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est envoyé dans un transformateur B, d'où il sort à l'état de courant de haute tension pour se rendre au distributeur d'allumage.

L'inducteur est toujours un aimant permanent portant à sa partie inférieure deux masses polaires entre lesquelles se déplace l'armature A; sur cette armature est enroulé un fil de gros diamètre dans lequel prend naissance le courant de basse tension.

Ce courant a une faible f. é. m. lorsque le levier *ebd* est

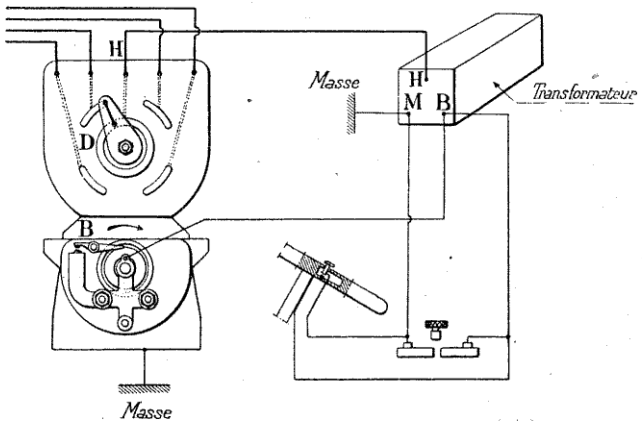


FIG. 332. — Allumage des quatre-cylindres P. L.

en contact en *b* avec la pièce *nb*, par suite de la position horizontale des bossages de la came C, car il reste dans le circuit A*fghbi*; au contraire, la f. é. m. devient maximum lorsque l'induit occupe la position de la figure 331. A ce moment, la came est venue faire pivoter le levier *de* en produisant la rupture du circuit ci-dessus en *b* : le courant de basse tension engendré dans l'induit A se rend alors dans le circuit primaire de la bobine B, où il engendre dans le secondaire un courant de haute tension que le distributeur d'allumage envoie aussitôt aux bougies des cylindres; la figure 332 montre une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

application de cette magnéto à l'allumage simple d'un moteur à quatre cylindres.

72. La figure 333, qui se rapporte à un ***allumage double*** système Eisemann-Panhard-Levassor, montre ce distributeur en D.

Le double allumage est également employé par la firme Simms-Bosch au moyen d'une magnéto et d'accumulateurs. Le trembleur n'y est mis en action qu'au moment de la mise

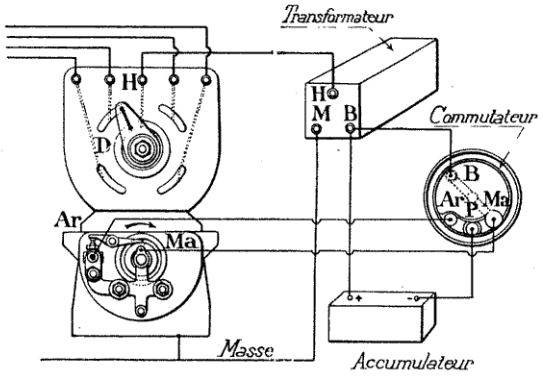


Fig. 333. — Allumage double Eisemann P. L.

en marche au bouton, effectuée du siège lorsque les cylindres contiennent du gaz, contrairement à ce qui a lieu dans l'allumage ordinaire par accus, dans lequel le trembleur de la bobine fonctionne continuellement. Pendant la marche normale, le trembleur est mis hors circuit, et l'allumage est commandé mécaniquement par la magnéto. De cette façon, le décalage du moment de l'allumage est évité.

Les étincelles de l'allumage par accus sont produites, comme dans les magnétos, par une bobine qui a la forme d'une armature en **I**, et elles sont sensiblenent aussi fortes et aussi chaudes que celles de ces magnétos ; le rendement du moteur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reste ainsi le même, qu'on fasse l'allumage par la magnéto ou par la bobine.

Le distributeur de la magnéto est également utilisé pour le courant de la bobine ; il en est de même pour le commutateur, cet appareil étant accouplé directement à la bobine : tous les fils entre le commutateur et la bobine sont ainsi supprimés.

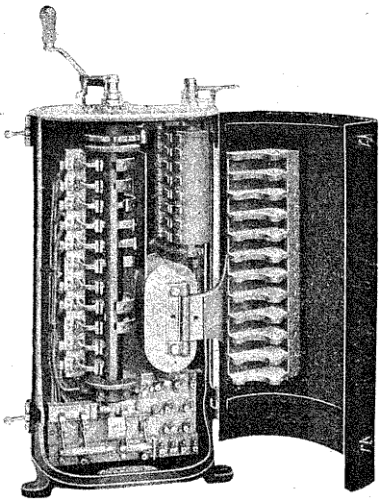


Fig. 334. — Contrôleur TH-K10.

73. *Régulateur de marche, contrôleur ou coupleur* (1). — Les moteurs des véhicules électriques sont mis en communication avec les accumulateurs ou la ligne électrique au moyen du coupleur. Cet appareil se compose en principe de supports fixes et de cylindres mobiles, en matière isolante (stabilite, fibre), munis les uns et les autres de contacts métalliques mâles et femelles, ou de balais et de segments (*fig.* 334), reliés par des connexions convenables, d'une part à la source d'électricité, d'autre part aux moteurs.

En manœuvrant les cylindres, les contacts dont ils sont munis viennent jeter des ponts entre les touches fixes reliées aux résistances, pôles des moteurs, ou shunts d'inducteurs, et réaliser ainsi les connexions nécessaires à la marche du véhicule.

Dans les véhicules à un seul moteur, le coupleur est du type dit *rhéostatique*, c'est-à-dire à régulation par résistances.

Dans les véhicules munis de deux moteurs, il est habituellement du type dénommé *série-parallèle*, qui permet de mettre

(1) Nous emploierons indifféremment l'un ou l'autre de ces termes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les moteurs dans le circuit suivant l'un ou l'autre de ces groupements, et avec ou sans intercalation de résistances, de manière à obtenir l'effort moteur nécessaire et une augmentation régulière de la vitesse. La méthode Thomson-Houston consiste à passer progressivement des connexions séries aux connexions parallèles des moteurs, en séparant l'un des moteurs du circuit en série et en le connectant en parallèle avec l'autre, ce qui permet d'obtenir la vitesse correspondante aux connexions parallèles sans choc, sans arc et sans interruption ou réduction de la vitesse pendant l'opération (1).

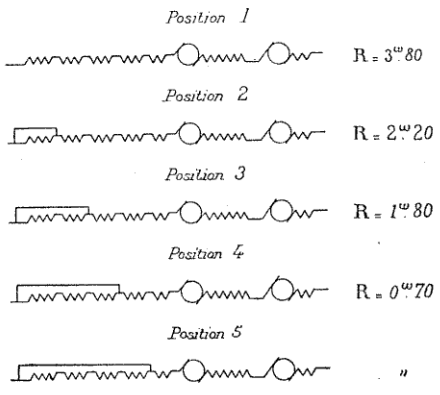


FIG. 335. — Couplage des moteurs.

Les coupleurs comportent ainsi jusqu'à douze combinaisons, dont cinq pour la marche en série, quatre pour la marche en parallèle, et les trois autres pour la marche intermédiaire avec un seul moteur, avec shuntage ou mise en court-circuit de l'un des moteurs quand on change le couplage de série en parallèle. Au démarrage, les deux moteurs sont couplés en série avec toutes les résistances, qu'on enlève successivement, d'une façon lente, mais franche et continue, du circuit, de manière à obtenir une accélération bien régulière. Ces résistances, pour quatre plots, peuvent être, par exemple, de 2,05 ohms ou 3,80 ohms sur le premier, 1,90-2,20 sur le second, 1,70 sur le troisième et 1,50-0,70 sur le quatrième. Le passage de la marche en série à la marche en parallèle doit se faire rapidement, afin qu'il ne se produise pas de ralentissement dans

(1) *Bulletin* n° 137 *Thomson-Houston*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'allure du véhicule; on continue ensuite à faire mouvoir la manette d'une façon progressive. La durée totale de la manœuvre doit être environ de 12 à 15 secondes.

Pour couper le courant, il faut ramener vivement la poignée du coupleur à zéro afin d'éviter la formation d'arcs susceptibles de brûler les contacts, en faisant attention de ne pas dépasser ce point et de ne pas gagner la position de freinage.

Ce système de coupleur est très judicieusement conçu : la

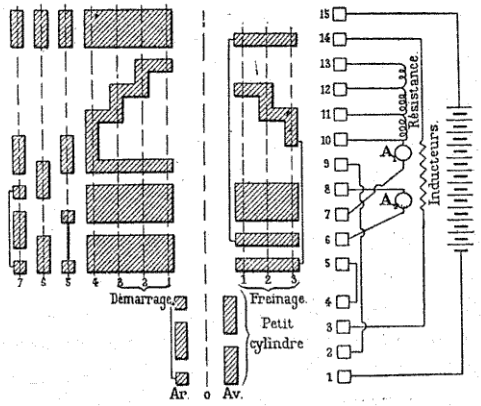


Fig. 336. — Combinateur B. G. S.

marche en série donne en effet avec un faible débit un couple moteur élevé, c'est-à-dire un grand effort, qui convient bien pour les démarrages; la f. c. é. m. est diminuée de moitié environ dans la marche en parallèle, qui permet ainsi l'obtention d'un grand débit et d'une vitesse élevée.

Le changement de marche et le freinage électrique peuvent être obtenus aussi par la manœuvre du coupleur; des coupe-circuits : plombs fusibles, interrupteurs à main ou automatiques, sont intercalés dans le circuit pour isoler le coupleur de la source et en permettre la visite, ou protéger les moteurs contre un débit trop élevé qui pourrait les détériorer.

La figure 336 (1) représente le développement d'un coupleur

(1) *Portefeuille économique des machines*, octobre 1901.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de véhicule sur route B. G. S. (Bouquet-Garcin-Schyvre) ; cette figure permet, en transportant par la pensée (1) la rangée des doigts fixes ou balais 1, 2, 3, ..., 15 (reliés comme il est indiqué aux bornes de batterie, de l'enroulement induc-

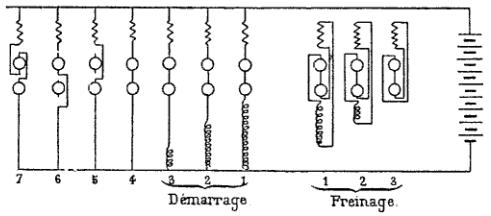


Fig. 337. — Combinaisons réalisées par le coupleur B. G. S.

teur, des induits et des résistances de démarrage), suivant les diverses lignes verticales 1, 2, 3, ..., 7 des plots du cylindre inverseur et du cylindre de marche, de se rendre compte des connexions réalisées par le coupleur dans les différentes phases de marche ou de freinage. Ces connexions sont représentées sur la figure 337 et indiquées dans le tableau suivant :

LIGNES des PLOTS	BATTERIE	RÉSISTANCES	INDUCTEURS	INDUITS
Freinage :				
3	Hors circuit	Hors circuit	En série	En tension, inversés
2	—	1 résist. en circuit	—	—
1	—	2 — —	—	—
Démarrage :				
1	En tension	3 — —	—	En tension
2	—	2 — —	—	—
3	—	1 — —	—	—
Vitesse :				
4	—	Hors circuit	—	—
5	—	—	—	A_1 en circuit A_2 hors circuit
6	—	—	—	A_1 hors circuit A_2 en circuit
7	—	—	—	A_1 en circuit A_2 inversé

(1) Ou mieux, les balais 1 à 15 étant reportés sur une bande mobile en papier calque, on vient poser cette bande successivement sur les lignes 1, 2. 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 334 se rapporte à un coupleur Thomson-Houston K-10, du type dit série-parallèle à soufflage magnétique basé sur l'action des courants sur les courants, et permettant l'extinction instantanée des arcs qui se produisent lors des ruptures de circuits. Ce contrôleur est établi pour deux moteurs de 35 chx; il comporte cinq positions, dont quatre avec résistances pour la marche en série, et quatre positions, dont trois avec résistances pour la marche en parallèle.

74. *Réglage de la vitesse.* — Suivant certaines circonstances d'établissement, et principalement suivant le poids des véhicules, on peut employer un seul moteur ou bien deux moteurs dans les véhicules électromobiles sur routes et les tramways; dans les locomotives et les automotrices de chemins de fer, on utilise deux ou quatre moteurs. Dans les véhicules sur routes, l'emploi de deux moteurs attaquant chacun une roue permet de supprimer le différentiel et d'obtenir ainsi une diminution d'entretien et une augmentation de rendement. L'emploi de plusieurs moteurs facilite aussi l'obtention d'une gamme plus étendue des vitesses, et permet en même temps une marche plus économique et plus rationnelle par le couplage des moteurs en tension ou bien en quantité, rendu possible au moyen du contrôleur série-parallèle.

On possède différents moyens de faire varier la vitesse de rotation de l'induit : en modifiant la tension d'alimentation, la résistance du circuit, l'excitation ou encore le nombre de conducteurs actifs placés sur l'induit. En pratique, ces quatre méthodes donnent lieu aux procédés suivants (1).

A. **Variation de la tension d'alimentation :**

a) *Par couplage des batteries d'accumulateurs en parallèle ou en tension.* — Ce procédé, qui peut avoir l'inconvénient, lors du couplage en parallèle, de faire travailler certains éléments plus que d'autres, par suite d'une inégalité possible

(1) *Portefeuille économique des machines*, septembre 1901.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans la résistance des éléments, n'est employé que dans les véhicules sur routes et seulement pour opérer les démarrages.

b) *Par couplage des induits des moteurs en tension ou en parallèle.* — Cette méthode s'emploie lorsque le véhicule est muni de deux moteurs, ou d'un moteur avec double induit. Lorsque les induits sont couplés en tension, le voltage aux bornes des moteurs est à peu près la moitié du voltage de la batterie, tandis que, dans le couplage en parallèle, ce voltage est sensiblement égal à celui de la batterie.

B. **Variation de la résistance du circuit :**

c) *Par l'emploi d'un rhéostat de démarrage*, permettant d'intercaler dans le circuit du moteur une résistance que l'on diminue progressivement pour accélérer l'allure du véhicule. Cette résistance absorbe une certaine fraction de l'énergie fournie par les accumulateurs ou par la ligne électrique, énergie qui se trouve transformée inutilement en chaleur, — sauf lorsqu'on emploie cette dernière à chauffer l'intérieur du véhicule.

d) *Par le couplage, soit en tension, soit en parallèle des bobines inductrices lorsque le moteur est excité en série.* — Dans le couplage en parallèle des bobines, la résistance du circuit est moindre que dans le couplage en série, et par suite la vitesse du moteur augmente.

C. **Variation du flux inducteur :**

e) *Par shuntage des bobines inductrices.* — Si l'on considère un moteur excité en série par deux bobines inductrices et que l'on mette l'une des bobines en court-circuit, il ne passera presque plus de courant dans cette bobine et par conséquent le flux inducteur sera diminué de près de moitié : le moteur tournera donc plus vite. On peut remarquer que sa vitesse augmentera également pour une autre cause : parce que la résistance du circuit sera diminuée (procédés *c* et *d*).

f) *Par suppression de l'une ou l'autre excitation dans les moteurs à excitation compound.* — Si on supprime l'excitation en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

série d'un moteur compound, l'induit tourne plus vite qu'avec les deux excitations combinées, parce que le flux inducteur diminue ainsi que la résistance du circuit ; si c'est l'excitation en dérivation que l'on supprime, l'induit prend une troisième vitesse. On emploie les deux excitations combinées pour les démarrages, de façon à obtenir un couple moteur puissant ; on se sert le plus souvent de l'excitation en série seule pour les grandes vitesses ; enfin l'excitation en dérivation, employée seule, permet aux moteurs de fonctionner comme génératrices sur les pentes un peu fortes, en utilisant ainsi la partie disponible de la puissance vive du véhicule pour recharger les accumulateurs, au lieu de détruire cette puissance par les freins. Ce mode de récupération, très en faveur il y a quelques années, est à la vérité presque totalement abandonné aujourd'hui.

D. **Variation du nombre de conducteurs actifs de l'induit.** — Ce procédé est applicable aux moteurs munis d'un induit à double enroulement *inégal*, avec double collecteur. Si l'on considère, par exemple, un moteur dont l'induit porte 90 conducteurs, dont 50 faisant partie d'un premier enroulement indépendant avec un collecteur propre, et 40 faisant partie d'un autre enroulement avec un second collecteur ; si l'on couple les deux induits en série, on a un moteur à 90 conducteurs, et si l'on supprime le courant dans l'un ou l'autre des deux enroulements, on obtient un moteur soit à 50, soit à 40 conducteurs : on réalise ainsi trois vitesses distinctes. Si enfin on met l'induit à 40 conducteurs à la suite du premier à 50, en *inversant* ses bornes, le courant y change de sens et par suite l'action de cet induit est opposée à celle du premier, et le moteur se comporte comme s'il n'avait que $50 - 40 = 10$ conducteurs actifs. On obtient ainsi une quatrième vitesse.

Le coupleur permet d'obtenir aussi la marche arrière du véhicule au moyen de l'***inverseur*** (*fig.* 334), qui est un second tambour, mobile également dans un cylindre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

creux pourvu de contacts fixes à ressorts reliés aux inducteurs, et sur lesquels viennent frotter les touches du tambour pour changer les connexions des inducteurs et produire un mouvement de sens inverse de l'induit ; un système d'enclenchement ne permet de manœuvrer l'inverseur que quand la grande manette du coupleur est au zéro.

L'ensemble des deux cylindres et de leurs manettes permet encore de réaliser le *freinage électrique* du véhicule par les moteurs.

75. *Freinage électrique.* — Le freinage électrique peut être réalisé de plusieurs façons.

Dans le mode de freinage par *renversement du sens de la marche des moteurs*, ceux-ci fonctionnent en génératrices, et le courant engendré est envoyé dans la ligne ou la batterie d'accumulateurs ; ce procédé ne doit être employé que pour éviter un accident et dans le cas où les autres freins seraient hors de service ou en mauvais état. Certains mécaniciens insouciants ou distraits, n'ayant pas la main sur le robinet de manœuvre du frein à air ou sur la poignée de manivelle du frein à main, l'emploient parfois lorsqu'ils se sont laissés surprendre : ils risquent d'occasionner un nouvel accident, car, dès que la voiture est arrêtée, elle peut repartir immédiatement en arrière très rapidement si le frein à sabots n'a pu être serré dans l'intervalle ou si la marche n'a été de nouveau inversée et le courant coupé. Le courant engendré dans la marche inverse est en outre très intense et peut détériorer les moteurs. Aussi les mécaniciens soigneux ne font-ils jamais usage de ce mode de freinage.

Dans le *freinage par mise en court-circuit*, les moteurs sont isolés de la source d'alimentation et fermés sur eux-mêmes ; entraînés par les essieux, ils travaillent alors en génératrices sur des résistances, qu'ils échauffent, ou sur les inducteurs dont ils augmentent en même temps l'excitation. Le mouvement de la voiture se ralentit rapidement ainsi, lorsque ce procédé est em-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ployé avec une vitesse de marche élevée ; dans le cas d'envoi du courant dans des résistances, ce ralentissement cesse lorsque la voiture n'a plus qu'une faible vitesse, et l'arrêt complet doit être obtenu avec le frein à sabots ; au contraire, si le courant engendré est envoyé dans les inducteurs, l'excitation qui en résulte permet aux moteurs de travailler en génératrices jusqu'à l'arrêt, lequel s'obtient ainsi totalement et rapidement, à quelque vitesse que l'on freine.

Ce procédé est de beaucoup préférable au précédent, toutefois les induits tendent encore à se détériorer, et il ne doit

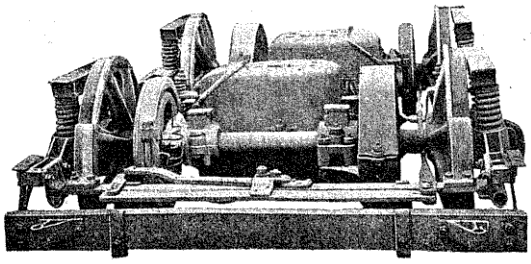


Fig. 338. — Frein magnétique T. H.

être employé que comme frein de secours, et non comme moyen normal d'arrêt. Cependant la Compagnie Thomson-Houston en fait un usage habituel, avec réglage par des résistances, sur ses voitures de poids moyen en service sur des lignes accidentées, en renforçant l'action du freinage par l'adjonction de disques électro-magnétiques (*fig.* 338), qui augmentent beaucoup la puissance du ralentissement tout en ménageant les moteurs. Ces disques, boulonnés sur les essieux, sont frôlés légèrement en marche normale par les pôles d'un électro-aimant monté sur le châssis : dans le cas de freinage électrique, une partie du courant engendré dans les moteurs est envoyé dans les électros, qui viennent alors s'appliquer énergiquement contre les disques, en produisant, avec les cou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rants de Foucault (1) qui prennent naissance dans ces derniers, un ralentissement très rapide de la voiture. Une disposition spéciale empêche en outre les roues de s'enrayer par une action trop intense du courant, ce dernier cessant instantanément à la première manifestation de calage. Ce système de freinage exige l'emploi d'un contrôleur spécial.

Pour les voitures lourdes, ou faisant de la remorque, on emploie, en plus du frein à main dont sont réglementairement munies toutes les automotrices, un frein à air comprimé (Soulerin, Westinghouse ou autre), dont la pompe de compression peut être actionnée, soit par le moyen d'un excentrique monté sur l'un des essieux, soit par un compresseur électrique à arrêt et remise en marche automatique sous l'influence d'un régulateur de pression électrique à commande pneumatique. Dans ce dernier cas, la puissance du compresseur est calculée pour qu'il ait à fonctionner tout au plus la moitié du temps, avec des arrêts très rapprochés, de manière que le moteur électrique puisse se refroidir chaque fois dans l'intervalle de deux périodes de marche.

76. *Équipement ou appareillage électrique.* — Les autres organes, appareils, ou dispositifs employés sur les véhicules électriques sont les rhéostats, les coupe-circuits fusibles, les interrupteurs à main ou automatiques (disjoncteurs), les résistances, les appareils de prise de courant : trolleys avec leur perche, charrues, frotteurs, etc.

Les ***rhéostats*** sont des résistances réglables qu'on intercale dans les circuits pour régler la tension ou l'intensité du courant. Les *rhéostats de réglage* du courant d'excitation ou de champ (*fig.* 339) permettent, dans les moteurs en dérivation ou à excitation séparée, d'augmenter ou de diminuer la

(1) Les conducteurs et les masses conductrices que comprend tout appareil électrique sont le siège de courants parasites dus à des effets d'induction provenant de variation de flux, et qui se manifestent sous forme de chaleur. Ce sont ces courants qui sont appelés *courants de Foucault*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résistance intercalée dans le circuit de l'enroulement, de manière à faire varier, suivant les besoins de la marche, l'excitation et par suite la vitesse des moteurs. En général, un accroissement de vitesse correspond à une diminution de l'excitation.

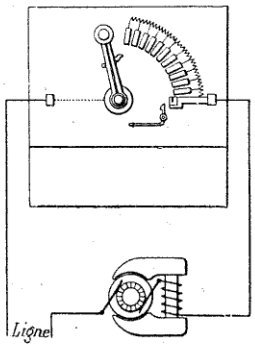
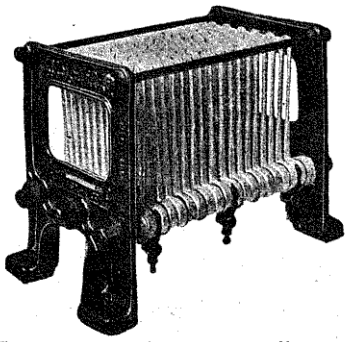


FIG. 339. — Démarreur pour moteur série.

Les ***résistances*** sont formées de bandes minces (*fig.* 340) en fonte, en fer, en ferro-nickel, ou de fils fins de maillechort enroulés en hélice, fixés sur un cadre isolé ; les corps des bandes et lames sont également soigneusement isolés entre eux par des rondelles en porcelaine, et les boudins en maillechort sont suffisamment espacés pour qu'ils ne puissent venir en contact entre eux ou avec le cadre, et produire un court-circuit lorsqu'ils s'allongent sous l'influence de l'élévation de température qu'y produit le passage du courant.


FIG. 340. — Résistances métalliques.

Les fils sont reliés bout à bout pour former un circuit continu ; les points intermédiaires sont en connexion avec les plots d'un commutateur, de manière à permettre de faire varier le nombre d'éléments à mettre dans le circuit. Les éléments peuvent être également montés et couplés en dérivation en nombre variable. Au début de l'envoi du courant dans un moteur, par exemple, alors qu'aucune f. c. é. m. n'a commencé à s'y développer, on lui fait parcourir tous les éléments du rhéostat, ce qui diminue considérablement son intensité et sa f. é. m. ; on évite ainsi un échauffement excessif de l'induit,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et des inducteurs qui pourrait détériorer l'isolant et créer des courts-circuits entre les spires. On retire ensuite successivement les diverses résistances du circuit, dès que le moteur commence à tourner et qu'il prend de la vitesse, la f. c. é. m. réduisant naturellement alors l'intensité du courant dans l'induit.

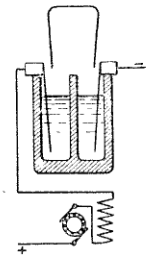


Fig. 341. Rhéostat à liquide.

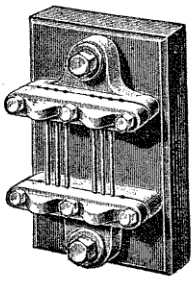


Fig. 342. Coupe-circuit à fil.

Les rhéostats peuvent être aussi à fonctionnement automatique.

La figure 341 représente un ***rhéostat à liquide*** (c'est de l'eau qu'on rend conductrice en y ajoutant de l'acide sulfurique, du carbonate de soude ou tout autre sel), qu'on emploie principalement dans les installations fixes et pour les grandes intensités de courant. L'intensité du courant qui passe dans l'appareil augmente avec la section immergée des tôles, avec leur rapprochement ou avec la conductibilité du liquide. En mesurant l'échauffement de ce dernier, on peut déterminer la quantité d'énergie absorbée dans le rhéostat.

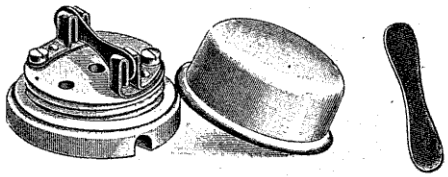


Fig. 343. — Coupe-circuit à lamelle.

On donne parfois aux rhéostats le nom de *démarreurs*, lesquels se composent également d'un commutateur et d'une résistance sectionnée (*fig.* 339).

Les **coupe-circuits fusibles** (*fig.* 342) qu'on appelle simplement aussi plombs ou ***fusibles***, et qui peuvent être en cuivre, en aluminium, ou formés d'un alliage de plomb et d'étain, sont intercalés dans un circuit pour empêcher un courant trop intense d'arriver aux appareils d'utilisation ; si l'intensité du courant dans le conducteur dépasse celle qu'on s'est fixée, le plomb fond

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et le courant n'arrive plus aux appareils. Un coupe-circuit est *bipolaire* quand il comporte un fil fusible sur chaque pôle.

Suivant l'intensité du courant à laisser passer, le plomb peut être un fil de 1/10 de millimètre de diamètre (cas d'une lampe à incandescence) ou bien une lame d'alliage de 100 mm² de section (fusible de 1.000 amp). Ces lames sont d'une plus grande constance de fonctionnement que les fils, qu'on n'emploie pas au delà d'un diamètre de 2 mm.

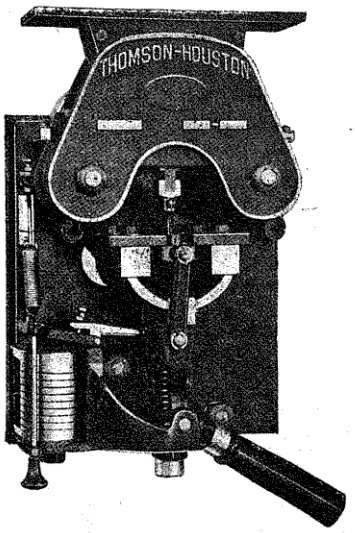


Fig. 344. — Disjoncteur automatique et à main TH forme M. K.

Les fusibles en cuivre ont encore un point de fusion généralement plus précis et plus constant que ceux en plomb ou en alliage, et ils donnent lieu, en cas de fonctionnement, à une projection moindre de matière. Pour protéger les appareils et câbles voisins contre ces projections, on renferme parfois les fusibles dans un tube en verre hermétique fermé à la lampe, qui étouffe rapidement aussi les arcs formés par manque d'air.

A la place de fusibles, ou conjointement avec eux, on emploie souvent des **interrupteurs automatiques**, qu'on nomme **disjoncteurs**, pouvant aussi se manœuvrer à la main, et qui se déclenchent et s'ouvrent d'eux-mêmes pour couper le courant lorsqu'il s'élève en dessus (disjoncteurs à *maxima*), ou tombe en dessous (disjoncteurs à *minima*) d'un voltage ou d'une intensité déterminés. Ces appareils (*fig.* 344) sont plus sûrs et d'un réglage plus précis que les fusibles. Ils consistent en un électro-aimant dans lequel passe le courant, et dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'armature est attirée en rompant le circuit lorsque l'intensité est trop forte.

Les **interrupteurs à main** (*fig.* 345) servent à établir ou à rompre un circuit; on leur donne dans certains cas le nom plus

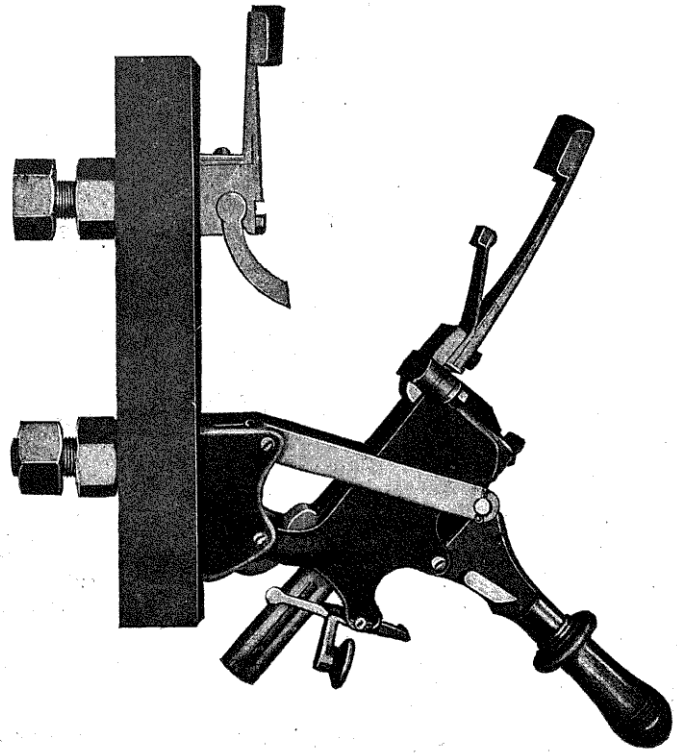


Fig. 345. — Interrupteur automatique et à main.

général de ***commutateurs***, appareils qui sont plus spécialement utilisés pour changer le chemin parcouru par un courant, comme dans les lignes à trolley et caniveau.

Dans la figure 348, le courant arrive par l'axe de l'aiguille, suit cette dernière et passe au plot de contact relié à l'appareil devant utiliser le courant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les commutateurs sont aussi fréquemment employés pour faire passer un courant dans les appareils de mesure (*fig.* 349), de manière à faire connaître, par exemple, l'état de charge ou de décharge d'une batterie d'accumulateurs. Les commutateurs *unipolaires* sont placés sur un seul conducteur (*fig.* 349) et les commutateurs *bipolaires* sur deux conducteurs ; on doit rompre rapide-

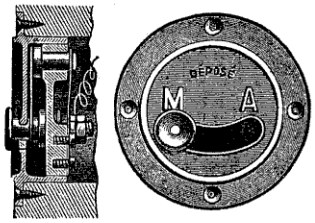


Fig. 346. — Commutateur.

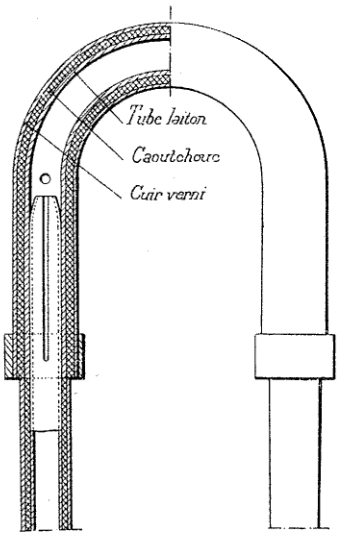
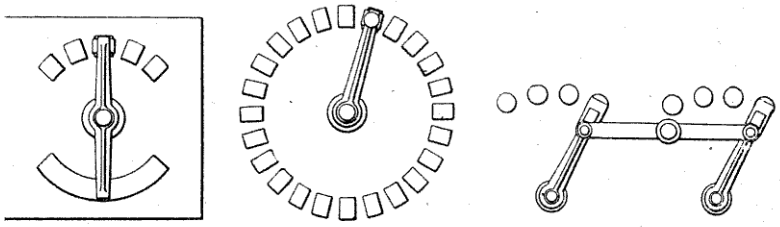


Fig. 347. — Interrupteur à main de sûreté.

ment le courant pour empêcher la formation d'étincelles ou d'arcs qui détérioreraient à la longue les contacts et les



Commutateur axial. Commutateur circulaire. Commutateur bipolaire.

Fig. 348.

appareils eux-mêmes : l'extra-courant peut être absorbé dans un parafoudre ou un condensateur, et l'étincelle être étouffée par un souffleur magnétique, ou reçue par des baguettes en alliage au zinc appelées *pare-étincelles*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les ***parafoudres***, constitués par deux plaques métalliques parallèles très rapprochées, dont l'une est reliée au circuit et l'autre à la terre, sont disposés sur les lignes électriques, à

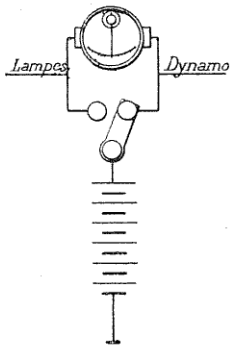


Fig. 349. — Commutateur.

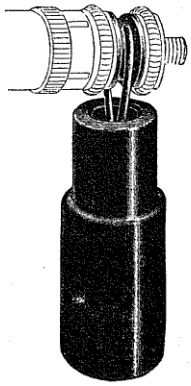


Fig. 350. — Serre-fil.

l'entrée des usines et dans les véhicules, pour protéger le réseau, les génératrices, les voitures (moteurs et lampes) contre les décharges atmosphériques. Ils peuvent consister aussi en une bobine de soufflage qui étouffe l'arc dès qu'il est amorcé.

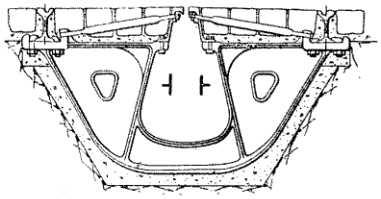


Fig. 351. — Caniveau axial.

Cette sorte de bobine est également employée dans les contrôleurs ; son action est due à la répulsion que produit l'action d'un aimant sur un courant, ou d'un courant sur un courant.

Les appareils de prise de courant, sur les lignes aériennes, sont généralement du système dit à *trolley*, comportant une perche métallique creuse reposant sur la toiture de l'automotrice, et qu'un ressort à boudin tend à faire relever verticalement quand son autre extrémité n'est pas maintenue à la voiture. Cette perche est reliée par sa base au contrôleur, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sa partie supérieure comporte un galet à gorge (le trolley), qui est appuyé sur le fil conducteur de courant par le ressort ci-dessus. La perche peut ainsi recevoir le courant venant de l'usine et le conduire au contrôleur, pour être utilisé ensuite à la volonté du mécanicien.

La perche, dans le système désaxé Dickinson, employé d'une façon presque générale aujourd'hui, peut encore pivoter sur sa base, de manière à suivre le fil conducteur lorsqu'il se rapproche ou s'écarte des rails de la voie ; le galet, qui tourne autour d'un axe horizontal, est encore monté sur un croisillon qui est mobile autour d'un autre axe, vertical celui-ci, de sorte qu'il peut prendre un double mouvement, qui assure dans toutes les positions possibles son application contre le fil de courant.

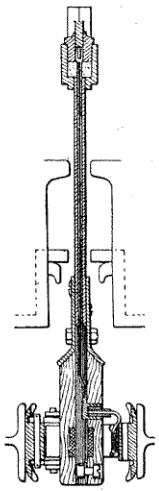


Fig. 352. — Charrue T. H. (suspension).

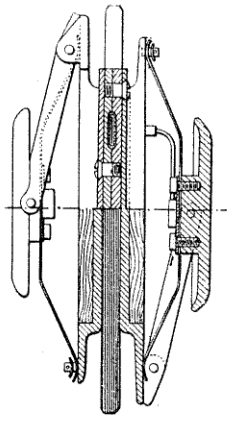


Fig. 353. — Charrue T. H. (frotteurs).

Dans le système axial, employé encore sur un certain nombre de réseaux, le fil de trolley est sensiblement dans le plan vertical passant par l'axe de la voie.

Dans les deux systèmes, la perche doit être inclinée en arrière du sens du mouvement de l'automotrice, et il faut ainsi lui faire faire un demi-tour quand le sens de marche de la voiture vient à changer.

Le système de prise de courant employé dans les omnibus électriques sur routes, système Lombard-Gérin, se compose d'un petit chariot automoteur à quatre roues circulant sur deux fils servant l'un à l'amenée, et l'autre au retour du courant. Le chariot est relié à l'omnibus par des fils souples.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le système à *caniveau* (*fig.* 351), le dispositif de prise de courant appelé *charrue* est constitué (*fig.* 352, 353) par deux frotteurs en fonte, que des ressorts font appliquer contre le fer conduisant le courant venant de l'usine.

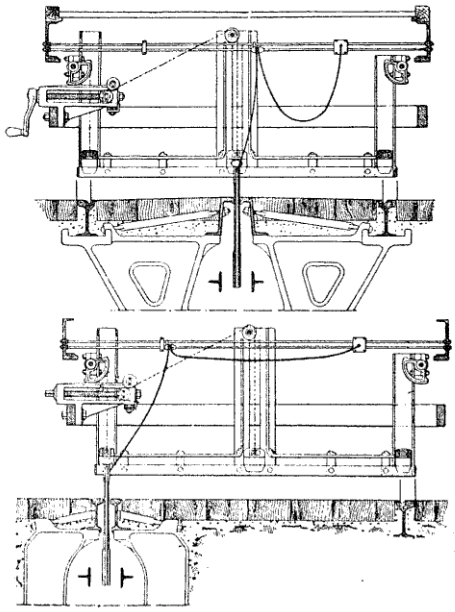


Fig. 354. — Caniveau axial. Caniveau latéral.

Le caniveau peut être (*fig.* 354) du type *axial*, c'est-à-dire disposé dans le milieu de la voie de roulement, ou du type *latéral*, où il est situé en dessous de l'un des rails de roulement — le rail intérieur, dans le cas de voie double. Dans ce dernier cas, le caniveau devient encore axial au passage des diagonales, de sorte que le frotteur doit pouvoir se déplacer

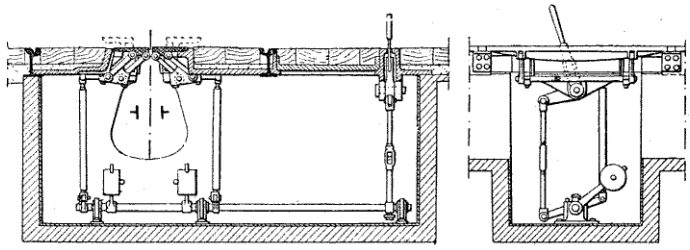
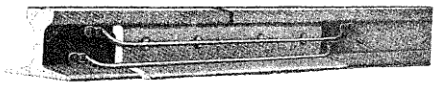


Fig. 355. — Caniveau axial. Trappes mobiles.

latéralement sous l'automotrice pour se maintenir en contact avec le conducteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour faciliter le retour du courant à l'usine par de meilleurs contacts, empêcher les courants vagabonds et diminuer la consommation d'énergie, on réunit les bouts des rails entre eux par des *connecteurs de rails* en cuivre (*fig.* 356) ; on les soude encore, ce qui offre l'avantage de supprimer les joints des rails et le martèlement et l'usure qui s'y manifestent habituellement.



Connecteurs solides de rails.



Connecteur flexible.

FIG. 356.

77. *Isolants.* — On donne ce nom, ou celui de ***diélectriques,*** aux corps mauvais conducteurs de l'électricité. Parmi les matières isolantes qui sont le plus employées en électricité, on distingue le caoutchouc, l'ébonite, l'ambroïne, le mica, la micanite, le prespahn, la fibre vulcanisée, l'amiante, le coton, la soie, la stabilite, le celluloïd, le verre, la porcelaine, le marbre blanc, l'ardoise, le bitume, la paraffine, la dextrine, la gomme laque, les huiles minérales, et différentes peintures et enduits à base de vernis, d'amiante, de caoutchouc, etc.

L'épaisseur de l'enveloppe isolante doit être d'autant plus forte que la tension est plus élevée ; si elle était insuffisante, elle risquerait d'être percée et déchirée par le courant.

L'*ébonite* est une substance noire et dure qui est constituée par du caoutchouc uni à du soufre dans la proportion de 1/3 environ pour ce dernier, puis à 10 0/0 de gutta-percha et à 3 0/0 de noir de fumée ; elle se moule et se travaille ensuite très bien au tour, à l'étau-limeur, à la machine à percer, et à la lime.

L'*ambroïne* est un mélange formé de copal (résine) et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

silicates fossiles, qui se moule très bien aussi et trouve de nombreuses applications en électricité, son prix étant par ailleurs peu élevé.

Le *mica* est une sorte de pierre brillante, feuilletée et écailleuse, se divisant en lames minces d'un éclat métallique ; c'est un excellent diélectrique qui est employé principalement dans le cas de petites surfaces à isoler, comme les lames des collecteurs. On distingue le mica ambré et le mica indien, ce dernier plus dur et devant s'employer avec des épaisseurs moindres. La *micanite* est composée de lames ou de fragments de mica agglutinés au moyen de gomme laque ou de vernis au copal ; la *micacémentine* est du mica en poudre. On fait aussi du *papier micanite* et de la *toile micanitée*.

Le *prespahn* est une matière dure et unie de couleur brune, obtenue en comprimant du carton imbibé de gomme laque.

La *fibre vulcanisée* est obtenue en soumettant des fibres végétales rendues glutineuses et mélangées de soufre à une série de manipulations chimiques, qui en forment une masse homogène résistante et plus ou moins dure ou flexible, pouvant remplacer dans ce dernier cas le cuir et le caoutchouc souple. La fibre ne s'enflamme pas et ne fond pas non plus ; on l'obtient en planches, en tubes, et on en fait aussi des engrenages, des rondelles, etc. ; elle s'emploie encore comme pare-étincelles. En feuilles minces, elle s'appelle la *fibroïne*. D'autre part, la *stabilite* est un mélange comprimé de fibre et de caoutchouc.

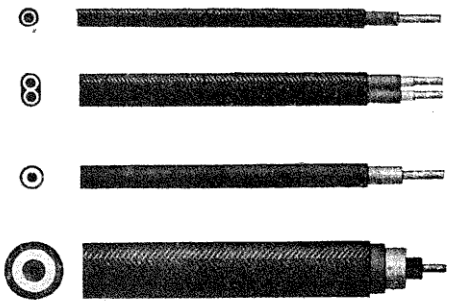


Fig. 357. — Isolement des fils et câbles.

On emploie encore le *papier japon*, la *mégohmite*, le *jaconas* qui est une tresse fine), les guipures de coton tressé, de fil,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de soie, le ruban chattertoné, la toile à la gomme laque, etc. Le produit LEMORT constitue, après avoir été bien séché, un bon isolant pour inducteurs, meilleur dans certains cas et moins cher que la gomme laque.

Il est difficile de se rendre compte de l'état de l'isolement des inducteurs sans descendre les moteurs ; lorsqu'on laisse ceux-ci marcher avec des inducteurs en partie carbonisés, les induits eux-mêmes s'avarient par suite de la grande consommation de courant des moteurs ; des échauffements et des courts-circuits se produisent, et il faut rebobiner les induits ou en changer les sections. Avec le produit Lemort, liant et solide, ces risques d'avaries sont bien diminués.

L'air sec est aussi un très bon isolant, sa résistance au passage du courant étant pratiquement infinie à la température ordinaire.

Dans un autre ordre d'idées, certains métaux ou liquides offrent une grande résistance au passage du courant, comme le maillechort, le ferro-nickel, l'eau distillée, etc.

D'une manière générale, la *résistivité* (ou résistance spécifique) des isolants diminue quand leur température augmente. L'humidité diminue beaucoup, aussi, la résistance et l'isolement électriques, et on doit mettre soigneusement à l'abri de l'eau tous les organes et accessoires des machines et des conducteurs.

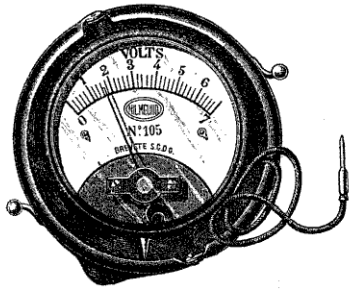


FIG. 358. — Voltmètre.

78. *Appareils de mesure.* — Pour effectuer les mesures électriques, on se sert de divers appareils ou instruments : voltmètres, ampèremètres, wattmètres, compteurs d'électricité ou d'énergie, ohmmètres, etc.

Le *voltmètre* (*fig.* 358) est un instrument à cadran qui sert à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mesurer la différence de potentiel aux bornes d'appareils divers, piles, accumulateurs, dynamos, lampes, etc. Il se place en dérivation (*fig.* 359) et se compose d'un solénoïde au centre duquel est une aiguille portant une plaquette de fer : cette plaquette tend constamment à se placer dans le flux de la force maximum du courant, en produisant ainsi un déplacement proportionnel de l'aiguille.

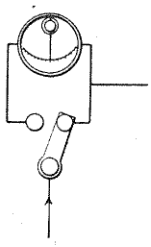


Fig. 359.

L'*ampèremètre* (*fig.* 360) indique l'intensité du courant traversant des conducteurs et appareils, et le *wattmètre* la puissance absorbée par ces derniers. Pour mesurer la quantité de courant (watts) ou d'énergie (watts-heure) dépensée, on se sert de *compteurs*, — dans lesquels, par exemple, un petit moteur électrique tourne à une vitesse proportionnelle au produit, E × I, de la différence de

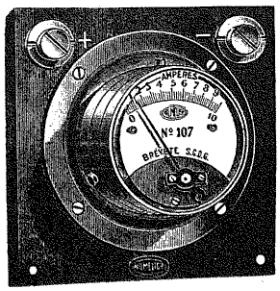


Fig. 360. — Ampèremètre.

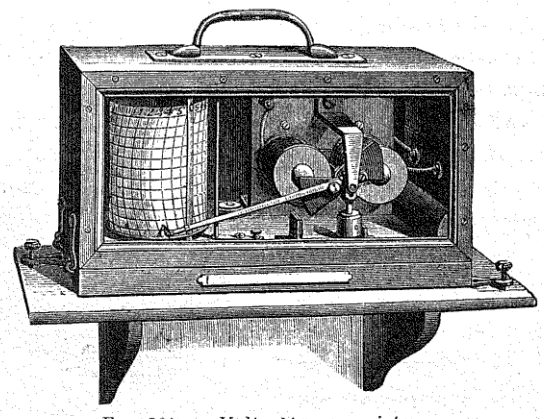


Fig. 361. — Voltmètre enregistreur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

potentiel par l'intensité du courant (compteur Elihu Thomson). On construit encore des *voltmètres* et *ampèremètres enregistreurs* (*fig.* 361-362), qui tracent sur une bande de papier, se déroulant d'un mouvement uniforme sous l'action d'un mécanisme d'horlogerie, une ligne continue plus ou moins régulière, indiquant à tout moment la marche de la machine à contrôler.

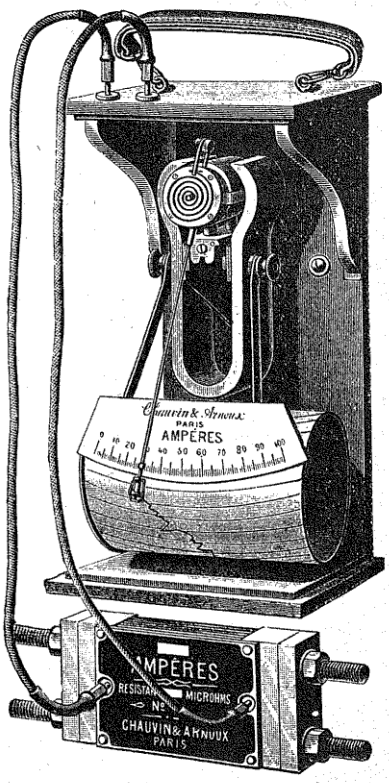


Fig. 362. — Ampèremètre enregistreur.

Pour vérifier la résistance d'un circuit, des parties d'un moteur, etc., on emploie l'instrument appelé *ohmmètre* (l'*ohm* est l'unité de résistance électrique), constitué essentiellement par deux bobines à angle droit agissant — lorsque l'appareil est traversé par un courant — sur deux bobines en fer doux disposées : l'une (qui est à gros fil) en série avec la résistance à mesurer ; l'autre (qui est en fil fin), en dérivation entre les extrémités de cette résistance. Quand on n'a pas de courant de réseau à sa disposition, on se sert suivant les cas de piles, d'accumulateurs, ou d'une magnéto à grande multiplication d'engrenages, qu'on manœuvre à la main au moyen d'une manivelle sortant de la boîte renfermant la magnéto. L'ohmmètre est muni de quatre bornes; deux sont mises en connexion avec la résistance à mesurer, les deux autres sont reliées à la magnéto.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les mesures d'isolement peuvent s'effectuer au moyen d'un voltmètre. Par exemple, pour vérifier l'isolement d'une batterie d'accumulateurs de véhicule par rapport au coffre et au châssis qui la renferment ou la supportent, on relie une borne du voltmètre au pôle + de charge de la voiture, et l'autre borne à une pièce métallique du châssis. Dans certaines automotrices de tramways, les coffres qui renferment les accumulateurs sont simplement passés à la peinture isolante et garnis d'une feuille mince de caoutchouc ; la mesure effectuée comme ci-dessus indique généralement, sur les automotrices dont les coffres d'accumulateurs viennent d'être repeints et regarnis de caoutchouc neuf, une différence de potentiel de 200 à 250 v. Un meilleur résultat est obtenu en faisant reposer les bacs sur des plaques de verre fort.

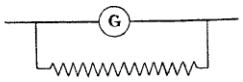


Fig. 363. - Galvanomètre avec shunt.

Les mesures des résistances d'isolement se font habituellement au moyen d'appareils avec *shunts*, qui sont des résistances étalonnées que l'on intercale entre les bornes de l'appareil de mesure (*fig.* 363) pour en réduire les indications dans un rapport donné.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V

VÉHICULES AUTOMOBILES A VAPEUR

§ I. — CAMIONS, VOITURES DE TRAMWAYS ET AUTOMOTRICES DE CHEMINS DE FER, SYSTÈME V. PURREY

79. On a vu déjà que les ***véhicules automobiles à vapeur*** comprennent trois parties essentielles :

a) Un générateur avec ses organes d'alimentation et de sûreté, devant produire la vapeur nécessaire au fonctionnement de l'appareil moteur, et pouvant être chauffé au moyen de divers combustibles : solides, liquides ou gazeux ;

b) Le moteur, généralement du système à pistons à mouvement alternatif à simple ou à double effet, recevant sa puissance du générateur à l'aide des appareils de conduite, et la transmettant à un arbre auquel il imprime un mouvement de rotation continu, qu'une transmission d'une certaine élasticité reporte à l'essieu moteur ou directement à ses roues ;

c) Enfin un châssis destiné à supporter et à fixer, en plus de la caisse, les organes de production ou d'utilisation de la vapeur, la transmission, les freins, les approvisionnements d'eau et de combustible nécessaires à la marche, etc.

Les *véhicules* à vapeur système Purrey, très employés aujourd'hui pour différents usages, comprennent ainsi :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un *générateur* à petits éléments, chauffé au coke de gaz et monté à l'avant du véhicule, sur la plate-forme même de la caisse ou sur un petit truck spécial, avec sa tuyauterie d'eau et de vapeur, les organes ou appareils d'alimentation, de conduite, de contrôle, etc. ; les bâches à eau sont placées sous les banquettes ou sous le plancher de la caisse ;

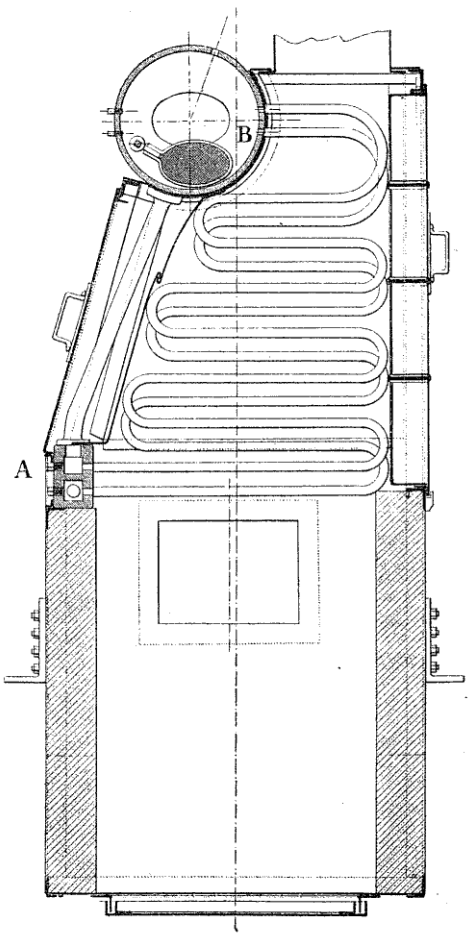


Fig. 364. — Générateur *Purrey*.
A, collecteur inférieur ; B, collecteur supérieur.

Un *moteur* à détente fixe, à deux ou quatre cylindres à double effet, à simple ou à double expansion, disposé sous la caisse, entre les essieux, ou sur le truck moteur spécial, et commandant les essieux par l'intermédiaire de roues dentées et de chaînes ;

Un *châssis*, formé, dans les automotrices de tramways, de fers plats et de cornières, supporté par deux essieux de 1,90 m d'écartement, au moyen de boîtes à huile et de ressorts de suspension à lames, et muni des accessoires habituels : dispositifs de choc et de traction, chasse-corps, freins à mains et à air, etc. Le receveur a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lui-même à sa disposition, sur la plate-forme arrière, des leviers de sablière avant et arrière, un robinet de frein agissant à l'automatique et un levier permettant de couper l'arrivée de vapeur aux cylindres ; une porte percée dans la paroi avant de la caisse lui permet de passer sur la plate-forme du conducteur en cas d'indisposition de cet agent.

80. La ***chaudière*** des camions et des automotrices de tramways est composée de deux collecteurs (*fig.* 364) : l'un en fonte, A, de forme parallélipipédique, placé transversalement à la voiture, au niveau de la plate-forme, l'autre en acier et cylindrique, B, disposé à la partie supérieure, — réunis entre eux par 41 tubes verticaux à 8 branches en serpentin.

Le collecteur inférieur a une section de 118 × 85 mm, une longueur de 912 mm et une épaisseur de parois de 12 à 15 mm ; il est percé sur chacune de ses deux grandes faces verticales de deux rangées de trous en quinconce, qui reçoivent : ceux de la face arrière, l'extrémité inférieure des tubes, et ceux de la face avant, des bouchons à vis qui servent au montage et au démontage des tubes.

Ce collecteur comporte en son milieu et à sa partie supérieure deux cloisons verticales et une cloison horizontale à mi-hauteur, formant une chambre séparée où aboutissent 11 tubes de la rangée supérieure, et qui sont des tubes surchauffeurs. Il comporte aussi à ses extrémités une boîte à clapets d'alimentation et un robinet de vidange.

Le collecteur supérieur a une longueur de 1 m, un diamètre de 300 mm et une capacité utile d'environ 35 l ; il est formé d'une virole soudée à recouvrement et de deux fonds emboutis, également soudés. L'un de ces fonds est percé d'une ouverture trou-de-poing fermée par un tampon autoclave et qui sert à visiter le collecteur, à y introduire un cylindre elliptique en tôle formant flotteur, et à fixer sur les tubes surchauffeurs des bouts recourbés, ou pipes, qui prennent la vapeur saturée à la partie supérieure du réservoir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce collecteur est percé, suivant deux génératrices, à égale distance du plan horizontal médian, de trous en quinconce semblables à ceux du collecteur inférieur, pour la fixation des extrémités supérieures des tubes. Il renferme un flotteur creux en tôle, rempli de charbon de bois en morceaux, et dont les fonds sont percés de trous de 3 mm permettant à la pression de s'établir dans l'intérieur. Il est porté par une tige, sur laquelle il est fixé par des colliers, et dont une extrémité repose sur une vis-pointeau fixée sur l'un des fonds, l'autre extrémité sortant du collecteur par un presse-étoupe ; il pivote autour de cette tige en suivant les mouvements de l'eau dans le collecteur. Dans ces mouvements, il commande un robinet (*fig.* 365) monté sur le tuyau de retour d'eau de la pompe d'alimentation aux bâches, et règle automatiquement ainsi la hauteur de l'eau dans le collecteur.

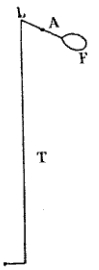


Fig. 365. — Schéma de la commande du robinet de retour à la bâche.

F, flotteur ; A, axe recevant du flotteur un mouvement en rotation ; LA, tige calée sur l'axe A ; I, point d'attache du contrepoids T ; T, contrepoids en fer (ou tube garni de plomb) agissant par un petit levier placé à sa partie inférieure sur le robinet de retour d'eau.

Les tubes sont en acier doux étiré ; ils ont un diamètre extérieur de 19 mm, une épaisseur de 2,5 mm et une longueur développée d'environ 4 m ; les branches en sont écartées de 90 mm d'axe en axe, sauf les deux branches supérieures qui sont distantes de 216,5 mm ; l'écartement des branches extrêmes est ainsi de 756,5 mm. Ces branches ont des longueurs régulièrement décroissantes à partir du bas ; les coudes, à l'arrière, sont tangents à un même plan vertical, constitué par un tampon de fermeture du générateur servant pour le nettoyage et le remplacement des tubes, et auquel on a accès, dans les voitures de tramways, par un panneau amovible découpé dans la paroi avant de la caisse ; à l'avant, la fermeture est obtenue au moyen de tôles inclinées reposant sur le collecteur inférieur et venant s'engager sous le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réservoir supérieur. Ces tôles sont garnies de carton d'amiante de forte épaisseur, réduisant la déperdition de calorique ; la partie du réservoir de vapeur comprise à l'intérieur du générateur est protégée de la même façon contre la chaleur des gaz de la combustion.

Les tubes de la rangée inférieure, au nombre de 20, et 10 tubes extrêmes de la rangée supérieure, sont des tubes *vaporisateurs;* les 11 tubes de la rangée supérieure les plus rapprochés de l'axe du collecteur sont des tubes *surchauffeurs;* ils puisent dans le collecteur supérieur, au moyen de pipes débouchant dans le haut de ce collecteur, la vapeur produite dans les tubes vaporisateurs, et conduisent cette vapeur, qui se surchauffe dans ce dernier trajet, à la chambre médiane du collecteur inférieur, d'où part le tuyau de prise de vapeur de la machine. La surface de chauffe des tubes vaporisateurs est de 7,43 m^2 et celle des tubes surchauffeurs de 2,73 m^2.

Les tubes sont fixés dans les collecteurs au moyen d'un sertissage obtenu avec une broche à filets triangulaires arrondis et légèrement coniques; ces tubes sont terminés par deux languettes de 7 à 8 mm de largeur et de même hauteur, qu'on fait déborder dans l'intérieur des collecteurs et qu'on rabat légèrement au moyen d'un mandrin lisse à conicité plus accentuée. On s'assure pour chaque tube nouvellement mis en place qu'il est fixé assez solidement, en exerçant une traction brusque, correspondant à un effort d'environ 40 kg, sur les coudes inférieur et supérieur au moyen d'un fort crochet.

Pour retirer les tubes, on se sert d'une broche lisse dont l'extrémité, légèrement conique, a pour grande base le diamètre intérieur des tubes; la jonction de cette partie cône et du corps de la broche est faite au moyen d'une embase qui vient appuyer sur l'extrémité du tube lorsque, pour le chasser, on frappe avec un marteau ou une petite masse sur l'autre extrémité de la broche. Bien entendu, des rainures corres-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pondant aux languettes des tubes sont pratiquées dans la partie cylindrique de la broche.

La surface de chauffe totale des tubes est d'un peu plus de 10 m et la capacité de la chaudière de près de 80 l.

En plus des tubes, deux tuyaux de 35 mm de diamètre intérieur font communiquer les collecteurs entre eux ; ils servent de colonnes de retour d'eau et alimentent le collecteur inférieur en stationnement, et aussi en marche quand toute l'eau refoulée par la pompe d'alimentation retourne aux bâches. Ces colonnes, dans la plupart des générateurs à petits éléments, ont pour but d'empêcher le retour de l'eau dans les tubes par leur extrémité supérieure, et d'assurer leur alimentation uniquement par leur extrémité inférieure afin d'empêcher la rencontre des courants ascendants et descendants, ce qui nuirait à la circulation, et gênerait aussi le dégagement de la vapeur. Ici, ces courants de retour ne sont pas à craindre, les tubes vaporisateurs débouchant au-dessus du niveau de l'eau dans le collecteur supérieur et ne pouvant ainsi recevoir de l'eau par l'extrémité correspondante. Le générateur Purrey est ainsi de la catégorie dite à *circulation forcée*, pour laquelle les colonnes de retour sont indispensables. — Quand les tubes débouchent dans l'eau, le retour de cette dernière au collecteur inférieur peut se faire par un certain nombre d'entre eux (les moins chauffés) et dispenser des colonnes spéciales de retour, généralement employées cependant encore.

Les tuyaux de retour d'eau sont isolés du foyer par des tôles recouvertes d'amiante ; d'autres tôles enveloppent complètement, avec un certain intervalle, le générateur à l'arrière et sur les côtés pour réduire la déperdition de chaleur.

Le foyer est constitué sur les quatre faces par une enveloppe en tôle garnie intérieurement de briques s'élevant du cendrier aux tubes ; il est en communication au moyen d'une ouverture de 20 cm environ de hauteur, ménagée sur sa paroi gauche, avec une trémie d'une capacité de 2 à 3 hl qu'on emplit au départ du combustible employé, c'est-à-dire de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coke de gaz. Le fond de cette trémie est incliné dans le sens transversal de la voiture, dans le prolongement de la grille ; la porte du foyer est à l'opposé de la trémie, c'est-à-dire sur le côté droit du véhicule, immédiatement au-dessus de la plate-forme du châssis; cette porte s'ouvre de dehors en dedans et est presque entièrement équilibrée par un contrepoids de manière qu'un afflux un peu important de vapeur, provenant de la déchirure d'un tube par exemple, ait pour effet de la fermer si elle est ouverte à ce moment, afin que le conducteur ne puisse être brûlé.

La grille a une longueur de 80 cm et une largeur de 50 à 60 cm ; elle est inclinée pour permettre la descente automatique du combustible venant de la trémie et faciliter le décrassage du feu ; elle est formée de barreaux en fer ou en fonte, simples ou doubles, reposant sur deux tasseaux extrêmes. Le cendrier possède une porte située sur sa paroi gauche et que le mécanicien manœuvre de la plate-forme au moyen d'une chaînette passant sur des galets et commandée par un levier se déplaçant sur un secteur à crans ; le fond du cendrier est d'autre part amovible, pour permettre la réfection du briquetage du foyer après démontage de la grille.

L'alimentation s'effectue dans le collecteur inférieur, qui est muni du côté gauche d'une boîte à clapets de retenue ; à droite est le robinet de vidange et en bout, du même côté, un bouchon de visite et de nettoyage. Ce collecteur repose par sa face inférieure sur la paroi avant en briques du foyer et présente sa face arrière à l'action de la flamme et du coke en ignition ; ces deux faces peuvent par suite rougir si le collecteur se trouve quelque temps sans eau et que le feu est vif ; il peut alors se fendiller, principalement si l'on vient ensuite à alimenter, ce que doivent éviter les mécaniciens en recouvrant le feu de coke frais et en ouvrant la porte du foyer si le générateur vient, pour une raison quelconque, à manquer d'eau.

La cheminée est disposée dans l'axe longitudinal du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

véhicule, au-dessus des tubes et en arrière du collecteur de vapeur; elle est en forme de tronc de pyramide et se trouve protégée par une enveloppe, fixée par des goujons et des goupilles, pour éviter le refroidissement des gaz et de la vapeur d'échappement.

Les soupapes de sûreté sont montées sur le collecteur de vapeur, à l'intérieur de l'enveloppe de la cheminée; une petite porte à charnière découpée dans la face avant de cette enveloppe en permet la visite et le démontage. Ces soupapes sont réglées entre 12 et 18 kg (le générateur étant timbré à 20 kg) suivant les difficultés de service des lignes.

81. L'***alimentation*** du générateur est assurée normalement par une pompe à piston à double effet, appelée *pompe automatique*, actionnée par un excentrique monté sur l'essieu avant du véhicule. L'eau arrive en charge à cette pompe en passant par une nourrice munie d'une toile métallique fine servant à retenir les impuretés renfermées dans l'eau; un robinet placé sur la partie antérieure de la nourrice sert à en chasser les impuretés qui s'y sont déposées, et à s'assurer aussi qu'il y a de l'eau dans les bâches. Le refoulement de la pompe s'effectue dans une boîte à deux clapets de retenue fixée sur le collecteur inférieur du générateur; sur le tuyau de refoulement est branché un tuyau de dérivation retournant aux bâches, et un robinet dit de retour d'eau est intercalé sur le parcours de ce tuyau et relié, d'autre part, au levier du flotteur. C'est ce flotteur qui produit ainsi l'ouverture ou la fermeture du robinet de retour d'eau, l'eau refoulée par la pompe retournant dans le premier cas dans les bâches, et allant dans le second cas à la chaudière.

Une *pompe à vapeur*, ou *petit-cheval*, pouvant aussi se manœuvrer à la main au moyen d'un levier, sert d'appareil d'alimentation de secours en cours de route, en cas d'insuffisance ou de manque total de débit de la pompe automatique, et permet aussi d'alimenter dans les stationnements. Le tuyau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'aspiration part également de la nourrice qui sert pour la pompe automatique. Le tuyau de prise de vapeur est à la hauteur de la dernière rangée de tubes dans le collecteur supé-

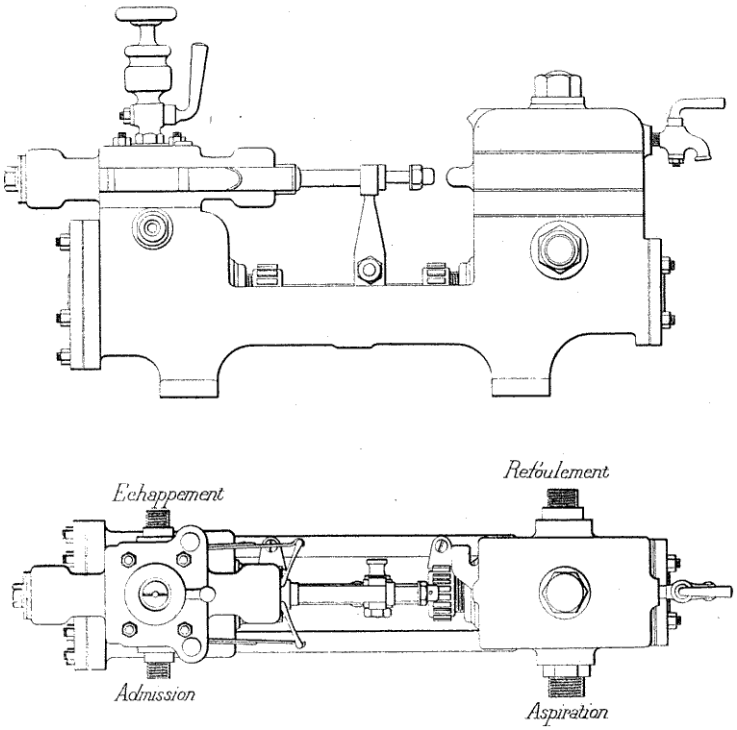


FIG. 366. — Petit-cheval *Purrey*. Élévation et plan.

rieur ; lorsque le niveau de l'eau atteint ce point, l'eau emplit le cylindre à vapeur du petit-cheval, qui s'arrête de lui-même.

M. PURREY a employé divers types de petits-chevaux sur ses différents systèmes de véhicules, et notamment la pompe représentée figure 366. La figure 367 montre la façon dont s'opère la distribution de la vapeur dans les cylindres moteurs. La glace des cylindres comporte cinq orifices : un ori-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fice central d'arrivée de vapeur du générateur, deux orifices voisins d'admission, et deux orifices extrêmes d'échappement.

Un tiroir médian fait communiquer, par sa cavité intérieure, le conduit d'arrivée de vapeur à tour de rôle avec chacun des orifices voisins, pour distribuer la vapeur alternativement de

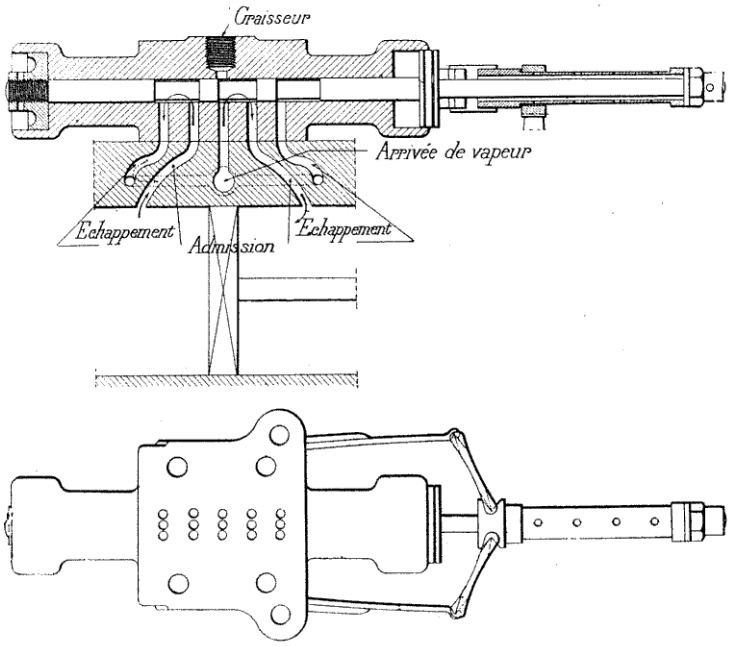


Fig. 367. — Régulation du petit-cheval *Purrey*.

chaque côté du cylindre. Deux tiroirs extrêmes établissent une communication semblable entre l'un ou l'autre côté du cylindre avec l'échappement.

Dans la position des tiroirs indiquée sur la figure 367, par exemple, l'arrivée de vapeur a lieu sur la face côté droit du piston moteur, pendant que la face côté gauche est mise en communication avec l'échappement par le tiroir extrême gauche. Lorsque le piston moteur arrivera à fond de course,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les trois tiroirs (qui sont montés sur une même tige aux extrémités de laquelle sont deux disques servant de guides) se déplaceront vers la gauche, entraînés par les sortes de biellettes (*fig.* 367), sous l'action de la tige de piston; dans cette nouvelle position, le tiroir médian fera communiquer l'arrivée de vapeur avec la face côté gauche du piston moteur, tandis que le tiroir extrême droit mettra en communication le côté droit du cylindre avec l'échappement.

Pour que les petits-chevaux aient un fonctionnement sûr et régulier, il est nécessaire que les tiroirs soient bien graissés, et bien étanches, ainsi que les vannes, raccords ou garnitures. Le petit-cheval non automatique doit être mis aussi en marche, pendant un instant, avant chaque départ des terminus, afin de s'assurer qu'il fonctionnera bien lorsque l'on aura besoin de s'en servir.

Le générateur ne comporte pas de tube de niveau d'eau ni de robinets de jauge; c'est l'inclinaison du levier extérieur du flotteur qui indique au mécanicien la hauteur de l'eau dans le collecteur supérieur; on tient habituellement ce niveau un peu au-dessous du débouché de la rangée supérieure de tubes.

La bonne marche du moteur demande une grande sensibilité du flotteur; cette sensibilité est obtenue en renouvelant et graissant fréquemment la garniture de la tige, de manière qu'elle soit toujours souple; en recouvrant cette tige, qui est en acier, d'une couche de cuivre qui en empêche l'oxydation; et en maintenant également très libre le robinet placé sur le retour d'eau aux bâches, et qui demande aussi à être étanche, ce qui exige qu'il soit revu fréquemment.

La pompe automatique a un diamètre de 50 mm et une course de 80. L'essieu d'avant des voitures de tramways n'ayant pas une position fixe entre les plaques de garde, cette circonstance oblige à régler la longueur de la barre d'excentrique qui commande le piston de la pompe, chaque fois que l'on déplace les boîtes d'essieux entre leurs plaques de garde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

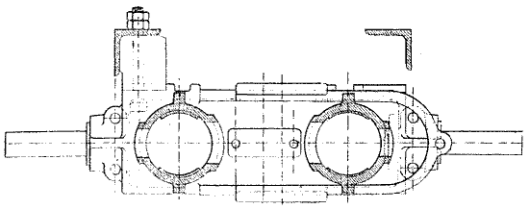


Fig. 371. — Coupe par les glissières.

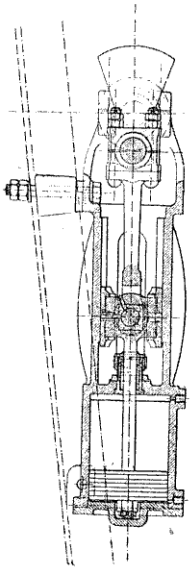


Fig. 369. — Coupe longitudinale.

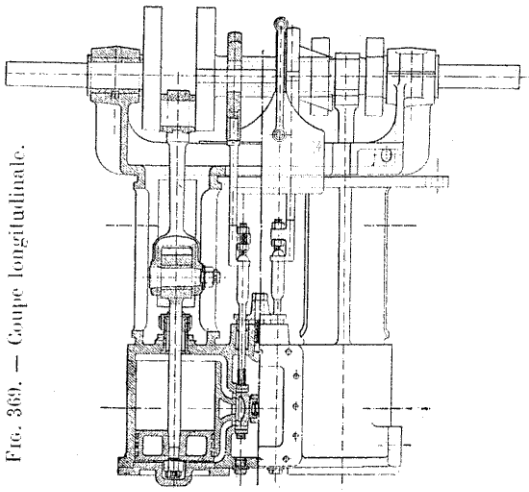


Fig. 368. — 1/2 coupe horizontale. 1/2 vue en plan.

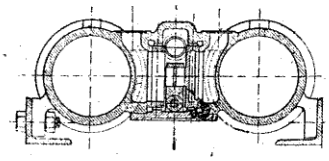


Fig. 370. — Coupe transversale par les cylindres.

FIGURES 368 A 371. — MOTEUR PURREY

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les bâches à eau sont disposées, dans les voitures de tramways, sous les banquettes d'intérieur, et dans les camions, sous la plate-forme, à l'arrière. Les deux caisses que comportent les premiers véhicules sont mises en communication par un tuyau disposé à l'avant de la caisse ; l'emplissage peut en être fait des deux côtés de la voiture au moyen de tuyaux terminés par un entonnoir. Des tuyaux de trop-plein prenant à la partie supérieure des réservoirs, dans des mamelons disposés vers le milieu de leur longueur, indiquent la fin de l'emplissage ; ces tuyaux peuvent être munis de robinets pour éviter les pertes d'eau et les inconvénients qu'elles peuvent présenter en hiver, et dans ce cas un petit tuyau doit s'élever des bâches et venir déboucher à l'air libre pour permettre à la pression atmosphérique de s'y établir à mesure que l'aspiration de la pompe les vide. Un tube en verre relié à la bâche du côté droit et disposé sur la plate-forme du machiniste, contre la tôle latérale du tablier, permet de se rendre compte à tout moment de la hauteur de l'eau.

82. Le ***moteur*** (*fig.* 368 à 371), disposé à peu près horizontalement entre les longerons, est fixé aux cornières médianes du châssis par quatre boulons ou vis : deux à l'avant, deux à l'arrière. Il comprend, venus de fonte en un seul bloc, les cylindres avec leur boîte à vapeur commune, les glissières et les paliers de l'arbre moteur. Les cylindres se relèvent un peu vers l'avant, leur diamètre est de 175 mm. Les glaces des tiroirs sont verticales ; une sorte de queue venue de fonte avec le couvercle est disposée entre les tiroirs ; elle est munie de deux tasseaux pressés par un ressort à boudin unique et qui viennent s'appuyer sur le dos des tiroirs, dans le but de les empêcher de se détacher de la glace, dans la marche à régulateur fermé et aux arrêts, ce qui pourrait nuire au démarrage. Ces tasseaux sont principalement utiles lorsque, par suite d'usure, les tiroirs ont un certain jeu de soulèvement entre les bandes et le cadre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les glissières sont cylindriques (*fig.* 371) ; des ouvertures latérales permettent d'accéder aux garnitures des tiges des pistons, et de retirer ou de passer les coulisseaux de la tête de piston après avoir fait faire à cette dernière un quart de tour. Ces coulisseaux sont maintenus sur la crosse au moyen d'un goujon central et de rebords transversaux.

Le bâti du moteur se termine par deux paliers à chapeaux maintenus par de forts goujons et servant de support à l'arbre moteur. Cet arbre est coudé et en acier forgé ou en acier dur au creuset ; il comprend : deux parties extrêmes droites, portant des pignons qui transmettent son mouvement aux essieux, par l'intermédiaire de chaînes, dans les automotrices de chemins de fer et de tramways, et à un arbre intermédiaire portant le différentiel dans les camions ; — deux coudes à 90° formant manivelles ; — enfin entre ces coudes une partie carrée présentant des rainures sur les quatre côtés.

C'est sur cette partie carrée que se montent les excentriques de distribution, qui sont au nombre de deux seulement, un par cylindre. Chaque poulie d'excentrique est formée de deux parties assemblées par des axes à tête fraisée et présentant intérieurement la forme d'un rectangle ; les grands côtés de ce rectangle peuvent coulisser à frottement doux sur deux côtés opposés de l'arbre, au moyen de deux coins à queue d'hironde s'engageant entre les autres côtés de l'arbre et les deux petits côtés du rectangle. Le rayon de l'excentrique du second cylindre est monté à 90° du premier, c'est-à-dire que les grands côtés intérieurs de la poulie glissent sur les deux autres côtés de la partie carrée de l'arbre. Les faces extérieures des coins sont parallèles, et leur mouvement simultané a pour effet de déplacer la poulie d'excentrique et d'en changer par suite l'angle de calage sur l'arbre.

C'est au moyen de ce déplacement, qui s'opère de la façon suivante, qu'on obtient le changement de marche. Les coins sont munis d'ailettes qui s'engagent entre des flasques en tôle réunies au moyen d'entretoises à des coulisseaux en fonte glis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sant sur des parties dressées du bâti (*fig.* 371) ; ces coulisseaux sont fixés à une fourche qui est articulée à un petit levier calé sur l'arbre de changement de marche. A l'extrémité avant de ce dernier est enfin monté un levier placé sur la plate-forme du machiniste, et dont le déplacement d'une extrémité de sa course à l'autre a pour effet de déplacer les coins, lesquels impriment à la poulie d'excentrique un déplacement linéaire équivalent, nous l'avons dit, à un changement de calage de l'excentrique, comme cela se produit dans les distributions ordinaires. On obtient donc ainsi le changement de sens de rotation du moteur.

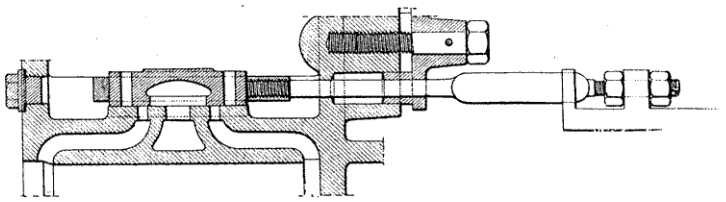


Fig. 372. — Tiroir, tige et garniture de tige de moteur *Purrey*.

Chaque tige de tiroir est vissée d'une part dans le cadre du tiroir (*fig.* 372) ; en dehors du presse-garniture, elle a une forme aplatie qui lui donne une certaine flexibilité, et qui dispense de toute articulation. L'autre extrémité de la tige vient se fixer au moyen d'écrous de réglage sur une pièce en fer de forme spéciale, clavetée sur une queue que porte le collier d'excentrique. Cette pièce porte, en avant du point d'attache de la tige, une partie faisant butée et obligeant à disposer horizontalement la partie méplate. La garniture de la tige de tiroir consiste en des fils d'amiante qui sont maintenus dans la boîte par un écrou de serrage muni d'un frein.

Le cadre du tiroir coulisse avec un très faible jeu en hauteur ; en faisant le joint du plateau, il faut avoir soin de lui donner une épaisseur suffisante pour empêcher le coincement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du cadre. Cette épaisseur ne doit pas non plus être trop forte, car le cadre ne serait plus suffisamment guidé, et il pourrait se déverser un peu et gêner alors le jeu de soulèvement et surtout l'application du tiroir sur la table.

Le tuyau de prise de vapeur partant de la chambre de surchauffe du collecteur inférieur vient se fixer sur la paroi avant de la boîte à vapeur, au moyen d'un écrou-raccord. Ce tuyau est garni de corde d'amiante pour réduire le refroidissement et la condensation de la vapeur d'admission. Le tuyau d'échappement est également enveloppé pour empêcher la vapeur de se refroidir et de venir faire panache à la sortie de la cheminée ; le tuyau d'échappement débouche dans la cheminée un peu au-dessus des tubes ; son extrémité est légèrement restreinte pour augmenter le tirage du foyer.

Les tiroirs ont un faible recouvrement extérieur et intérieur. Le dispositif de changement de marche pourrait permettre de faire varier l'admission et la détente, mais on n'use pas de cette faculté, et le changement de marche est maintenu toujours à fond de course, la variation de l'effort moteur étant obtenue par une modification du degré d'ouverture de l'obturateur de prise de vapeur. L'admission est de 80 0/0 environ, l'échappement anticipé de 6 0/0 et la compression de 100/0; ces deux dernières valeurs sont relativement faibles et obligent à maintenir les articulations des bielles sans jeu pour éviter les cognements. Un bon graissage est aussi nécessaire pour réduire l'usure des coussinets : ce graissage est obtenu par barbotage des têtes de bielle dans l'huile que renferme le carter du moteur ; il est nécessaire que les garnitures des tiges de pistons et de tiroirs du moteur soient étanches, car des fuites un peu importantes échaufferaient les pièces et donneraient naissance à de l'eau qui, tombant dans le carter, en chasserait l'huile.

Les *cylindres* sont légèrement inclinés sur l'horizontale ; les pistons sont en fonte, creux, de la forme dite à double toile, et fixés sur les tiges au moyen d'un emmanchement conique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et d'un écrou crénelé goupillé. Trois trous de sable sont bouchés par des vis réunissant les deux faces du piston et formant ainsi entretoises ; ces vis sont rivées de chaque côté dans une fraisure. Les pistons sont munis de trois segments en fonte, de 11 mm de largeur, ajustés en languettes.

La *crosse ou tête de piston* est venue de métal avec la tige (*fig.* 368); un emplacement cubique reçoit le coussinet, en deux parties, du pied de bielle. La crosse porte aussi des entailles dans lesquelles viennent s'engager les queues d'entraînement des patins de glissières, dont le réglage s'effectue au moyen de cales en laiton. Le patin supérieur est muni d'un trou de graissage; un trou semblable, percé sur la face arrière de la crosse, permet de lubrifier le boulon de pied de bielle.

La *bielle* est du type « à fourche » ; la tête de la tige de piston s'engage entre les branches de cette fourche, à laquelle elle est reliée au moyen d'un boulon qui est cône dans les deux parties s'engageant dans les branches de la fourche : cette disposition nécessite un ajustage méticuleux pour que les deux cônes portent bien à la fois. Du côté de la tête, le boulon porte un ergot qui l'empêche de tourner ; le serrage de l'écrou, qui est crénelé et goupillé, se fait sur une rondelle.

La tête de bielle est du type à patins; deux boulons avec écrous et contre-écrous, ces derniers crénelés, assujettissent les coussinets, qui sont en bronze, ou régulés. La tête de bielle et la soie de la manivelle sont équilibrées par des contrepoids en forme de secteurs venus de forge avec l'arbre

Les coussinets de l'arbre sont en bronze; ils ne sont généralement pas régulés, pour ne pas prendre, dans la quinzaine de marche comprise entre deux réfections, un jeu excessif qui ferait cogner et fatiguerait le moteur, comme cela pourrait se produire avec certains régules tendres.

83. *Graissage.* — Les glissières sont lubrifiées par deux petits graisseurs qui lubrifient aussi les boulons de crosse et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leurs coussinets par un trou traversant toute la crosse ; les paliers sont également munis de petits graisseurs spéciaux ; le reste du mécanisme moteur est graissé par le barbotage des têtes de bielles et des contrepoids de manivelles dans un bain d'huile emplissant le fond d'un carter en tôle enveloppant le moteur (sauf les cylindres) en dessous ; à sa partie supérieure, le moteur est recouvert par deux tôles à coulisse qui permettent d'accéder au mouvement et aux garnitures, et par un panneau à charnières s'appuyant, avec interposition de bandes de feutre, sur les bords d'une ouverture pratiquée dans le plancher de la caisse. Une bâche en toile enveloppe le carter en tôle ; l'huile et l'eau s'échappant de ce dernier par les ouvertures de sortie de l'arbre sont recueillies dans la bâche : un bouchon à vis, disposé à la partie la plus basse de cette dernière, permet d'en faire écouler d'abord l'eau, puis de recueillir l'huile, qui après décantation et filtrage est employée à nouveau et indéfiniment. Cette disposition procure une grande économie d'huile (par son emploi, la consommation est tombée de 22 g à 10 g par kilomètre), et elle empêche aussi les projections d'eau graisseuse sur la chaussée.

Les cylindres sont lubrifiés au moyen d'un graisseur mécanique Bourdon, ou d'un graisseur Purrey à un départ, plus simple, mais moins facilement réglable ; le mouvement est donné au petit piston par une biellette vissée à l'extrémité de la barre de commande de la pompe d'alimentation. Le refoulement de l'huile s'effectue en dessous de l'obturateur de prise de vapeur de la machine, de manière à en lubrifier la glace ainsi que le tiroir, et à adoucir la manœuvre de ce dernier. Il est important pour le rendement que les orifices et le tuyau d'échappement, ainsi que le silencieux, ne soient pas encrassés ni obstrués de quelque manière que ce soit ; et il est utile de les visiter et de les nettoyer à chaque levage.

84. *Transmission.* — Le mouvement du moteur est transmis aux essieux au moyen de deux ou quatre chaînes ; dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le cas de deux chaînes, elles sont disposées en diagonale, l'une à l'avant à droite, l'autre à l'arrière à gauche, comme les engrenages des voitures électriques. En cas d'emploi de quatre chaînes, il y en a deux moins larges de chaque côté, montées sur un pignon double claveté sur l'arbre moteur, et sur deux roues dentées clavetées sur les deux essieux dans des plans voisins. Toutes ces chaînes, sauf celles de la dernière automotrice livrée par M. Purrey, sont du type « Varietur » (*fig.* 122) et du pas de 43 mm. Le nombre des dents des pignons est de 13 et celui des roues de 38, soit une proportion d'environ 1/3; pour une vitesse de marche des voitures de 16 km à l'heure et un diamètre des roues de 0,800 m, le nombre de tours du moteur par minute est de 320 environ.

85. ***Châssis.*** — Les longerons sont formés de tôles de 10 mm réunies au moyen de couvre-joints intérieurs et de rivets fraisés, de sorte qu'ils paraissent extérieurement d'une seule pièce; ils présentent de larges découpures, notamment à l'endroit des patins de frein, et sont assemblés entre eux par des cornières longitudinales et transversales et par des goussets. Un fer cornière disposé à la partie supérieure reçoit la caisse, fixée par six boulons.

Les essieux, à fusées extérieures, sont écartés *normalement* de 1,900 m. Les boîtes à huile n'occupent pas une position invariable dans les plaques de garde : entre les guides, à joues, des boîtes et des plaques, existent quatre cales de 6 mm d'épaisseur, reposant sur la sous-garde, et qui peuvent être placées d'un côté ou de l'autre des boîtes, de sorte que l'écartement des essieux peut varier entre 1,876 m et 1,924 m. Cette disposition permet de tendre les chaînes lorsqu'elles ont une certaine usure, insuffisante cependant pour permettre de retirer une maille. On doit remarquer que les chaînes tendues par l'un ou l'autre de ces deux procédés ne conservent plus le pas primitif, et il convient de ne pas rattraper ainsi une usure ou un allongement supérieur à 20 mm sur 10 mailles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doubles, on s'exposerait sans cela à des ruptures. Une chaîne « Varietur » qui n'est plus au pas et qu'on tend trop fort se rompt infailliblement : il vaut mieux lui laisser un certain mou.

Cependant, au point de vue de la solidité, l'usure des mailles et des axes peut être poussée plus loin que le chiffre ci-dessus ; dans cette intention, on a construit des roues dentées et des pignons au pas de 44 1/2 mm (le pas normal étant de 43) qui utilisent les chaînes qu'on retire lorsque leur allongement dépasse 20 mm sur 10 mailles doubles.

Le déplacement des cales exige évidemment l'enlèvement des ressorts, et il change aussi le point d'appui de la bride sur le dessus de boîtes ; aussi les brides et les boîtes doivent-elles avoir une face de contact plane, sans encastrement.

Les boîtes sont à couvercle extérieur mobile ; des cales en bois fixées intérieurement sur ces couvercles servent de butée aux champignons des fusées d'essieux, et empêchent une usure trop grande des congés des fusées et des coussinets et les chauffages qui pourraient résulter du frottement de ces congés. Le graissage des fusées et des coussinets s'effectue uniquement par le tampon en coton disposé dans le fond de chaque boîte. Ce mode de graissage est économique et très efficace ; il ne comporte ni mèches risquant de s'empoisser, ni tuyaux ou réservoirs pouvant se couper ou tomber ; il suffit que le tampon et ses ressorts soient en bon état et que le réservoir de graissage ne renferme pas d'eau.

Les ressorts de suspension sont du type à lames, ceux d'avant, plus chargés, ont une feuille de plus que ceux d'arrière. Des mains à œil sur le châssis et à crochet sur le ressort les relient à la caisse. Les appareils de choc et d'attelage à l'avant et à l'arrière comportent des ressorts avec plaque rivée d'une grande hauteur et d'une grande largeur, pour permettre aux voitures de se pousser sans s'atteler, — des barres ou tulipes d'attelage avec goujon et cheville pour permettre l'accouplement des voitures, les tampons, dans ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

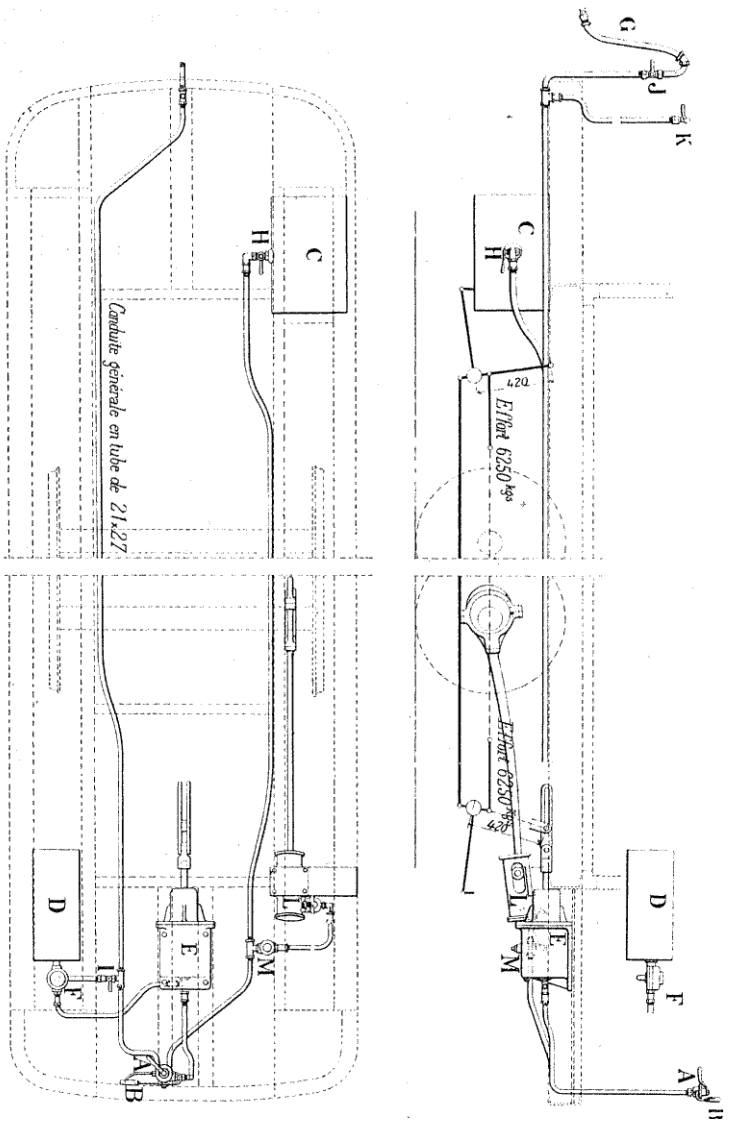


Fig. 373. — Frein Soulerin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cas, ne venant pas au contact, — enfin des chaînes de sûreté.

Le frein est à double commande, à main et à air comprimé ; ce dernier est du système Soulerin du type dit semi-automatique et semi-direct. L'air comprimé nécessaire à son fonctionnement est produit dans le déplacement de la voiture par une pompe dont le piston est commandé par un excentrique monté sur l'essieu avant, en même temps que celui de la pompe d'alimentation ; les deux pompes sont placées en regard, avec une tige de pistons commune et un dispositif unique d'entraînement. Le graissage du cylindre du compresseur s'effectue au moyen de petites quantités de pétrole qu'on verse à intervalles éloignés dans des sortes de paniers à trous garnis de coton, placés sur les boîtes à clapet d'aspiration d'air. Une soupape de sûreté chargée à 5 ou 6 kg est disposée sur la partie de la conduite de refoulement allant au réservoir principal, pour empêcher la pression de l'air de dépasser ce chiffre et éviter un travail inutile et une trop grande fatigue du compresseur et des organes de commande du piston. Lorsqu'on déplace l'essieu avant dans ses boîtes pour tendre les chaînes, il faut raccourcir la barre de commande des pistons à air et à eau d'une même quantité.

86. La commande à main du ***frein*** comprend un arbre à manivelle disposé sur la plate-forme du mécanicien, tout à fait à sa main, et attaquant la timonerie par une chaîne qui s'enroule sur l'arbre ; un cliquet et un rochet permettent d'arrêter et de maintenir le serrage au moment où on le juge suffisant. Un second arbre à manivelle semblable est placé en dehors de la plate-forme arrière, à la main du receveur ; cet agent peut aussi freiner à l'automatique en ouvrant un robinet placé sous l'escalier de l'impériale et relié à la conduite générale. Des boyaux d'accouplement à l'avant et à l'arrière permettent, en cas de remorque ou de poussée, l'accouplement du frein dans les deux sens.

On appelle frein *continu* tout frein qui agit sur chacun des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

véhicules d'un même train et dont l'action peut être commandée simultanément par le mécanicien ou par un agent du train, et on a vu (**50**) qu'on donne le nom de frein *automatique* à tout frein qui agit automatiquement avec son maximum d'effort toutes les fois qu'il est affecté par une détérioration capable d'en altérer le fonctionnement.

Par opposition, on appelle frein *direct* un frein que l'on met en action par la manœuvre du robinet du mécanicien et en produisant dans le cylindre une surpression ou une dépression *voulues*.

Le frein Soulerin pour tramways est *automatique*, *continu* sur la motrice et les remorques, et de plus *direct* sur la motrice.

Composition des équipements. — La figure 373 représente l'ensemble des appareils montés sur une automotrice.

L'air comprimé nécessaire au service du frein est produit par une pompe L, actionnée par un excentrique calé sur l'un des essieux, qui le refoule par une valve M dans un réservoir principal C. Lorsque la pression atteint le maximum que l'on s'est imposé, la valve L laisse échapper l'air dans l'atmosphère.

Le réservoir C alimente le robinet du mécanicien A. Ce robinet est raccordé d'autre part à la conduite générale et à la conduite directe du cylindre de la motrice ; il permet de mettre chacune de ces conduites en communication avec la conduite du réservoir principal *c* ou avec l'atmosphère.

Le cylindre E actionne la timonerie de la voiture. Il est relié, d'une part, au robinet du mécanicien (conduite du frein direct) et, d'autre part, il peut être mis en communication avec le réservoir auxiliaire D par le distributeur F. La remorque comporte simplement un cylindre de frein, avec son réservoir auxiliaire et son distributeur, et la conduite générale reliant ces appareils à la conduite générale de la motrice, par l'intermédiaire de deux boyaux d'accouplement G.

Distributeur de motrice. — Ce distributeur (*fig.* 374) porte trois tubulures, dont une est reliée à la conduite générale, une autre au cylindre de frein et la troisième au réservoir auxiliaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'on alimente la conduite générale par le robinet du mécanicien, l'air pénètre dans la chambre A et passe entre les lèvres du cuir embouti D et la paroi de la chambre A pour se rendre par la tubulure de droite au réservoir auxiliaire, de sorte que la pression dans ce réservoir finit par être sensiblement la même que la pression dans la conduite générale. D'autre part, le cylindre de frein est en communication avec l'atmosphère par le robinet du mécanicien, lorsque ce robinet est dans la position de desserrage. Si dans ces conditions on produit une dépression dans la conduite générale et si l'on ferme en même temps, au robinet du mécanicien,

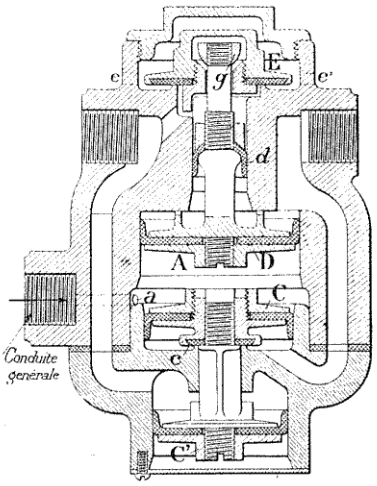


Fig. 374.
Distributeur de frein Soulerin.

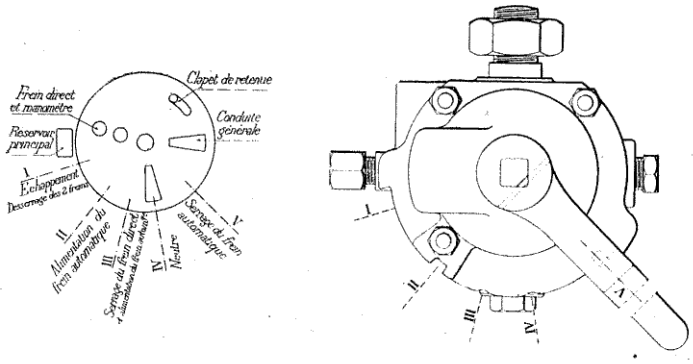


Fig. 375. — Robinet du mécanicien et ses orifices. Positions diverses de la poignée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'échappement du cylindre de frein, on voit que l'ensemble des pistons solidaires C et C′ se trouvera soulevé par la diffé-

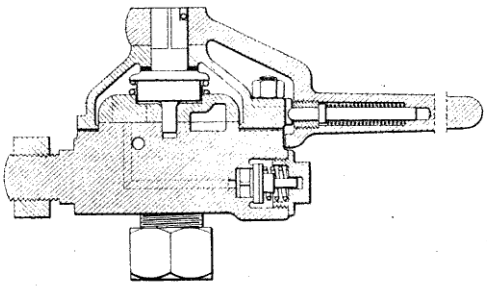


Fig. 376. — Robinet du mécanicien (coupe).

rence de pression qui existe entre la conduite générale et le réservoir auxiliaire.

L'air du réservoir auxiliaire passant sous le clapet *c* pénétrera par la tubulure supérieure gauche dans le cylindre en se détendant jusqu'à ce que l'ensemble des pressions qui s'exercent sur le système C et C′ soit en équilibre. A ce moment, le clapet s'appliquera sur son siège et interceptera la communication entre le réservoir auxiliaire et le cylindre de frein. On voit donc que toute dépression produite dans la conduite générale produira le serrage automatique du frein sur la motrice, à condition que l'échappement du cylindre de frein soit fermé au robinet du mécanicien. Le même effet se produira sur les voitures d'attelage ; pour le desserrage, il se produira en alimentant la conduite générale par le robinet du mécanicien.

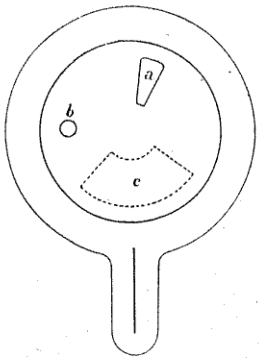


Fig. 377. — Plan du tiroir.

Robinet du mécanicien. — Ce robinet est représenté en vue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'ensemble et en coupe figures 375, 376, qui montrent les raccords du robinet au réservoir principal, à la conduite générale (frein automatique pour l'ensemble du train) et à la conduite du frein direct (motrice). Les schémas de la glace, du robinet et de son tiroir (*fig.* 375-377) permettent de se rendre compte de l'effet obtenu par la manœuvre de la poignée dans les différentes positions.

Position I (*desserrage des deux freins*). — Dans cette position, l'air arrivant du réservoir principal au-dessus de la glace du tiroir est admis directement dans la conduite générale par l'orifice *a*, et, d'autre part, le cylindre de frein de la motrice est mis en communication avec l'atmosphère par l'intermédiaire de la cavité *c*. Il en résulte que l'on desserre simultanément les freins de la motrice et des remorques. Dans cette position, la conduite générale est en communication directe avec le réservoir principal ; dès que le desserrage est amorcé, il y a lieu d'amener la poignée dans la position II.

Position II (*alimentation*). — Dans cette position, la conduite générale est alimentée par l'intermédiaire d'un clapet de retenue chargé d'un ressort produisant environ une différence de pression de 1 kg entre la conduite générale et le réservoir principal. Cette différence de pression est utile pour permettre d'assurer, en toutes circonstances, le desserrage des freins, étant données les légères variations de pression qui peuvent se produire dans le réservoir principal.

Position III (*serrage du frein direct*). — Dans cette position, la conduite générale continue à être alimentée par l'orifice *a* et par l'intermédiaire du clapet de retenue. D'autre part, le cylindre de frein de la motrice est mis en communication directe par l'orifice *b* avec le réservoir principal. On peut ainsi obtenir le serrage direct de la motrice et graduer ce serrage en maintenant pendant un temps plus ou moins long la poignée dans cette position.

Position IV (*position neutre*). — Dans cette position, tous les orifices sont bouchés. C'est dans cette position que le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

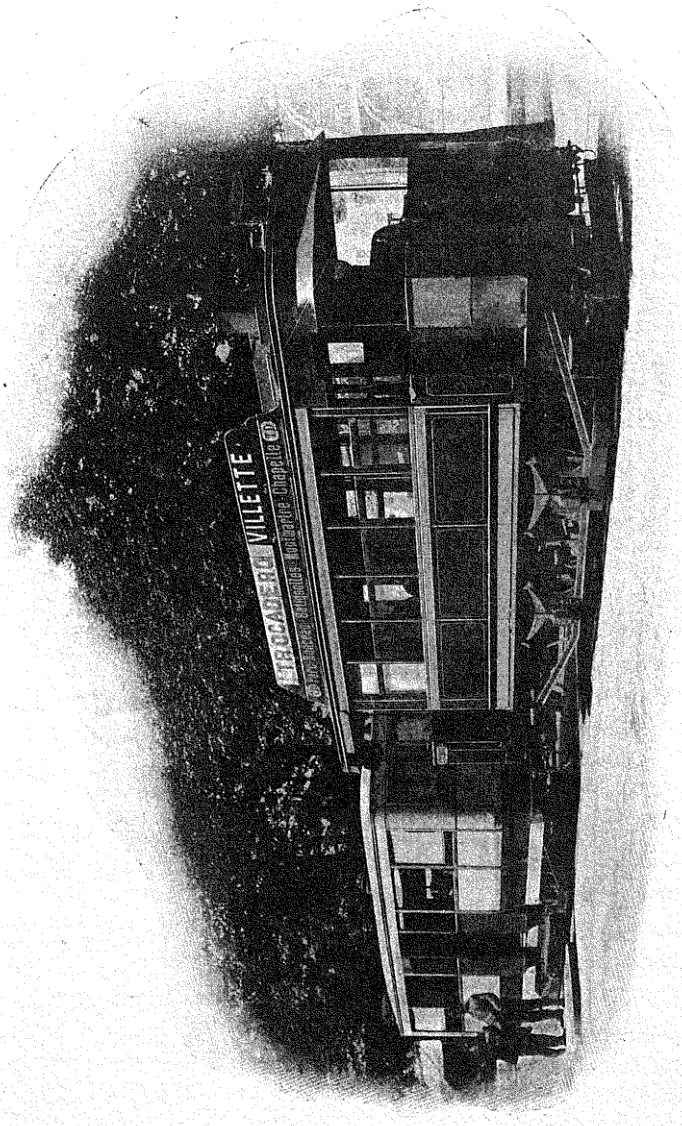


Fig. 378. — Automotrice à vapeur système *Parrey* et remorque.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mécanicien doit ramener sa poignée après un serrage du frein automatique, ou, lorsque, après avoir fait un serrage du frein direct, il se prépare à faire un serrage du frein automatique sur les remorques.

Position V (serrage du frein automatique). — Dans cette position, la conduite générale est mise en communication avec l'atmosphère par la cavité *c ;* on produit ainsi une dépression proportionnelle au temps pendant lequel on laisse la poignée dans cette position.

Pour obtenir un serrage graduel, on doit procéder par des mouvements successifs vers cette position, jusqu'à ce qu'on ait obtenu le serrage voulu. En principe, il est préférable de s'y prendre assez à l'avance pour freiner, afin de ne pas effectuer des arrêts trop brusques qui fatiguent le matériel et déplaisent aux voyageurs. L'arrêt complet doit pour cela s'effectuer avec une faible pression d'air (1/2 à 1 kilogramme).

Les robinets anciennement en service comportent dans le tiroir un petit orifice qui se trouve en communication avec l'échappement lorsque le robinet est dans la position I.

Le sifflement de l'air qui s'échappe ainsi a pour but d'attirer l'attention du mécanicien et de lui rappeler qu'il ne doit pas maintenir le robinet dans cette position plus longtemps qu'il ne faut pour amorcer le débloquage des freins, et pour éviter ainsi d'atteindre dans la conduite générale la même pression que dans le réservoir principal.

Motrices à deux têtes. — Certaines motrices électriques, qui peuvent marcher indifféremment dans les deux sens, possèdent deux postes de commande.

Elles sont alors munies d'un robinet dont la poignée peut être enlevée à la position II ; dans ce cas, il y a une seule poignée par voiture, et le wattman transporte cette poignée d'une extrémité à l'autre en même temps que la manivelle du contrôleur (1).

(1) Notice de la Société des Freins Soulerin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les *réservoirs à sable* sont disposés dans l'intérieur de la voiture, sous les banquettes, aux deux extrémités des caisses à eau; des tuyaux partent de ces réservoirs et viennent en avant des roues d'avant, ou en arrière des roues d'arrière, pour permettre de sabler la voie dans les deux sens en avant des roues. Les orifices des tuyaux sont normalement recouverts par des papillons, que le mécanicien fait pivoter au moyen d'arbres verticaux reliés, par des tringles et des leviers, à des pédales s'élevant un peu au-dessus du plancher de la plate-forme d'avant, lorsqu'il veut faire tomber du sable sur la voie. Les sablières peuvent être aussi commandées de la plate-forme arrière par le receveur au moyen de leviers venant s'appliquer, au repos, contre la paroi de la caisse, à droite. Le conducteur dispose enfin d'un troisième levier pour fermer l'obturateur d'admission de vapeur en cas d'indisposition ou d'accident survenu au mécanicien, en même temps qu'il serre le freins et fait tomber du sable sur la voie.

87. Les automotrices Purrey sans impériale (*fig.* 378) de la Compagnie des Omnibus sont toutes munies d'un ***chasse-corps à extension automatique*** étudié par M. MARIAGE, ingénieur en chef des services techniques de la Compagnie, et dont il peut être intéressant d'indiquer le fonctionnement.

Le principe de cet appareil (1) repose sur l'emploi de cadres résistants et légers, disposés entre l'avant de l'automotrice et le chasse-corps, de façon à être sûrement heurtés par toute personne tombant devant le train ou se jetant sous les roues; ces cadres sont montés de telle sorte qu'ils pivotent à la rencontre d'un obstacle un peu résistant, entraînant immédiatement l'abaissement du chasse-corps contre le sol et la mise en action des freins, et cela d'une façon automatique, c'est-à-dire sans l'intervention du mécanicien.

Les cadres de protection sont ici au nombre de trois (dans

(1) *Portefeuille économique des machines*, numéro de mars 1906.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

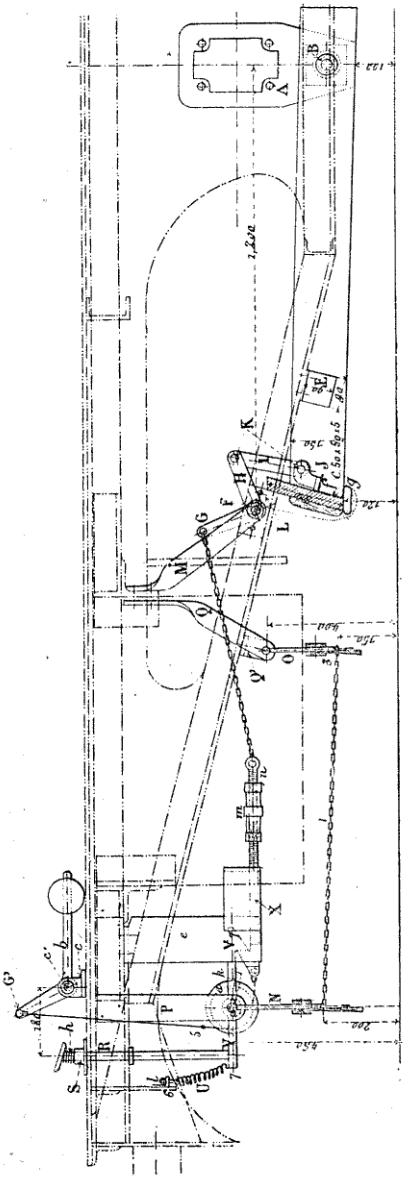


Fig. 379. — Chasse-corps à extension automatique système *Mariage*.

d'autres systèmes de voitures ils se réduisent à celui d'avant seul) : un cadre N ayant toute la largeur de l'automotrice et monté tout à fait à l'avant du châssis (*fig.* 379) et deux cadres latéraux O, O, disposés à environ 35 cm de la planche du chasse-corps, aux points où la distance entre le châssis de la voiture et le sol n'est plus que de 35 à 40 cm ; les cadres O, O n'ont que 40 cm de longueur.

Les trois cadres sont constitués par un treillage de fil de fer à mailles écartées de 50 mm, monté sur un cadre métallique léger; l'armature supérieure consiste en une barre de fer rond de 25 mm montée librement dans quatre supports P fixés à des fers du châssis et autour de laquelle les cadres peuvent pivoter; à leur partie inférieure, les cadres sont terminés par une garniture en piassava prise entre des lattes de bois. Cette garniture, dans le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cadre avant, descend à 150 mm du sol lorsque l'automotrice ne contient pas de voyageurs, et les garnitures latérales à 120 mm ; ces distances sont réduites à 100 mm environ lorsque la voiture est chargée, de sorte que les balais ne peuvent venir frotter sur le sol et qu'un déclenchement inopiné n'est pas non plus à craindre ; d'autre part, cette faible distance ne permettrait pas à un corps, même d'enfant, de passer sous les cadres sans les heurter.

Le chasse-corps proprement dit est constitué par une forte planche transversale et par deux planches longitudinales solidement assemblées à la première par des équerres intérieures et extérieures C et D ; les planches longitudinales sont guidées par d'autres équerres intérieures E et articulées à des axes B, fixés sur des fers supportés par les boîtes à huile de l'essieu avant de l'automotrice.

L'avant du chasse-corps est soutenu au moyen d'un ensemble de bielles et de leviers G, H, I, retenus par une chaîne reliant le levier G à l'extrémité en forme de crochet contourné de la pièce X. L'autre extrémité de cette pièce s'engage dans le verrou V, maintenu par le ressort U, mais qui peut pivoter autour de son milieu, soit par l'action du mécanicien appuyant sur la pédale de la tige R, soit lorsqu'un obstacle quelconque sur la voie vient à être heurté par le cadre N : ce cadre pivote alors et dans son mouvement entraîne la came K, qui soulève le verrou V en dégageant la partie en prise de la pièce X.

Le déclenchement du verrou produit celui du chasse-corps ; ce dernier, entraîné par son poids et par l'action du ressort à boudin d, oscille autour de l'axe B, et sa partie avant vient appuyer sur le sol. Une chaînette relie d'autre part un point du levier C′ à la poignée du robinet du frein à air comprimé, et de telle sorte que la chute du chasse-corps amène ce robinet dans la position extrême droite correspondant au serrage automatique maximum sur tous les véhicules du train (1). L'arrêt

(1) Ce dispositif a été remplacé depuis par une soupape placée sur la conduite générale et qui s'ouvre dans la chute du chasse-corps.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doit donc être obtenu dans un temps et sur un espace très courts, et c'est bien ce qu'ont fait ressortir les expériences; si le mécanicien, se conformant aux instructions reçues, a soin d'appuyer sur la pédale des sablières, cet arrêt, sur palier

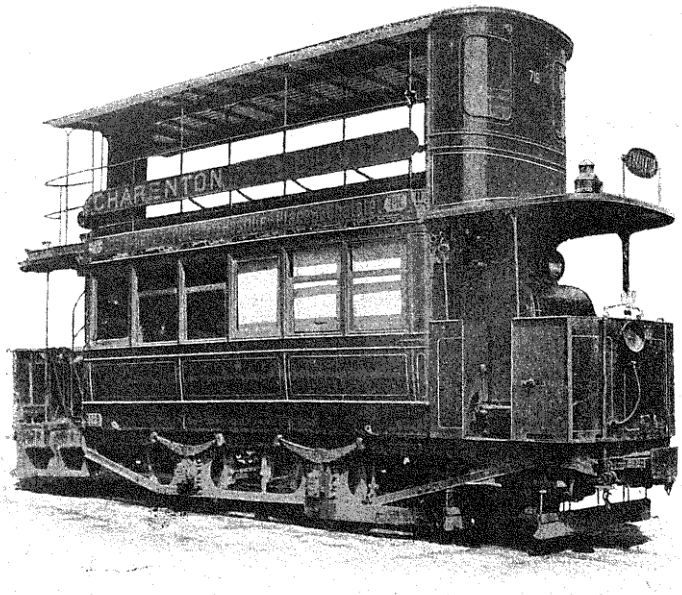


Fig. 380. — Automotrice Purrey à impériale.

ou faible pente, et à plus forte raison sur rampe, peut être presque instantané.

La planche transversale du chasse-corps est munie à sa partie inférieure de ressorts en feuillard de 10 mm de largeur, qui sont fixés au moyen de vis à bois; dans le cas de chute, ce sont ces ressorts qui frottent sur le sol, en protégeant les planches du chasse-corps et en les empêchant de se détériorer.

Dès que le verrou V est dégagé de la pièce X, le ressort U le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rappelle dans sa position normale ; la chute du chasse-corps, en entraînant la pièce X vers l'arrière, fait aussi pivoter le levier C *b* qui est relié au déclic par une chaîne passant sur une poulie-guide *a* : pour remettre le chasse-corps dans sa position normale et enclencher le verrou, le mécanicien n'a ainsi qu'à appuyer fortement le pied sur le levier *b*.

Pour assurer le fonctionnement du chasse-corps, il suffit de mettre de temps en temps une goutte d'huile dans le trou de graissage de chacun des supports de l'arbre F, et de le faire déclencher au moins chaque jour, l'automotrice étant arrêtée, en appuyant à la main sur la pédale de la tige R.

88. ***Poids.*** — Les poids sur les essieux des automotrices Purrey à impériale et sans impériale en ordre de marche (approvisionnements et outillage au complet), avec et sans voyageurs, varient suivant les séries des trucks et le poids des caisses ; ils sont en moyenne les suivants :

Poids à vide.....	10.000 kg	9.600 kg
Essieu avant.....	6.700 —	6.300 —
— arrière.....	3.300 —	3.300 —
Poids en charge complète....	13.600 —	12.000 —
Essieu avant.....	7.300 —	6.500 —
— arrière.....	6.300 —	5.500 —

89. ***Préparation et conduite.*** — Le générateur ayant été empli d'eau au moyen de la pompe à main à bonne hauteur, c'est-à-dire au-dessus des tubes, et la grille bien nettoyée, on fait l'allumage au moyen de chiffons gras et de bois sec sur lequel, aussitôt pris, on fait descendre le coke de la trémie au moyen du pique-feu. En poussant vivement le feu, on peut obtenir une pression de 4 à 5 kg au bout d'un quart d'heure ou de vingt minutes, mais à ce moment le briquetage du foyer n'est pas encore à une température suffisamment élevée, et, pour que cette température atteigne le rouge-cerise clair, où le générateur peut être considéré comme bien chaud, il faut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

conduire l'allumage plus lentement et le faire durer environ une heure.

Pendant ce temps, les visiteurs de dépôt font, d'après les indications du chef de service, les réparations demandées par le machiniste : remplacement de tubes, réglage du flotteur, réfection des garnitures de tiges de tiroirs et de pistons; ils tendent aussi les chaînes, si c'est nécessaire, règlent les sabots de frein, remplacent les tubes douteux (qu'on reconnaît à leur couleur brune), inspectent les bandages pour s'assurer qu'ils ne sont pas desserrés, etc. Autant que possible, le chef de service a assisté la veille au soir à la rentrée au dépôt et à la mise sur fosse de l'automotrice, et il a pu constater à un démarrage (effectué en serrant au besoin un peu le frein à main) les cognements de bielles, le déréglage de la distribution, les fuites aux garnitures, le manque de graissage des cylindres, etc., de manière à pouvoir indiquer les réfections à faire la nuit, en questionnant encore le machiniste sur le fonctionnement de l'automotrice.

En arrivant au dépôt, le mécanicien se rend compte aussitôt du niveau de l'eau dans le générateur et de l'état du feu, et règle ce dernier suivant la pression et suivant le temps dont il dispose avant la sortie ; il gratte la grille, fait tomber du coke de la trémie si c'est nécessaire, ouvre plus ou moins le cendrier et fait ensuite le graissage des boîtes à huile des plaques de garde, de l'excentrique des pompes, des glissières et des paliers du moteur, enfin il garnit le graisseur de cylindre. (L'emplissage des carters du mouvement et des chaînes est fait par les soins du dépôt à une hauteur réglée par une jauge, de manière qu'il y ait barbotage efficace sans projection trop grande d'huile au dehors.) Le mécanicien emplit ensuite les sablières de sable sec et fin et s'assure de leur bon fonctionnement, il vérifie le niveau de l'eau des bâches, l'emplissage de la trémie à coke, le réglage du frein à main et le fonctionnement du petit-cheval.

Avant de démarrer, il ouvre légèrement l'obturateur de prise

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de vapeur du moteur pour réchauffer la boîte à vapeur et les cylindres (ainsi que l'huile du carter, en hiver), — le frein à main étant bien serré et la purge de la boîte à tiroirs ouverte; il conserve cette purge ouverte pendant les premiers instants du démarrage.

Toutes les manœuvres dans le dépôt doivent se faire avec prudence, à faible allure et en tenant compte des signaux. En cours de route, la marche doit être aussi régulière que possible, sans être inutilement forcée. D'une manière générale, toute augmentation de vitesse donne lieu à une augmentation proportionnellement plus grande de combustible, de graissage et surtout d'entretien; les risques d'accident sont également plus grands. Les démarrages, dès les premiers tours de roues, doivent être accélérés, mais sans brusquerie et sans faire patiner la machine sur place ; les rampes doivent être montées à bonne allure, afin qu'on ne soit pas obligé de trop forcer la vitesse sur les pentes et les paliers. Lorsque le rail est gras, on doit sabler légèrement au moment de l'arrêt, pour empêcher tout patinage initial au démarrage suivant.

Le fonctionnement du flotteur doit être vérifié fréquemment et aidé au besoin, la porte du cendrier manœuvrée de manière à éviter le panache et en même temps un excès de pression qui ferait lever les soupapes de sûreté, mais il faut avoir encore en temps voulu la pression nécessaire pour réaliser la vitesse réglementaire de marche; d'une manière générale, la porte du cendrier sera fermée à l'arrivée à chaque point d'arrêt, avant l'obturateur de vapeur lui-même, et ouverte un peu avant le démarrage.

La grille peut être simplement grattée au terminus, suivant la longueur du parcours, mais elle doit être soigneusement décrassée au retour à la tête de ligne. Le détachage des mâchefers est facilité par le rafraîchissement de la grille obtenu au moyen d'un tuyau de purge qui est branché sur le tuyau d'échappement du moteur et qui conduit la vapeur condensée dans le cendrier; en mettant en marche, un peu avant l'arrivée,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le petit-cheval, dont l'échappement se fait dans le cendrier, on obtient le même résultat de solidifier et refroidir le mâchefer et l'empêcher de couler entre les barreaux, et on l'enlève alors facilement. Pendant ce temps, le coketier de service au terminus emplit les bâches à eau et la trémie à coke, et le visiteur passe l'inspection de la voiture, principalement des bandages des roues et des organes ou parties que lui signale le mécanicien.

Le décalage complet des bandages, avec perte des vis, n'est pas dangereux sur les voies à contre-rail, le boudin empêchant le bandage de quitter la roue d'un côté ou de l'autre. Mais sur les voies sans contre-rail, et si les bandages n'étaient pas munis d'un talon extérieur, un pareil desserrage pourrait être dangereux, le bandage pouvant alors quitter la roue et produire le déraillement de l'automotrice. Le mécanicien passe lui-même la visite des pièces qui ont tendance à se desserrer, après avoir réglé l'ouverture du cendrier et la descente du coke sur la grille et alimenté au besoin un peu le générateur avec le petit-cheval, de manière que le feu soit bien pris au moment du départ sans que la pression puisse trop s'élever.

La porte du cendrier ne doit pas être calée lorsque l'on décrasse le feu, afin qu'elle puisse se fermer sous un afflux de vapeur venant du foyer.

Un tube crevé peut se changer au terminus, en remplaçant la voiture pour un tour dans son service par celle de réserve.

A la rentrée définitive de la voiture au dépôt, après la fin du service, il faut, suivant les instructions du jour, jeter le feu ou bien le conserver, en décrassant simplement la grille; vider dans ce dernier cas le cendrier et faire une extraction totale ou partielle avec une pression de 4 à 5 kg, pour chasser les boues déposées dans les collecteurs en profitant, en cas d'extraction complète, du vide partiel créé dans le générateur pour graisser la garniture du flotteur, dans laquelle l'huile pénétrera sous l'influence de ce vide et de la pression atmosphérique. Lorsque les automotrices entrent au dépôt à chaque tour, ou seulement au moment des repas, on fait aussi une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

extraction aussi abondante que possible pour empêcher l'entartrement des tubes.

Par les temps froids, il faut protéger la tuyauterie et les appareils d'alimentation contre la gelée par des tôles et un bon enveloppement des tuyaux. L'huile du carter doit être réchauffée, le matin, avant la sortie du dépôt, au moyen d'une briquette de charbon de Paris placée dans une petite logette en tôle perforée fixée extérieurement à la partie inférieure du carter. Les articulations de la timonerie du frein, le cylindre à frein et le distributeur doivent être graissés au pétrole (comme le compresseur d'air), l'huile commençant à s'épaissir dès que la température descend à 3 ou 4° au-dessus de zéro; il faut se servir fréquemment du frein à main pour effectuer les ralentissements ou les arrêts prévus, afin de faciliter le fonctionnement des divers axes ou organes; et, dans les stationnements ou arrêts de plus de une ou deux minutes, desserrer le frein à air et serrer le frein à main *modérément*.

Dans un service de tramways à départs rapprochés, on n'a pas avantage à effectuer la réparation et la mise en état de fonctionnement d'une automotrice en panne si cette réparation doit demander plus de 5 à 10 minutes, et si l'avarie n'empêche pas d'autre part la voiture d'être poussée par la suivante, ce qui est le cas pour une avarie se produisant à la chaudière ou aux appareils d'alimentation. Mais pour une avarie au mécanisme, il faut avoir soin de bien fixer les pièces faussées ou rompues, afin qu'elles ne puissent être heurtées par les organes en mouvement, avant de faire pousser l'automotrice.

Parmi les avaries ou défectuosités de fonctionnement qui se produisent le plus fréquemment, on peut noter la déchirure d'un tube entartré, le non-fonctionnement du flotteur ou des appareils d'alimentation, entraînant parfois un coup de feu général au collecteur inférieur et à tous les tubes; pour le moteur et la transmission, la rupture d'une tige de tiroir, d'un boulon de tête de bielle, de l'arbre-vilebrequin, d'une chaîne :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la mesure la plus simple pour permettre à l'automotrice d'être poussée sans autre dégât consiste à faire tomber les deux chaînes dans les carters, si le démontage de ces derniers n'est pas trop difficile.

En cas de rupture d'une chaîne, l'automotrice peut continuer avec la chaîne ou les chaînes restantes.

Sur les voies pavées en bois, les ruptures d'essieux sont assez fréquentes, par suite du surécartement des rails sous la poussée des pavés de bois mouillés par la pluie ou par l'eau d'arrosage; il en résulte une sorte de pression par levier exercée par les contre-rails sur la partie inférieure des boudins, qui soumet l'essieu à un effort constant et amène sa rupture après un parcours parfois très faible (moins de 40.000 km).

En cas de rupture d'essieu, il faut lever l'avant ou l'arrière de l'automotrice, suivant le cas, pour les faire reposer sur un lorry spécialement construit à cet effet; si la ligne comporte des courbes descendant au-dessous de 30 m, il faut

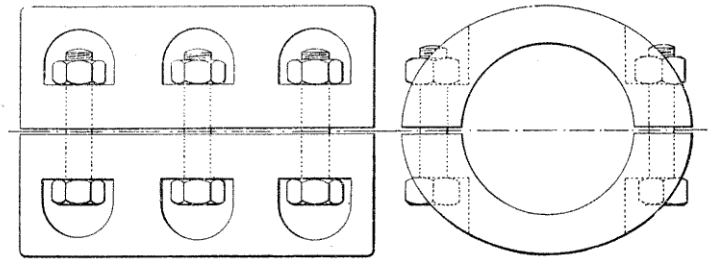


FIG. 381. — Collier servant à maintenir les deux parties rompues d'un essieu.

lever les deux extrémités de la voiture pour passer un bogie sous chacune d'elles, car la circulation dans ces courbes serait impossible en raison du grand empattement existant entre le pivot du bogie et l'essieu fixe, dont les boudins des roues se coinceraient dans ces courbes.

Lorsque l'essieu est rompu dans un endroit accessible et tel que les deux parties puissent être rapprochées et serrées dans un long et fort collier en acier coulé (*fig.* 381), l'automo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trice pourra continuer ensuite d'elle-même si l'essieu rompu est l'essieu accouplé, *après avoir démonté les chaînes ou les bielles d'accouplement;* si cet essieu est un essieu moteur, la voiture devra être poussée ou remorquée, en ayant soin, dans les deux cas, de ralentir beaucoup la vitesse au passage des aiguilles et croisements de voies.

Les réparations essentielles ou urgentes signalées par le mécanicien et reconnues nécessaires par le chef de service, notamment celles concernant la sécurité, sont effectuées avant la sortie de la voiture le lendemain, ainsi que le réglage des sabots de frein, la réfection des garnitures du moteur et de l'obturateur, le remplacement des tubes entartrés qui se reconnaissent à leur couleur rouge brique, etc., comme on l'a indiqué plus haut.

(Au sujet de l'entretien de nuit, nous reproduisons en appendice note II, les instructions données par la Compagnie générale des Omnibus à ses chefs de dépôt de traction mécanique.)

90. ***Travaux d'entretien.*** — En dehors des visites et des petites réparations journalières qui peuvent nécessiter l'arrêt de la voiture pendant un tour, l'entretien comprend des travaux déterminés dont quelques-uns s'exécutent à époque fixe, après un nombre déterminé de jours de marche, et les autres après un temps variable, qui dépend généralement de la manière dont la voiture a été conduite et soignée par le mécanicien.

91. ***Travaux effectués le jour du lavage du générateur,*** après quatorze jours de marche et un parcours de 1.600 à 2.000 km. — La grille est démontée et le chef d'équipe passe la visite des tubes en indiquant à l'ouvrier tubiste ceux qui sont à remplacer; le générateur est soigneusement lavé; les tubes sont brossés, raclés extérieurement et intérieurement, le briquetage du foyer est visité et réparé s'il y a lieu. Les robinets de vidange, d'alimentation, de retour à la bâche, sont dé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

montés et rodés, ainsi que la vanne de vapeur du petit-cheval et les clapets des pompes; le flotteur est visité, la garniture de la tige refaite et la longueur de la tige de commande du robinet de retour d'eau à la bâche soigneusement réglée; la tuyauterie est réparée et du serrage donné au collier d'excentrique des pompes s'il y a lieu.

Le carter du moteur et les chaînes sont démontés, ces dernières vérifiées, raccourcies, ou remplacées au besoin si elles sont trop allongées. On retire le jeu des coussinets des bielles, des paliers, des colliers d'excentriques de distribution, et on sonde l'arbre moteur pour s'assurer qu'il n'est pas fissuré; les fonds de course des pistons sont vérifiés et réglés, les tiroirs et cylindres visités, la distribution revue et corrigée, les garnitures des tiges de pistons et de tiroirs refaites à neuf.

On passe la visite complète du truck; les essieux, les bandages et les roues dentées de chaînes sont sondés, les sablières et les mouvements de frein et d'obturateurs examinés. On rode le robinet de manœuvre du frein et la glace de l'obturateur de prise de vapeur du moteur. On nettoie le châssis et les boîtes d'essieux, on vide et on nettoie le carter du moteur et la bâche en toile, on visite enfin les organes mobiles du chasse-corps à déclenchement automatique.

Le soir, on met le générateur en pression et on fait tourner le moteur sur place avant de remonter les chaînes, pour s'assurer que les bielles, les paliers et les excentriques de distribution auxquels on a donné du serrage ne chauffent pas; ou bien, les chaînes étant remontées, on fait faire quelques centaines de mètres à la voiture sur les voies de dépôt.

92. ***Levages.*** — Les automotrices sont arrêtées à tour de rôle après un parcours de 12.000 à 25.000 km, suivant leur état de fatigue, pour une période de douze à quinze jours, pour changer les essieux et remettre la chaudière, les appareils d'alimentation, le mécanisme, la transmission, le châssis et les appareils de sécurité en parfait état.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On démonte tous les tubes du *générateur* et on les remplace par des tubes neufs ou par des tubes réparés, qu'on a recuits, redressés, battus, décapés à l'eau acidulée, et recintrés après avoir remplacé les deux branches du bas par un bout de tube neuf; les collecteurs sont sondés (des fissures se produisent à celui du bas entre les trous des tubes surchauffeurs, du côté du foyer, par suite d'un chauffage excessif du métal, et quelquefois aussi sur toute la longueur du collecteur, lorsque le générateur a reçu un coup de feu par manque d'eau), grattés et repeints, la tôlerie est piquée et repeinte au minium, les tôles piquées sont réparées ou remplacées, le gueulard est également remplacé s'il se trouve brûlé ou déformé. Le briquetage du foyer est refait à neuf, les tôles de la cheminée sont examinées soigneusement et réparées s'il y a lieu, ainsi que la trémie et le tampon arrière du générateur.

On fait une visite complète de la pompe d'alimentation et du petit-cheval, on remplace les segments des pistons à eau, les tiges et les boîtes à clapet si c'est nécessaire. Toute la robinetterie est démontée et rodée, la tige du flotteur est mise sur les pointes d'un tour pour s'assurer qu'elle n'est pas faussée, le presse-étoupe est également vérifié et refait, le mouvement de commande revu et réglé et le jeu des articulations retiré. Toute le tuyauterie d'alimentation est passée au feu et recuite.

Le *moteur* est descendu et placé sur des tréteaux à côté de l'établi des ajusteurs, l'arbre moteur est sondé pour s'assurer qu'il ne présente pas de commencement de cassures au raccordement des manivelles, les queues d'aronde sont rafraîchies, les coins de distribution sont munis de cales et réajustés, le jeu des poulies d'excentriques repris, ainsi que celui des plaquettes et des guides et articulations des organes du changement de marche. Les segments de pistons moteurs sont généralement remplacés, les tiroirs et leurs glaces dressés, les tiges rafraîchies ou changées, les boîtes à garniture munies de bagues pour la suppression de tout jeu nuisible. Les cous-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sinets des bielles et des paliers sont remplacés par des coussinets neufs ou fraîchement régulés, ayant une épaisseur suffisante pour permettre d'interposer entre leurs parties des cales en laiton d'une épaisseur totale d'au moins 6 mm : ces cales sont retirées les jours de lavage au fur et à mesure de l'usure des coussinets. Le jeu des glissières de têtes de pistons est retiré au moyen de cales intercalées entre les crosses et les glissières, tous les clavetages sont vérifiés, enfin la distribution est réglée et le moteur remonté sur le châssis.

Le *châssis* est gratté et visité minutieusement, les rivets ébranlés et les tôles et les cornières fissurées sont remplacés, les essieux montés sont changés ainsi que leurs coussinets, lesquels doivent être ajustés sans dépouille, pour ne pas prendre rapidement un jeu important par l'action des chaînes et du frein. Les chaînes seront remises à neuf par le remplacement des axes et des garnitures, les clavetages des roues dentées et de l'excentrique des pompes vérifiés et changés s'il y a lieu. Toute la timonerie des freins, des sablières et de l'obturateur est démontée, les axes ayant du jeu sont remplacés ou les œils bagués, le chasse-corps automatique est démonté et remis à neuf. Le robinet de manœuvre du frein à air et l'obturateur de prise de vapeur du moteur sont démontés et dressés, les cuirs du piston de frein et du distributeur visités, la tuyauterie d'air et celle de vapeur démontées et soigneusement visitées, puis remontées. Enfin, la peinture du châssis et celle de la caisse sont refaites, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Le châssis étant ensuite descendu sur ses roues, on allume le générateur et on essaie les appareils d'alimentation, le moteur (avant de remonter les chaînes) et les appareils de freinage et de secours ; puis on fait faire à la voiture un parcours haut le pied d'une dizaine de kilomètres avant de la remettre en service, toutes les défectuosités reconnues par le chef d'équipe de l'atelier, qui conduit lui-même, ayant été corrigées après ce voyage d'essai.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

93. ***Changement de roues.*** — Peu après que le levage de la voiture a été fait, on peut avoir à remplacer les essieux par suite de bandages ébranlés ou ayant des plats, ou encore à la suite d'essieu rompu ou faussé. En plus de ce remplacement, on effectue généralement, au truck, les travaux entrepris les jours de lavage, de manière que l'automotrice puisse faire quinze ou seize jours de service sans nouvel arrêt. L'ensemble du travail ainsi compris demande généralement deux jours.

94. ***Automotrices Purrey avec condenseur.*** — Dans le but de supprimer le panache de vapeur provenant de l'échap-

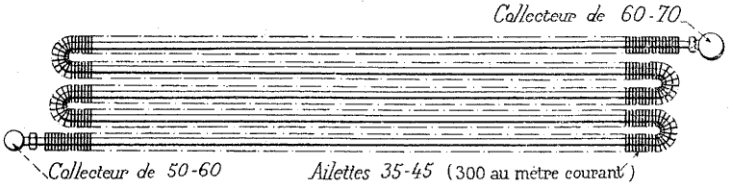


FIG. 382. — Condenseur à air G. A.

pement du moteur, et qui se manifeste avec une certaine intensité par les temps froids, — puis d'alimenter le générateur avec de l'eau épurée, — enfin en vue de supprimer le réapprovisionnement d'eau à la tête de ligne, on a fait l'essai sur quelques automotrices d'un condenseur à air déjà employé précédemment sur une voiture de tramway système Serpollet chauffée aux huiles lourdes.

Ce condenseur est formé (*fig.* 382) d'un tuyau collecteur de gros diamètre, placé longitudinalement à droite sur la toiture, et dans lequel se rend d'abord la vapeur sortant des cylindres, après s'être débarrassée, par sa détente brusque et un changement de direction, de la plus grande partie de l'eau et de l'huile qu'elle contenait dans une sorte de caisse cubique de grand volume accolée au moteur. Le collecteur distribue la vapeur d'échappement dans un grand nombre de serpentins reposant sur des tasseaux en bois fixés à la toiture, et constitués chacun par un tuyau en acier à cinq branches muni d'ailettes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même métal, comme un refroidisseur d'eau de moteur à pétrole. La vapeur se condense dans ces serpentins par l'air qui se renouvelle pendant la marche, et l'eau qui en résulte se rend dans un second collecteur placé en regard de celui de vapeur,d'où elle descend dans un filtre à coke ou à gravillons placé sur le générateur; elle s'y débarrasse d'une partie de l'huile que renfermait encore la vapeur, et tombe finalement dans une bâche spéciale située sous le plancher de la plate-forme d'avant, en arrière du foyer, et communiquant avec les bâches de la caisse.

Un manomètre est monté sur le tuyau d'échappement des cylindres pour indiquer la contre-pression au condenseur; cette contre-pression n'est pas sensiblement plus élevée que dans la marche à échappement libre, et elle est même plus faible en hiver, dans les parcours en palier ou en faible pente ou rampe, où elle tombe parfois en dessous de la pression atmosphérique.

L'échappement dans la cheminée étant supprimé, un souffleur est nécessaire pour activer la combustion à la montée des fortes rampes; le tirage naturel suffit dans les autres parties du parcours. Ce souffleur peut être constitué par un robinet à deux voies, de manière à prendre à volonté la vapeur dans la chaudière ou sur le refoulement au condenseur; dans ce dernier cas, il agit d'une manière automatique, proportionnellement à la dépense de vapeur du moteur, variant et cessant avec cette dépense : cette disposition présente encore l'avantage, dans les montées, de diminuer la quantité de vapeur à condenser et par suite la contre-pression sur les pistons. Dans les arrêts et les stationnements, le souffleur prend la vapeur dans la chaudière, mais il n'est utile qu'après les décrassages, lorsque le feu est bas et que le stationnement est de peu de durée.

En dehors de la suppression complète du panache et du bruit de l'échappement, l'emploi d'un condenseur présente de nombreux avantages.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La dépense d'eau est diminuée des trois quarts environ, de sorte que le degré hydrotométrique se trouve réduit d'autant et qu'il n'est plus habituellement que de 5 ou 7°, au lieu de 20 ou 30 : dans ces conditions, les tubes du générateur ne s'entartrent pas, ils ne se brûlent pas non plus, leur conductibilité reste très bonne et la production de vapeur élevée. Ensuite l'alimentation étant faite avec de l'eau à 80° environ, au lieu de 12°, température moyenne ordinaire, la vaporisation par kilogramme de coke est augmentée théoriquement de

$$\frac{80 - 12}{660} = 10{,}3\ 0/0;$$

pratiquement, cette augmentation, par suite du rendement du générateur, qui n'excède pas 60 0/0, s'élève à

$$10{,}3 : 0{,}6 = 17\ 0/0.$$

D'un autre côté, la marche se faisant au tirage naturel, les gaz s'échappent à une température moins élevée et leur rendement est augmenté : de fait, les voitures munies de ce condenseur dépensent sensiblement moins de coke par kilomètre que les voitures ordinaires ; l'économie (10 à 12 0/0) est cependant plus faible que le chiffre ci-dessus, parce que le condenseur et les accessoires augmentent de près de un dixième le poids des voitures ; au lieu de 2,7 kg, la consommation par kilomètre automotrice converti est de 2,5 kg environ.

La dépense d'huile de graissage des cylindres est réduite considérablement ; dans la marche à régulateur fermé, l'aspiration produite par les pistons ne se faisant plus dans la cheminée, mais dans le condenseur, les vapeurs à basse tension émises par l'eau chaude de ce dernier viennent lubrifier les cylindres au lieu de les échauffer et de les rayer, comme les gaz et la suie aspirés habituellement dans la cheminée, de sorte que le graissage peut être ensuite réduit au minimum. De fait, on peut ne pratiquer ce graissage qu'au premier tour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la journée, la dépense d'huile de cylindre se réduit ainsi à moins de 1 g par kilomètre, au lieu de 8 g, dépense moyenne des autres machines.

Enfin, la dépense d'eau étant très faible et le feu moins encrassé et pouvant en outre être activé par le souffleur, le stationnement à la tête de ligne peut être réduit à dix minutes ou même moins, comme dans les tramways électriques à conducteur : la voiture peut alors faire un plus long parcours journalier et le nombre des voitures en service être réduit proportionnellement.

Tous ces avantages compenseraient sensiblement le prix assez élevé du condenseur (1.760 fr.), le supplément de poids qu'il entraîne, et son entretien, qui pourrait être assez élevé en cas d'établissement défectueux. — Une feuille d'amiante de 5 mm d'épaisseur, garnissant tout le dessus de la toiture, peut suffire à protéger le compartiment d'intérieur contre le rayonnement du condenseur en été.

L'huile contenue dans la vapeur d'échappement se trouve précipitée avec l'eau à la partie inférieure de la boîte de grande capacité qui est placée à la naissance de l'échappement ; s'il en pénètre une certaine partie dans la chaudière, il est facile d'en débarrasser les tôles et les tubes par un lessivage à la soude, qu'on applique aussi aux bâches d'alimentation.

95. ***Puissance des automotrices Purrey.*** — Cette puissance dépend de la production normale de vapeur du générateur par heure et de la consommation de vapeur du moteur par cheval-heure ; la première n'excède pas 400 kg, et la seconde est de 15 à 20 kg environ : suivant le degré de surchauffe, la puissance varie ainsi de 20 à 27 chx.

L'effort de traction maximum E du moteur est donné par la formule :

$$E = p \frac{d^2 l}{D} \times n \times A,$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans laquelle p est la pression à la chaudière, égale à 15 kg, chiffre de réglage des soupapes ; d et l, le diamètre des cylindres et la course des pistons en centimètres, égaux respectivement à 17,5 et 16,2 cm ; D, le diamètre des roues, égal en moyenne à 80 cm ; n, le rapport du nombre de tours du moteur au nombre de tours des roues ; enfin A un coefficient de réduction destiné à tenir compte du rendement organique du moteur et du rendement des chaînes : A est égal ici à 0.60 environ pour la vitesse de marche de 16 km à l'heure. Par suite :

$$E = 1.674 \text{ kg.}$$

L'adhérence moyenne, égale au 1/8 environ du poids total de la voiture en charge, a à peu près la même valeur, soit :

$$13.000 : 8 = 1.625 \text{ kg.}$$

La puissance de 27 chx permet la remorque d'un train de 21 t à la vitesse de 16 km sur rampe de 9 mm, ou à la vitesse de 9 km sur rampe de 30 mm.

96. Le générateur primitif des ***automotrices Serpollet*** (*fig.* 382) de la Compagnie générale des Omnibus a été remplacé depuis quelque temps par un générateur système Purrey, semblable à celui des voitures qui viennent d'être décrites, et un peu plus puissant, notamment comme surface de grille et volume du réservoir supérieur. L'alimentation est également assurée par une pompe mue par un excentrique calé sur l'essieu d'avant et par un petit-cheval.

Le mécanisme est disposé entre les longerons, à l'avant du châssis ; il comprend deux cylindres, de 0,150 m de diamètre, dont les pistons, de 0,190 m de course, attaquent un arbre relié à l'essieu avant par deux chaînes « Varietur ». L'essieu arrière est accouplé à l'essieu avant par une chaîne médiane semblable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La distribution est du système Stephenson, comportant une coulisse dont la concavité est tournée du côté de l'arbre et dont les extrémités sont articulées à deux barres d'excentriques : ces derniers sont fondus en une seule pièce et avec un angle d'avance de 30° ; calés à l'extrémité de l'arbre, ils sont entourés d'un collier mobile en deux parties, dont l'une est venue de forge avec la barre d'excentrique articulée

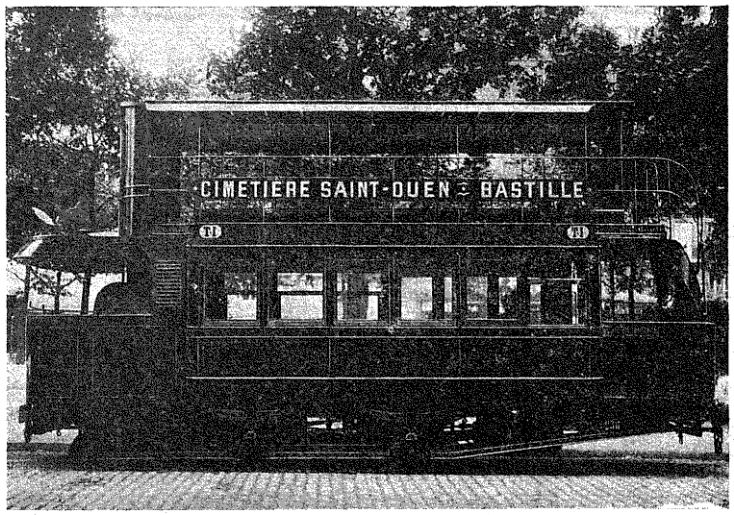


Fig. 383. — Automotrice à générateur *Purrey*.

à la coulisse. Un coulisseau se déplaçant dans la coulisse donne le mouvement à la tige du tiroir en produisant, suivant sa position, la marche avant ou la marche arrière, avec une détente plus ou moins prononcée. La position de ce coulisseau est commandée par un levier à manette, appelé levier de changement de marche, se fixant au moyen d'un verrou dans les encoches d'un secteur denté. La marche en détente étant économique, les machinistes doivent, dès que l'automotrice est démarrée, ramener le levier au premier ou au deuxième cran du secteur après le point mort, suivant le profil ou la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vitesse qu'il est nécessaire de réaliser. Pour la marche sans vapeur (ou à régulateur fermé), le levier doit être poussé à fond de course.

Il faut remarquer que, dans la distribution de Stephenson, c'est la coulisse qu'on déplace (en l'élevant ou en l'abaissant) pour produire le changement de marche et la détente.

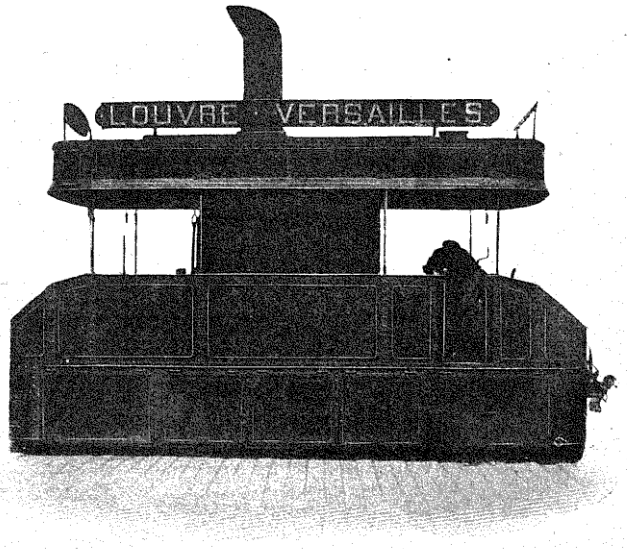


Fig. 384. — Locomotive de tramway à générateur *Purrey*.

La dépense kilométrique de coke de gaz de ces automotrices est environ de 3 kg.

Des voitures Purrey ont été ou sont également employées sur des réseaux de tramways vicinaux, notamment ceux de Reims, de Fourmies-Wignehies et embranchements (depuis 1883), etc. Le générateur, l'alimentation et le mécanisme y sont exactement semblables à ceux qui viennent d'être décrits.

97. *Locomotives à vapeur, à générateur système Purrey.* — Le service de la ligne « Louvre-Sèvres-Versailles »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la Compagnie des Omnibus est assuré, entre le Louvre et le Point-du-Jour, par des locomotives à générateur Purrey (*fig.* 384), provenant de la transformation de locomotives à air comprimé.

Les tubes vaporisateurs sont au nombre de 35, et les surchauffeurs au nombre de 14; ils ont une longueur commune de 3,280 m et un même diamètre intérieur de 19 mm; le diamètre extérieur de la branche inférieure des premiers est de 23 mm, et celui des seconds de 27 mm, de sorte que l'épaisseur des parois est respectivement de 2 et de 4 mm. La surface extérieure des tubes vaporisateurs est de 13,34 m², celle des surchauffeurs de 5,52 m² et la surface de chauffe totale de 18,86 m².

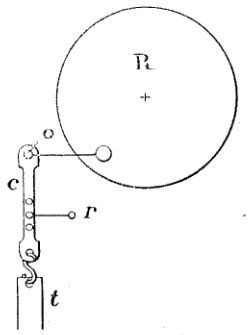


FIG. 385.
Réglage du flotteur.

R, collecteur supérieur; *t*, contrepoids du flotteur; *c*, biellette de réglage; *r*, trou de réglage; *o*, axe de raccordement du levier du flotteur et de la biellette de réglage.

Le collecteur inférieur renferme 4,45 l d'eau et 1,62 l de vapeur, et le collecteur supérieur (le niveau de l'eau arrivant à la hauteur de la prise de vapeur du petit-cheval à main) 94,25 l d'eau et 56,55 de vapeur, en ne déduisant pas le volume du flotteur. Deux tuyaux de retour d'eau de 50 mm de diamètre intérieur et de 520 mm de longueur développée réunissent les deux collecteurs. Le volume d'eau total du générateur est ainsi de 154 l et celui de vapeur de 79 l.

La grille a une longueur de 1,24 m et une largeur de 0,68 m; sa surface est donc de 0,68 m². Elle est inclinée de 22° sur l'horizontale, et elle comporte une partie mobile qu'on peut faire basculer pour le décrassage et pour jeter le feu le soir à la rentrée. La contenance de la trémie est de 0,331 m³ et par suite de 132 kg de coke, à raison de 40 kg par hectolitre. Le poids du générateur est de 2.500 kg.

L'alimentation en eau du générateur est assurée par deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

petits-chevaux système Purrey (*fig.* 366); le fonctionnement automatique de l'un est réglé par le flotteur suivant la hauteur de l'eau dans le collecteur supérieur; ce flotteur règle l'ouverture du robinet de retour d'eau (*fig.* 385) et commande un tiroir qui vient recouvrir plus ou moins l'ouverture de prise de vapeur du petit-cheval, lequel peut ainsi fonctionner à une

A, cylindre moteur surmonté de sa boîte à tiroir; D, glissière inférieure; E, sabre; F, bielle de tiroir; H, bielle motrice; I, tourillon de manivelle motrice; J, bielle d'excentrique; K, coulisse de distribution; L, M, bielle et levier de relevage du coulisseau; N, palier de l'arbre de relevage; O, P, bielle et levier de changement de marche; Q, secteur à crans de fixation du levier P.

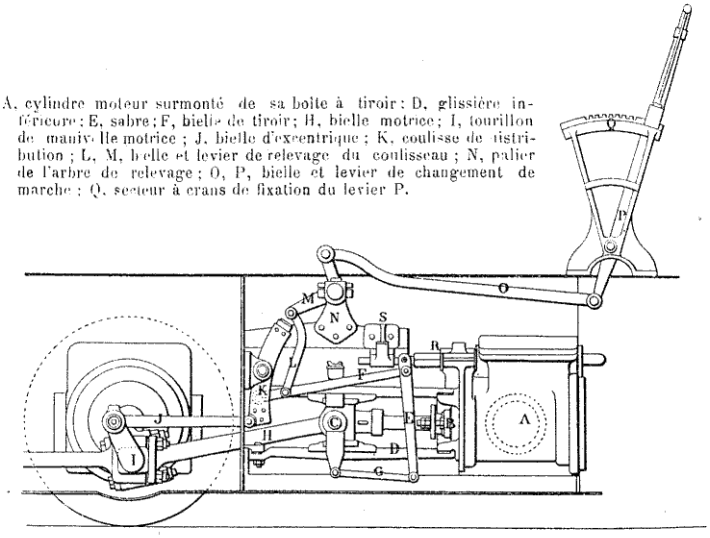


FIG. 386. — Distribution Wa schaërts.

allure plus ou moins rapide. Le second petit-cheval a sa prise de vapeur manœuvrée par le machiniste, comme dans les voitures automotrices. La contenance des deux bâches à eau est de 550 l; cette quantité est largement suffisante pour le parcours, la dépense par kilomètre étant généralement inférieure à 20 l. Celle de coke est elle-même de 3,5 kg pour un train de 33 t de poids total, de sorte que la vaporisation par kilogramme de coke est environ de 6 l d'eau.

Le mécanisme moteur comporte deux cylindres de 220 mm de diamètre et de 280 mm de course de pistons: ces derniers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

attaquent directement l'un des essieux, qui est accouplé au second par des bielles.

Le poids des locomotives en ordre de marche est de 12 t; le diamètre des roues avec bandages neufs est de 760 mm, de sorte que, pour une vitesse de 25 km à l'heure, autorisée dans les parties sur routes hors traverses, le nombre des tours de roues par minute est de 174. La distance du Louvre au Point-du-Jour étant de 7,5 km, et le temps alloué pour le parcours, arrêts déduits, de 26 minutes, la vitesse moyenne de marche est ainsi de 17,3 km à l'heure. Pour effectuer ce parcours dans de bonnes conditions, sans vitesse excessive dans les courbes et aux passages des aiguilles et croisements, il est nécessaire de démarrer franchement pour se mettre tout de suite en vitesse, en relevant cependant la marche dès les premiers tours de roues pour économiser la vapeur et le combustible, et ménager en même temps le mécanisme. Ces démarrages rapides exigent généralement, pour éviter de patiner, l'emploi de sable qu'on doit faire tomber sur le rail à l'arrêt, afin de faciliter le démarrage initial. Les autres prescriptions pour la conduite et l'entretien sont les mêmes que celles qui concernent les voitures automotrices à vapeur ou à air; en outre, les locomotives rentrant au dépôt du Point-du-Jour à la fin de chaque voyage, on peut pratiquer une extraction qui a pour effet d'expulser de la chaudière une grande partie des boues, ce qui retarde beaucoup l'entartrement des tubes. Les vaporisateurs peuvent effectuer ainsi des parcours de 40.000 km en moyenne sans se brûler (à moins d'un coup de feu général par manque d'eau complet); les tubes surchauffeurs, grâce à leur forte épaisseur, font un parcours à peu près semblable avant qu'il soit nécessaire de remplacer leur branche inférieure. A chaque levage de locomotive, après un parcours de 8 à 9.000 km, tous les tubes sont démontés, passés au bain et battus.

Le mécanisme de distribution est du système Walschaerts (*fig.* 386), comportant une coulisse K dont la convexité est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tournée du côté de l'essieu moteur. Cette coulisse est actionnée par un bouton de manivelle excentré (équivalent d'un excentrique) et une bielle J ; la tige du tiroir reçoit aussi en partie son mouvement d'un grand levier E, ou sabre, articulé d'une part à la bielle F du coulisseau et d'autre part à une seconde bielle G reliée à un levier fixé sur la tête de piston.

Ici la coulisse est prise entre ses tourillons, et elle ne peut être ni abaissée, ni relevée comme dans la distribution de STEPHENSON ; c'est le coulisseau que l'on déplace au moyen du mécanisme de relevage pour produire le changement de marche ou la détente.

98. Les Compagnies d'Orléans, du Nord et du P.-L.-M. ont fait construire depuis quelques années un certain nombre d'***automotrices Purrey*** ; le tableau ci-dessous donne les principales conditions d'établissement des premières d'entre elles.

Capacité de la chaudière	262 l
Pression	20 kg
Surface de chauffe S	26 m²
— de grille *s*	0,84 m²
Longueur du collecteur supérieur	1,250 m
Diamètre intérieur	0,400 m
Epaisseur des tôles	0,020 m
Section du collecteur inférieur	0,110 × 0,200 m
Epaisseur des parois verticales	0,025 m
Epaisseur des parois horizontales	0,015 m
Nombre de tubes en U	24
Longueur	1,600 m
Diamètre intérieur	0,017 m
Epaisseur du métal	0,004 m
Nombre des tubes serpentins	49
Diamètre intérieur	0,017 m
Epaisseur	0,0025 m
Contenance de la trémie	0,700 m³
— du réservoir à eau	1,280 m³
Inclinaison de la grille	30°
Diamètre des cylindres HP	0,140 m
— — BP	0,200 m
Course des pistons	0,200 m
Encombrement du moteur	1,800 × 1,200 × 0,400

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	P.-L.-M.	P.-O.
Diamètre primitif des pignons moteurs.	0,360 m	0,360 m
— — des roues dentées....	0,540 m	0,360 m
— des roues motrices.....	0,930 m	1,000 m
Nombre de tours du moteur pour une vitesse de la voiture de 60 km.....	514	319

Les plus récentes voitures de la Compagnie d'Orléans comportent un truck moteur à deux essieux sur lequel repose l'avant de la caisse, dont l'arrière est supporté par un essieu à déplacement; le truck pivote au-dessous de la caisse dans les courbes, et il peut se retirer avec facilité pour l'entretien; comme pour désaccoupler les voitures ordinaires, on défait les tuyaux de frein et de chauffage, puis on retire le boulon de connexion de la barre du frein et la cheville ouvrière; on cale ensuite les roues arrière de la voiture, on soulève l'avant au moyen de deux vérins et on fait avancer le truck soit à l'aide de pinces, soit à l'aide du moteur, si la chaudière est en pression. Ce travail demande environ un quart d'heure.

99. Le ***châssis*** du truck moteur est formé de deux longerons de 18 mm d'épaisseur réunis par des traverses en tôle et des cornières; il repose à l'aide de ressorts à lames sur les deux essieux, qui sont libres (non accouplés) et distants de 3,200 m. L'appui de la caisse se fait sur une traverse centrale portant un pivot et sur deux glissières circulaires latérales. Deux longeronnets relient cette traverse à celle d'arrière pour former le support du moteur, fixé par quatre pattes d'attache sur cette assise. Le truck porte également la chaudière, deux caisses à eau, les appareils d'alimentation, de freinage, de manœuvre et de graissage. Une cabine à face avant inclinée, avec glaces, protège le mécanicien.

100. La ***chaudière*** (*fig.* 387-388) comporte 41 tubes inférieurs en **U** disposés sur deux rangées, pour protéger plus efficacement les tubes de surchauffe, et 41 tubes en serpentin,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont 29 vaporisateurs et 12 surchauffeurs, de 30 mm de diamètre et de 2 mm d'épaisseur de métal. Sa capacité totale est de 450 l, la surface de chauffe de 24,56 m² et celle de surchauffe de 7,48 m², pouvant porter la température de la vapeur à 350°, chiffre déjà un peu trop élevé pour un bon graissage des cylindres et des tiroirs. La grille a une surface de 1,08 m² ; la figure 388 montre qu'elle avait été établie d'abord suivant le système *à secousse*, avec jette-feu horizontal, déjà employé avec succès par la Compagnie d'Orléans sur des locomotives; après les premiers essais, elle a été remplacée par une grille ordinaire, le jette-feu ayant été toutefois conservé. Comme autre modification, la trémie a été munie d'une trappe glissante à coulisse, qui sert à régler l'ouverture d'écoulement du coke dans le foyer; les soupapes de sûreté sont du système Lethuillier et Pinel (*fig.* 389) à guides dirigeant la vapeur qui s'échappe en dessous de la soupape, dont la levée et le débit se trouvent augmentés de ce fait. Le collecteur inférieur est en acier coulé au lieu d'être en fonte;

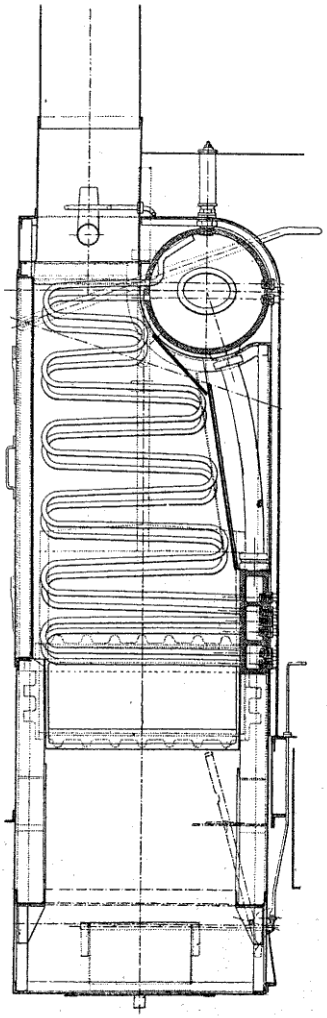


Fig. 387. — Générateur *Purrey*. Coupe suivant l'axe longitudinal de la voiture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le diamètre du collecteur supérieur est de 0,500 m et sa longueur de 1,400 m.

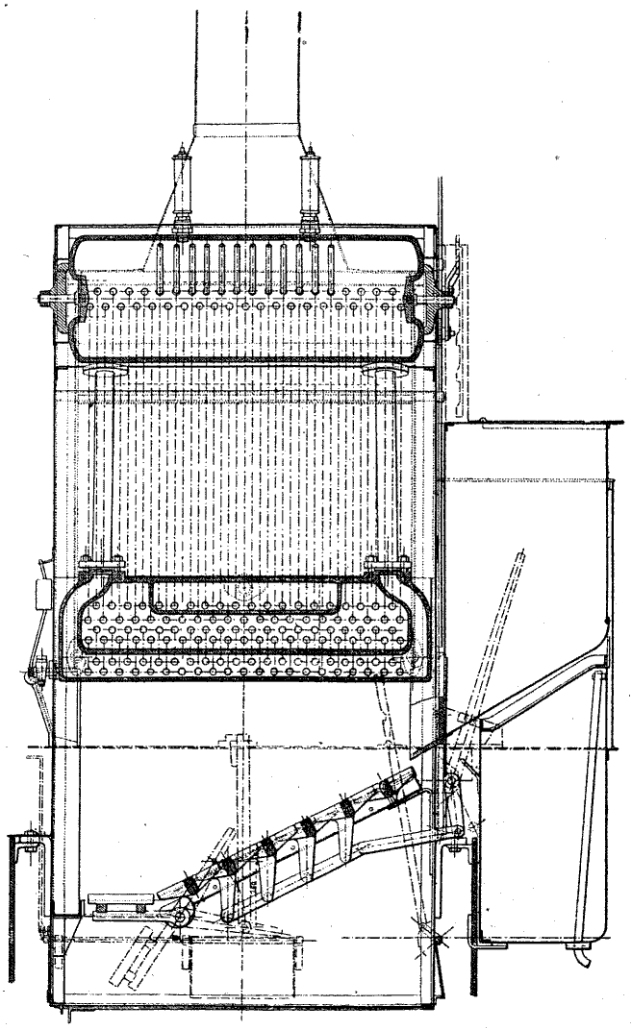


Fig. 388. — Générateur *Purrey*. Coupe transversale.

Le chauffage est fait au coke de gaz n° 1 ou n° 2; la conte-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nance de la trémie est de 6 hl (environ 240 kg), suffisante pour un parcours de 50 km. Il y a deux caisses à eau placées l'une à l'arrière du truck, l'autre en dessous de la trémie ; elles sont reliées par un tuyau de communication ; leur contenance totale est de 1.250 l, bien en rapport avec l'approvisionnement du combustible.

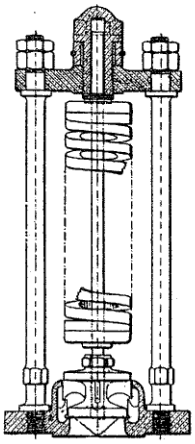


FIG. 389. — Soupape de sûreté *Lethuillier-Pinel*.

Les appareils d'alimentation consistent en deux pompes doubles à vapeur système BLAKE (*fig.* 390) indépendantes, de 76 mm de diamètre de pistons à vapeur, 51 de diamètre de pistons à eau et 76 mm de course commune, dont le refoulement s'effectue aux deux extrémités du collecteur inférieur, dans des boîtes à clapets de retenue ordinaires ; l'ouverture du

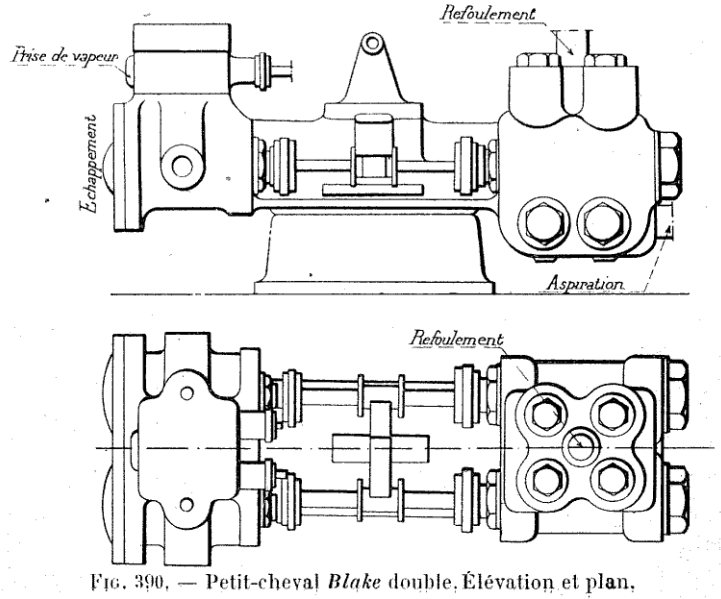


FIG. 390. — Petit-cheval *Blake* double. Élévation et plan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tiroir du régulateur de prise de vapeur de la pompe côté droit est commandée par le flotteur, dont le fonctionnement a besoin d'être absolument parfait. La prise de vapeur de l'autre pompe consiste en un pointeau manœuvré à la main avec tuyau débouchant dans le collecteur au niveau du plan d'eau moyen; la pompe s'arrête ainsi d'elle-même dès que la hauteur de l'eau atteint ce niveau.

Les figures 398 à 400 et notamment la coupe longitudinale (*fig.* 398) et la nomenclature des organes qui l'accompagne, se rapportant à des pompes simples de camions, permettent de se rendre compte du fonctionnement du moteur et de la pompe. Dans les pompes doubles des automotrices dont nous nous occupons, le réglage est plus simple; il consiste toujours à faire effectuer aux pistons leur course entière, sans cognement de chaque côté. Un bon graissage et une étanchéité parfaite des pistons et des tiroirs sont encore des conditions essentielles d'une bonne marche et d'un fonctionnement économique de ces appareils.

101. Le ***moteur*** comprend (*fig.* 391-392) quatre cylindres horizontaux, montés deux à deux en tandem et travaillant en mode Woolf (c'est-à-dire sans réservoir intermédiaire ou avec réservoir d'une capacité insuffisante pour que la pression s'y maintienne sensiblement constante.) Le diamètre des cylindres HP est de 160 mm, celui des cylindres BP de 220 mm, et la course commune des pistons de 225 mm. Les cylindres B P sont coulés d'une seule pièce avec leur boîte à vapeur et les glissières; le bloc des cylindres HP et de leur boîte à vapeur est relié à cette pièce par deux entretoises à plateaux, portant chacune une longue fourrure en bronze à cannelures circulaires faisant office de presse-garnitures.

La distribution est du système Stephenson, avec relevage à levier; le secteur de fixation porte, en plus du cran de point mort, trois autres crans pour la marche avant comme pour la marche arrière, correspondant à des admissions de 50, 70 et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

80 0/0; les admissions sont égales dans les quatre cylindres, à chacun de ces crans. Pour les démarrages, on peut, si c'est nécessaire, envoyer de la vapeur vive de la chaudière directe-

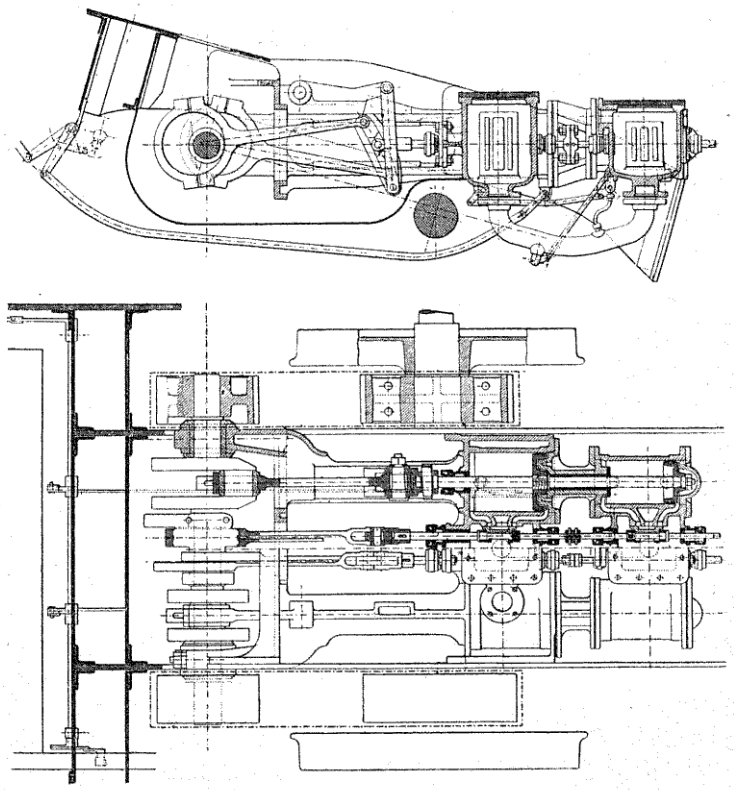


Fig. 391-392. — Moteur compound P.-O.— Élévation et plan.

ment dans la boîte à vapeur des grands cylindres au moyen d'un robinet relié par un tuyau au réservoir intermédiaire.

Le mécanisme moteur et distributeur est renfermé dans un carter qu'on garnit d'huile à hauteur convenable, et le graissage se fait par le barbotage des têtes de bielles et des contrepoids des manivelles. Un graisseur à condensation à quatre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

départs sert à lubrifier les cylindres des moteurs, les cylindres à vapeur des petits-chevaux, et le cylindre à air de la pompe de compression du frein continu.

102. Dans les essais de réception effectués sur ces voitures entre Brétigny et Dourdan, la vitesse maximum obtenue s'est élevée à 85 km à l'heure, l'automotrice remorquant un wagon dynamomètre de 17 t ; avec une charge totale de 55 t, on a encore atteint 70 km, et 65 km avec 65 t et trois voitures remorquées. La ***puissance maximum*** développée à la jante des roues s'est élevée à 260 chx, ce qui correspond environ à 300 chx dans les cylindres.

Mais, si l'on veut obtenir un bon ***service*** de ces voitures, il convient de ne pas trop les pousser, tant comme pression et température de la vapeur, que comme vitesse. La température de 300° convient bien au double point de vue du rendement et de la conservation des organes, à condition que le graissage des cylindres soit convenablement effectué et avec de l'huile de bonne qualité à point d'inflammation élevé. Les cylindres des petits-chevaux doivent être également bien lubrifiés et leurs pointeaux de prise de vapeur maintenus soigneusement rodés et étanches, afin que, pendant les moments de non-fonctionnement, la vapeur ne puisse venir assécher les cylindres et les garnitures. Ces dernières doivent être refaites, puis resserrées fréquemment, afin d'être toujours étanches, principalement celles des cylindres et tiroirs HP : sans cette précaution, le carter s'emplirait d'eau très chaude et de vapeur qui laveraient et feraient chauffer les têtes de bielle, les glissières et les articulations du mouvement de distribution.

Au point de vue de la chaudière, les tubes entartrés — qui se reconnaissent à la teinte couleur brique qu'ils prennent — doivent être remplacés à temps ; on réduira beaucoup cet entartrement en pratiquant fréquemment des extractions partielles, tant en cours de route qu'à chaque rentrée au dépôt, et en effectuant un bon lavage du générateur à chaque arrêt

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'automotrice au dépôt le jour de repos du mécanicien. Le flotteur demande à être visité fréquemment pour que son fonctionnement soit toujours satisfaisant ; les glaces et tiroirs de régulateur des petits-chevaux seront dressés et rodés assez fréquemment pour être bien étanches lorsqu'ils viennent recouvrir les orifices des tuyaux d'admission aux petits-chevaux ; ceux-ci seront eux-mêmes visités et réglés minutieusement. D'une manière générale, enfin, ces voitures devront être conduites et entretenues avec plus de soins encore que les locomotives; le personnel d'exploitation et d'atelier devra donc être choisi et formé en conséquence : dans ces conditions, mais dans ces conditions seulement, on pourra obtenir un excellent service de ces petites et délicates machines.

Dans un service de tramway à départs très rapprochés, on n'a pas avantage, a-t-on dit, à effectuer une réparation de quelque durée à une voiture qui reste en panne, il suffit de la mettre en état d'être poussée par l'automotrice suivante. Il n'en est pas ainsi dans un service de chemin de fer, sur de petites lignes où les trains sont espacés de plusieurs heures. Il est alors nécessaire ou du moins préférable de réparer ces avaries, lorsque le travail ne doit pas demander trop de temps. Le remplacement d'un tube en pleine voie demanderait environ une heure ; mais l'automotrice pourrait être mise en état de continuer plus tôt si l'on pouvait, au moyen de tampons en cuivre rouge semblables à ceux préconisés pour les camions, obturer les extrémités du tube rompu dans les collecteurs ; ce travail serait en effet de peu de durée.

103. La *caisse* contient un compartiment de première classe, un autre de troisième avec banquettes transversales et portes latérales, et un coupé pour le service de la poste : les places de troisième classe sont au nombre de 30 et celles de première de 25. Un fourgon à bagages est réservé derrière le truck moteur ; une porte vitrée ménagée dans la paroi avant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permet au conducteur du train d'accéder à la cabine du mécanicien, à l'appel d'une sonnerie électrique à la main de ce dernier. Sur la paroi avant, également, une porte de visite est disposée derrière le générateur pour le nettoyage et le remplacement des tubes. Enfin une trappe, dans le plancher, permet la visite et le graissage du moteur.

La caisse repose sur le truck moteur par une traverse à

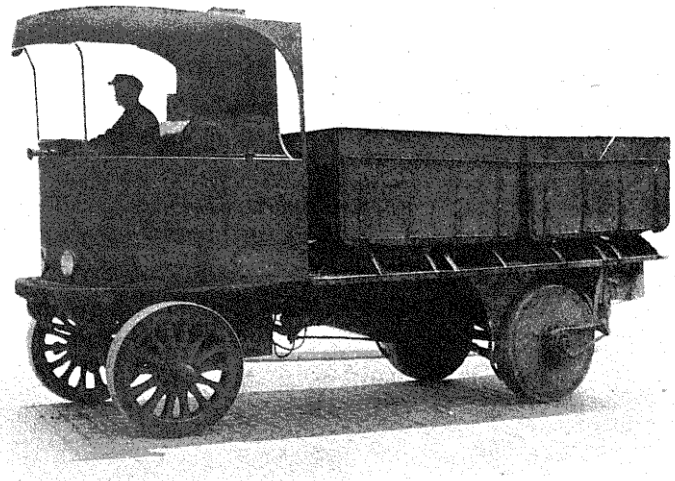


Fig. 393. — Camion *Purrey* du *Chemin de fer du Nord*.

crapaudine et par deux plaques de friction munies de graisseurs. L'automotrice est munie d'un frein Westinghouse avec pompe à air d'une puissance de 10 chx ; les trois essieux sont freinés, une commande à main à manivelle permet aussi de freiner les roues du truck. Enfin le mécanicien peut sabler la voie devant les roues motrices pour combattre le patinage, et les compartiments à voyageurs peuvent être chauffés au moyen d'une dérivation de l'échappement ou de vapeur vive, suivant que l'automotrice est en marche ou au repos.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'automotrice en ordre de marche pèse 28 t ; le poids du truck à vide est lui-même de 14,2 t, dont 7,7 t sur l'essieu avant et 6,5 t sur l'essieu arrière.

104. *Camions et omnibus Purrey.* — Les camions PURREY sont employés, sur une très grande échelle, à Paris, par diverses Sociétés ou Compagnies : *Raffinerie* SAY, *Chemins de fer du*



FIG. 394. — Camion *Purrey* de M. *Nozal*, à Paris.

NORD (*fig.* 393), d'ORLÉANS, *Chantiers du* MÉTROPOLITAIN, *Maison* NOZAL (*fig.* 394), etc. Le poids utile remorqué s'élève jusqu'à 10 t (raffinerie SAY), le poids total étant alors de 17 t. Les omnibus sont en service en France (entre Cette et Frontignan) et en Espagne.

La chaudière, les appareils d'alimentation et le moteur sont les mêmes que ceux des automotrices de la Compagnie générale des Omnibus décrites plus haut. L'arbre moteur commande, par le moyen de roues dentées droites donnant une réduction de vitesse angulaire de moitié, le différentiel, dont le mouvement est transmis aux roues arrière par le moyen de roues dentées semblables et de chaînes « Varietur » produi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sant une seconde réduction de vitesse, le nombre de tours du moteur étant finalement cinq fois environ celui des roues.

Les changements d'allure s'obtiennent, comme dans tous les véhicules à vapeur, par la modification de la pression au générateur ou de l'ouverture de l'obturateur d'admission. En cas de nécessité, on peut utiliser la contre-vapeur (**20**) pour obtenir le ralentissement ou l'arrêt du véhicule.

Le réservoir à eau est généralement disposé à l'arrière du camion, sous la plate-forme.

La direction est droite. Le mécanicien se tient sur la plate-forme avant, qui peut être facilement fermée en hiver. Les camions Say ont une vitesse de 4 à 12 kilomètres à l'heure (moyenne 8 km), suivant la charge et le profil. L'eau d'alimentation est de l'eau distillée, de sorte que les tubes de la chaudière ne s'entartrent pas du tout.

Les camions du Chemin de fer du Nord transportent à chaque voyage deux bennes de charbon d'une contenance de chacune 2.500 kg ; ils effectuent un parcours journalier moyen de 40 km en dépensant 5,7 kg de coke, 20 l d'eau épurée et 0,8 kg de graissage par kilomètre.

Les premiers camions Purrey ont été munis d'un petit-cheval Blake, dont le bon fonctionnement dépend beaucoup du réglage précis de la distribution et des matelas de vapeur à fond de course. A ce dernier sujet, les recommandations suivantes sont à observer, en ce qui concerne la pompe Blake, type simple ou à un corps, représentée figure 398.

Lorsque, à la mise en route, il se produit un choc du piston à vapeur contre les fonds du cylindre, c'est que le matelas de vapeur à fond de course n'est pas suffisant pour équilibrer l'inertie du piston ; si c'est du côté du fond de gauche que se manifeste le choc, il faut déplacer la butée 26 de la tige du tiroir en la faisant tourner sur son filetage et vers la droite ; si c'est du côté du fond de droite, il faut faire la même opération en ce qui concerne la butée correspondante, mais en la déplaçant vers la gauche. Lorsque le piston bute des deux cô-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FIG. 395 A 397. — POMPE BLAKE DOUBLE DE CAMIONS PURREY

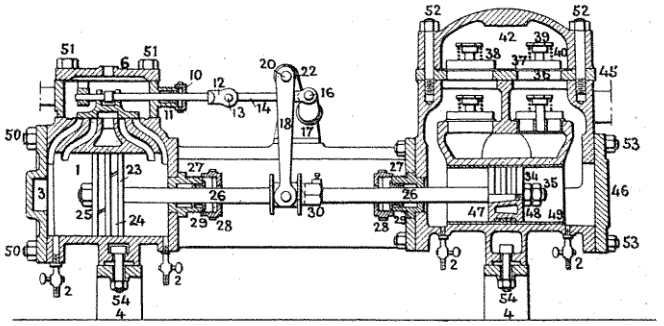


FIG. 395. — Coupe longitudinale.

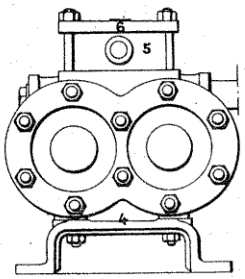


FIG. 396. — Vue en bout.

1, cylindres à vapeur, droite ou gauche ; 2, robinets de purge pour cylindres à eau et à vapeur ; 3, fond de cylindre à vapeur ; 4, pieds de cylindres à vapeur et à eau ; 5, boîte de distribution ; 6, couvercle de la boîte de distribution ; 7, tiroir ; 8, écrou de la tige du tiroir ; 9, tige du tiroir ; 10, écrou-couvercle du presse-étoupe de la tige du tiroir ; 11, 1/2 bague du presse-étoupe de la tige du tiroir ; 12, tête de tige du tiroir ; 13, axe du 12 ; 14, grande bielle ; 15, 1/2 petite bielle ; 16, axe de la grande bielle ; 17, support de rotation de la manivelle ; 18, grand levier d'entraînement ; 19, petit levier d'entraînement ; 20, axe de la grande bielle ; 21, axe de la petite bielle ; 22, clavette de l'axe de rotation de la grande bielle ; 23, piston à vapeur ; 24, segments du piston à vapeur ; 25, écrou de tige de piston à vapeur ; 26, tige des pistons ; 27, boîte à étoupe de la tige des pistons ; 28, écrou-couvercle de la boîte à étoupe 27 ; 29, demi-bague de la boîte à étoupe de la tige des pistons ; 30, manchon d'entraînement et écrou de serrage ; 31, plongeur de cylindre à eau ; 32, cylindre guide du plongeur ; 33, contre-bride maintenant le guide du plongeur ; 34, écrou de tête de tige de plongeur ; 35, contre-écrou de tête de tige de plongeur ; 36, siège de clapet ; 37, clapet ; 38, rondelle métallique protégeant le clapet ; 39, tige butée de clapet ; 40, ressort de clapet ; 41, corps de pompe ; 42, réservoir de refoulement ; 43, fond de cylindre de plongeur à eau ; 44, cylindre de piston à eau ; 45, plateau des clapets de refoulement ; 46, fond de cylindre de piston à eau ; 47, piston à eau ; 48, fond arrière du piston à eau ; 49, chemise du cylindre à eau ; 50, prisonniers et écrous maintenant le fond arrière du cylindre à vapeur ; 51, boulons à bascule maintenant le couvercle de la boîte à tiroir ; 52, prisonniers et écrous maintenant le réservoir de refoulement ; 53, prisonniers et écrous maintenant le fond arrière du cylindre à eau ; 54, boulons d'attache de la pompe.

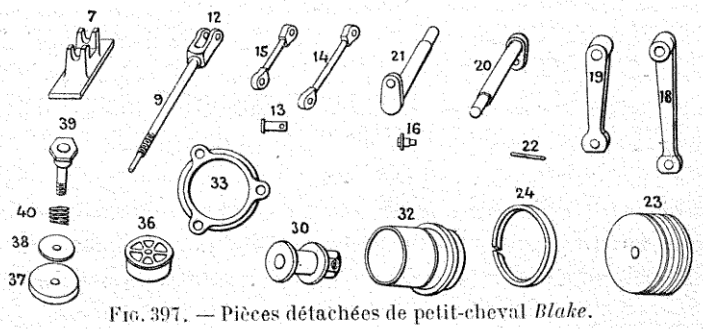


FIG. 397. — Pièces détachées de petit-cheval *Blake*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

côtés, il suffit donc de déplacer d'une certaine quantité chacune des bagues en sens contraire, de manière à les rapprocher l'une

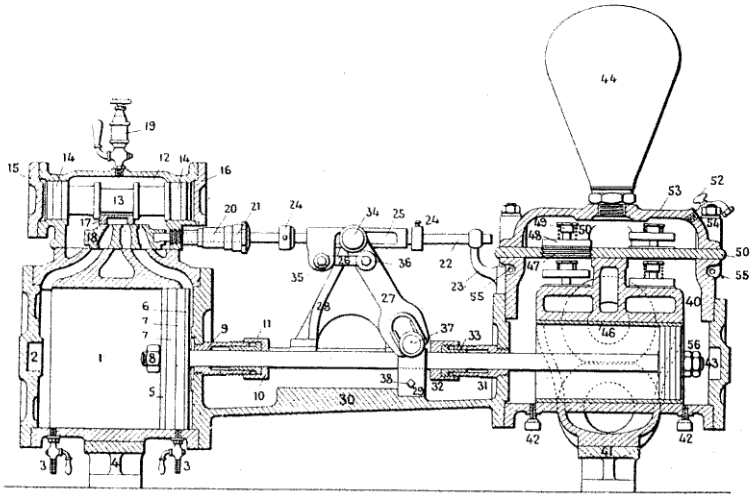


Fig. 398. — Pompe simple *Blake*.

1, cylindre à vapeur ; 2, fond de cylindre à vapeur ; 3, purgeurs du cylindre à vapeur ; 4, pied du cylindre à vapeur ; 5, plateau avant du piston à vapeur ; 6, plateau arrière du piston à vapeur ; 7, segments du piston à vapeur ; 8, écrou du piston à vapeur ; 9, boîte à étoupe du cylindre à vapeur ; 10, écrou presse-étoupe de la boîte ci-dessus ; 11, bague du presse-étoupe à vapeur ; 12, cylindre à vapeur auxiliaire ; 13, piston à vapeur auxiliaire ; 14, segments du piston à vapeur auxiliaire ; 15, fond avant du cylindre auxiliaire ; 16, fond arrière du cylindre auxiliaire ; 17, tiroir auxiliaire ; 18, tiroir mixte ; 19, graisseur du cylindre à vapeur ; 20, boîte à étoupe de la tige du tiroir mixte ; 21, écrou avec bague du presse-étoupe de la boîte ci-dessus ; 22, tige du tiroir mixte ; 23, support guide de la tige du tiroir ; 24-24, bagues butées de la tige du tiroir, avec vis de pression et coussinets taraudés en 2 pièces ; 25, manchon d'entraînement de la tige du tiroir ; 26, biellette ; 27, levier fourche pour la commande de la tige du tiroir ; 28, support de l'axe du levier 27 ; 29, manchon en 2 pièces pour la commande du levier 27 ; 30, bâti entretoise reliant le cylindre à vapeur et le corps de pompe ; 31, boîte à étoupe du corps de pompe ; 32, écrou presse-étoupe de la boîte ci-dessus ; 33, bague du presse-étoupe à eau ; 34, axe de la tête du levier fourche 27 et son écrou ; 35, axe du manchon d'entraînement 25, avec rondelle et goupille ; 36, axe de la biellette 28, et son écrou ; 37, axe du manchon 31, avec collier de fixation ; 38, vis assemblant les deux parties du manchon 29 ; 39, tige des pistons ; 40, corps de pompe ; 41, pied du corps de pompe ; 42, bouchons de vidange du corps de pompe ; 43, fond du corps de pompe ; 44, réservoir d'air ; 45, piston à eau ; 46, chemise du cylindre à eau ; 47, siège de clapet ; 48, clapet ; 49, tige butée de clapet ; 50, ressort de clapet ; 51, plateau des clapets de refoulement ; 52, robinets d'air ; 53, couvercle du corps de pompe ; 54-54, boulons à bascule, avec écrou, fixant le couvercle du corps de pompe ; 55, axes de rotation des boulons à bascule ; 56, écrou et contre-écrou du piston à eau.

de l'autre. On diminue la consommation de vapeur au minimum, lorsque, dans cette opération, on réduit les espaces nuisibles à fond de course, parce qu'on utilise la course maximum

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la pompe : il convient à cet effet que les butées soient éloignées le plus possible l'une de l'autre. Les bagues de réglage doivent être ensuite fixées convenablement par leurs vis de pression, pour éviter tout déplacement pendant la marche.

Lorsque l'on met une pompe de ce type en route pour la première fois, ou après une réfection des organes de transmission, il est bon de prendre les précautions suivantes :

Après avoir ouvert en grand les robinets de purge pour assurer l'évacuation de l'eau de condensation, on ouvre légèrement la vanne d'arrivée de vapeur, de façon à réchauffer progressivement le cylindre moteur. On desserre ensuite les vis de pression qui immobilisent les butées, on rapproche ces dernières l'une de l'autre, puis on augmente l'ouverture de la vanne de vapeur jusqu'à ce que la pompe se mette en marche d'elle-même. On éloigne alors progressivement les deux mêmes butées, et on s'arrête quand le piston vient buter à fond de course ; à ce moment, on déplace d'un tour environ chacune des deux butées, en les rapprochant l'une de l'autre d'une quantité égale, jusqu'à la suppression du choc contre les deux fonds ; on les immobilise enfin dans cette dernière position en resserrant les vis de pression.

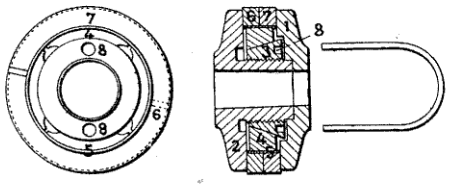


Fig. 399. — Piston à eau du petit-cheval *Blake*.

1, plateau avant ; 2, plateau arrière ; 3, écrou tronconique permettant, par son avancement contre le plateau 2, l'ouverture des segments 4 ; 4, segments à alésage conique, maintenus par la bande de laiton 5 ; 5, bande de laiton ; 6-7, garnitures mobiles à section rectangulaire en fibre caoutchoutée ; 8-9, trous permettant le déplacement de l'écrou 3 avec la clé ⊃ spéciale.

L'entretien et le réglage des pistons à eau demandent aussi certaines précautions. La disposition intérieure à rattrapage de jeu représentée figure 399 permet, en augmentant le diamètre des segments par la manœuvre de l'écrou tronconique 3, d'obtenir un portage satisfaisant du piston contre la chemise et par suite un bon refoulement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les pistons à eau sont généralement munis de construction de garnitures en toile caoutchoutée ; les extrémités de ces garnitures ne doivent pas être coupées en sifflet, mais suivant une section droite et à une longueur telle que, les garnitures mises en place, leurs extrémités soient éloignées de 6 à 7 mm avant d'être serrées par le plateau du piston. Les coupes des différentes garnitures doivent être croisées pour empêcher les fuites.

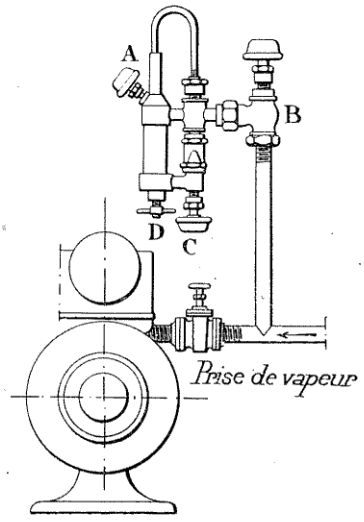


FIG. 400.
Graisseur de petit-cheval *Blake*.

Si les garnitures sont trop épaisses, on les amincit en retirant une ou plusieurs toiles, et on place les garnitures ainsi réduites au milieu du piston, les garnitures extrêmes devant toujours être complètes. En remettant ensuite le plateau du piston en place, on doit serrer les vis de fixation progressivement et bien régulièrement, afin de répartir la compression d'une manière uniforme sur toutes les garnitures.

Le *graissage* des cylindres à vapeur peut être assuré par un godet à deux clefs ou par le graisseur à condensation à débit visible représenté figure 400, dont le fonctionnement est le suivant.

La valve B étant fermée, on remplit le graisseur de valvoline par l'ouverture A dont on a enlevé le bouchon ; on remet ensuite ce bouchon en place et on ouvre d'un quart de tour la valve B pour permettre à la vapeur de se condenser dans l'appareil. Au bout d'un instant, le tube en verre se trouve rempli d'eau, et on voit la première goutte d'huile monter dans le tube. On règle alors le débit que l'on veut obtenir par le poin-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teau C. En cas de rupture du tube en verre, on ferme le pointeau B et on introduit le nouveau tube par le haut en dévissant le bouchon sur lequel le tube en U est fixé.

Le graissage des différentes articulations ou pièces frottantes du mouvement doit être fait avec le même soin, principalement dans les premiers temps de la mise en service des pompes.

Pour le piston à eau, s'il broute dans le cylindre, il faut fermer la tuyauterie d'aspiration et continuer à refouler l'eau restant dans la pompe ; on ouvre ensuite les robinets de purge du cylindre à eau et on fait entrer de l'huile dans le corps de pompe par aspiration par chacun de ses robinets. On laisse la pompe fonctionner ainsi quelques instants à vide, puis on la remet en marche normale.

Quand la pompe doit être arrêtée pendant un temps assez long, on emplit le graisseur du cylindre à vapeur et on ouvre la valve de communication de l'appareil avec la conduite de vapeur pour y évacuer l'huile ; on fait faire alors au piston une dizaine de pulsations, afin que l'huile ait le temps de se rendre jusqu'aux extrémités du côté vapeur. On évite ainsi de laisser rouiller les parties ou organes intérieurs.

En octobre 1899, dans un concours organisé par l'Automobile-Club de France autour de Versailles, un camion Purrey, du poids de 5 t à vide et portant 4 t de charge utile, a dépensé seulement, sur ce parcours difficile, 7 kg de coke de gaz par kilomètre, la vaporisation étant de 3,5 l à 4 l d'eau par kg de coke. Les camions du chemin de fer du Nord à Paris faisant le transport du charbon aux établissements de l'Assistance publique, et dont le poids moyen en service est de 15,4 t, consomment par kilomètre 5,7 kg de coke de gaz n° 1 et 20 l d'eau. Leur vitesse moyenne dans les quartiers à forte circulation est de 6 km à l'heure, et elle atteint 12 km sur les boulevards de la périphérie.

Lorsque, dans ces véhicules, un tube du générateur vient à crever, on est obligé de déplacer la charge à l'avant de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plate-forme pour le remplacer ; il peut être plus simple de tamponner les deux extrémités du tube au moyen de petits cônes en cuivre rouge qu'on peut avoir dans l'outillage, et qu'il est facile de mettre en place à l'aide d'un porte-tampon approprié, après avoir retiré les deux bouchons situés en regard de ces extrémités et vidé préalablement l'eau du générateur.

§ II. — VÉHICULES SYSTÈME DARRACQ-SERPOLLET

105. Dans les voitures automotrices de chemins de fer et de tramways, le ***système Serpollet*** n'est caractérisé que par sa chaudière et son mode d'alimentation, le mécanisme de distribution étant généralement du système Stephenson ou Walschaërts ; dans les véhicules sur routes, camions et omnibus, ce mécanisme se distingue encore par son mode de distribution à soupapes, sa détente et son changement de marche à cames. Les cylindres du moteur travaillent toujours à double effet ; le moteur à simple effet n'a été employé par



FIG. 401 et 402. — Tubes *Serpollet* : en C et concentrique.

M. Serpollet que dans les petites voitures de ville et de tourisme.

La chaudière lourde primitive à tubes épais, en forme de C (*fig.* 401) ou cylindriques avec mandrin (*fig.* 402), emmagasinant une grande quantité de calorique, ne s'emploie plus non plus, excepté sur de petites locomotives et des automotrices de chemins de fer en Allemagne ; la Compagnie générale des Omnibus de Paris, qui employait ce générateur sur soixante

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

automotrices, l'a remplacé récemment par un générateur Purrey, dont nous avons donné la description plus haut.

Le ***générateur Serpollet*** actuel est formé (*fig.* 403, 404) de tubes ronds de petit diamètre et de faible épaisseur, repliés un grand nombre de fois en forme de grille et disposés horizontalement en galettes les uns au-dessus des autres; les galettes sont raccordées entre elles suivant une disposition rationnelle au moyen de coudes et d'écrous raccords, et l'ensemble est renfermé dans un coffre en tôle garni intérieurement d'amiante

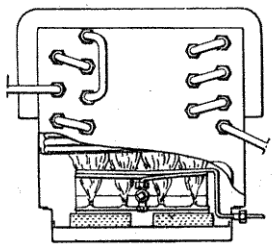


Fig. 403.
Générateur *Darracq-Serpollet.*

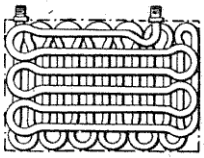


Fig. 404. — Tubes de générateur *Darracq-Serpollet.*

et dont l'une des faces, montée au moyen de clavettes, sert pour la visite, le montage et le démontage des raccords et des tubes.

Le chauffage se fait au moyen d'huile de pétrole ou de schiste, et le brûleur est disposé sous le générateur, dans un panier métallique monté à coulisse et disposé pour neutraliser les effets du vent; ce brûleur se compose d'un tube d'acier en serpentin, où le pétrole se trouve vaporisé, et d'un corps central qui distribue cette vapeur à des branches munies de becs débouchant dans des Bunsen, où la flamme est formée et brassée. C'est la puissance de combustion de ce brûleur qui fait la puissance de vaporisation du générateur. L'enveloppe du générateur est raccordée à la partie supérieure avec une sorte de hotte formant cheminée; la circulation des gaz de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

combustion est assurée par des souffleurs placés dans les parties latérales de l'enveloppe et qui reçoivent la vapeur d'échappement du petit-cheval, assurant à la fois l'alimentation du générateur et celle des brûleurs. L'eau d'alimentation est envoyée à la partie inférieure du générateur ; elle passe dans les deux premières galettes où elle s'échauffe et se vaporise, puis se rend dans les rangées supérieures où elle se sèche, et redescend enfin dans les tubes médians où elle se surchauffe à une température de 300 à 350°. Cette circulation méthodique aide à la conservation des tubes, en même temps qu'elle donne une vapeur efficacement surchauffée.

L'alimentation du générateur est assurée par un petit-cheval qui actionne deux pompes, l'une à vapeur, l'autre à pétrole, toutes les deux en charge, et dont les débits sont proportionnels à la quantité d'eau vaporisée par kilogramme de combustible. Un mode de réglage très simple permet de faire varier ces débits, de manière à proportionner toujours celui du combustible à son pouvoir vaporisateur ; un pyromètre peut d'ailleurs indiquer la *température* de la vapeur et donner les indications utiles pour ce réglage, mais, avec un peu d'habitude, le mécanicien détermine lui-même par tâtonnement le meilleur rapport à employer. La vitesse du petit-cheval se règle d'autre part d'après les indications du manomètre indiquant la *pression* de la vapeur dans le générateur, au moyen d'un robinet à pointeau dont le croisillon de commande se trouve le long de la colonne de direction ; cette vitesse ne doit pas dépasser trente coups doubles par minute, soit un coup simple par seconde. Une pompe à eau manœuvrée à la main sert à envoyer un peu d'eau dans le générateur à l'allumage ou après les arrêts d'un peu de durée ; si le générateur est suffisamment chaud, cette eau se transforme rapidement en vapeur, en permettant la mise en marche du petit-cheval dès que la pression atteint 5 kg.

Le pétrole est renfermé dans un réservoir situé sous le siège du mécanicien, et dans lequel on introduit de l'air à une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pression comprise entre 200 et 500 g au moyen d'une petite pompe à main placée sur la droite du panneau avant. Cette pression sert pour l'alimentation du brûleur dans les moments où le petit-cheval est arrêté. Un robinet dit « de veilleuse », comportant une clé à plusieurs orifices de diamètres différents, permet de régler l'écoulement suivant les conditions de marche ou de stationnement.

La surface de chauffe des tubes est de 7,10 m² et le générateur est timbré à 50 kg ; il comporte une soupape de sûreté qui, dans son soulèvement, ouvre une dérivation sur la conduite de refoulement de l'eau d'alimentation, en permettant à celle-ci de retourner au réservoir. Le brûleur peut consommer, d'autre part, 40 et jusqu'à 50 kg de pétrole par heure, en vaporisant en moyenne 10 l d'eau par kilogramme, la vaporisation horaire pouvant atteindre

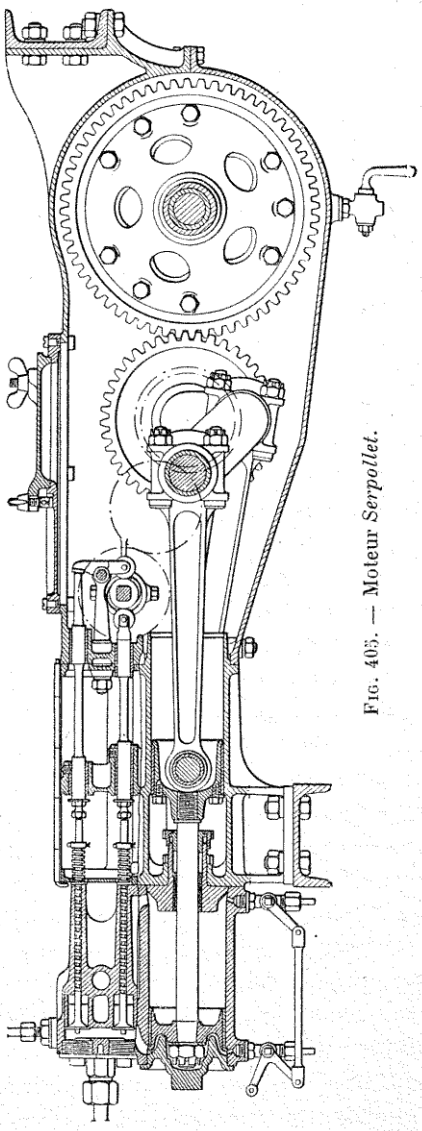


Fig. 405. — Moteur *Serpollet*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi 450 kg. Avec une consommation de vapeur de 10 à 12 kg par cheval-heure, la puissance du générateur peut ainsi s'élever à 40 chx.

106. Le *moteur* (*fig.* 405) comprend deux cylindres à double effet de 90 mm de diamètre et de 125 mm de course de pistons; la distribution de la vapeur y est opérée au moyen de soupapes qui sont au nombre de huit, deux d'admission et deux d'échappement par cylindre, disposées latéralement aux extrémités de ce dernier, les soupapes d'admission en dessus et celles d'échappement en dessous. Un graisseur mécanique, entraîné par le petit-cheval, refoule l'huile de graissage dans la boîte à vapeur commune. Ce graisseur comporte un deuxième tuyau de refoulement qui va au petit-cheval lui-même.

Les tiges des pistons sont réunies à des coulisseaux cylindriques, se déplaçant dans des glissières qui séparent les cylindres du carter de graissage des bielles et des organes du mouvement de distribution; ces organes se composent simplement de cames de profil déterminé, montées sur un arbre commandé au moyen d'engrenages par l'arbre-vilebrequin, et qui actionnent des galets articulés à l'extrémité des tiges des soupapes. Suivant leur orientation, ces cames règlent l'admission de vapeur dans les cylindres entre 0 et 80 0/0 de la course des pistons ; la marche arrière — avec détente facultative également — est obtenue au moyen d'autres cames placées sur le même arbre et qu'il suffit de déplacer latéralement pour les amener en regard des galets des tiges des soupapes. Ces soupapes sont en acier au nickel ne se déformant pas sous l'action de la vapeur à haute température et des petits chocs se produisant à leur fermeture; elles se conservent ainsi longtemps étanches en ne demandant que de loin en loin un simple rodage.

L'arrivée de vapeur au moteur s'effectue au moyen d'un régulateur à tiroir fermé normalement par un ressort à bou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

din et qui s'ouvre sous l'action d'une pédale ; il se ferme ainsi de lui-même, lorsque le pied abandonne cette dernière, en coupant en même temps l'arrivée de vapeur au petit-cheval, qui s'arrête alors et cesse d'alimenter la chaudière. Un graisseur de secours à piston manœuvré à la main permet d'envoyer de l'huile sur l'obturateur en cas de non-fonctionnement du graisseur automatique.

107. A la sortie des cylindres, la vapeur s'échappe dans des ***récupérateurs*** F disposés longitudinalement entre les longerons, vers l'arrière, de chaque côté de l'axe longitudinal du

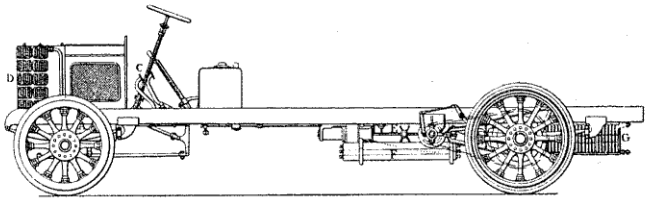


FIG. 406.— Châssis *Darracq-Serpollet*.
F, récupérateur; G, condensateur; O, refroidisseur.

châssis (*fig.* 406) ; ces appareils, au nombre de six, montés en tension, c'est-à-dire à la suite, comprennent chacun un corps cylindrique renfermant des tubes de petit diamètre, dans lesquels l'eau d'alimentation est refoulée par le petit-cheval ; la vapeur circule autour et cède une grande partie de sa chaleur à l'eau, qui peut être réchauffée ainsi jusqu'à une température de 130° avant son introduction dans le générateur. La vapeur d'échappement passe ensuite dans un ***condenseur*** à air G de grand volume disposé à l'arrière, et où elle se détend rapidement jusque vers la pression atmosphérique, puis elle passe au radiateur situé à l'avant de la voiture et où elle se condense : l'eau de condensation retourne enfin au réservoir en tôle plombée, situé sous le siège du mécanicien, à une température de 60 à 80°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La même eau, avec un petit appoint d'eau naturelle pour compenser les fuites et l'évaporation dans le radiateur et les bâches, sert indéfiniment ainsi ; elle est donc épurée, renferme peu de sels calcaires et n'entartre pas le générateur. Cette disposition permet aussi d'effectuer de longs parcours avec un faible approvisionnement d'eau, que l'on peut renouveler, dans un service régulier, en des points où on a pu établir des réservoirs d'eau de pluie, ou bien où l'on trouve de l'eau de rivière d'un faible titre hydrotimétrique. Les avantages divers qu'on retire de cet ensemble de dispositions compensent largement l'excédent de contre-pression qu'elles nécessitent sur les pistons par temps chaud.

108. *Transmission.* — Le *différentiel* est placé dans le carter même du moteur ; il est attaqué par un harnais d'engrenages droits, qui sont toujours en prise. Le graissage se fait par barbotage, et l'usure et le bruit sont ainsi des plus réduits.

L'arbre du différentiel, qui est formé de plusieurs parties reliées au moyen de joints à griffes permettant une légère déformation du châssis sans qu'il en résulte de coincement ni d'effort excessif sur les paliers, commande les pignons qui entraînent, au moyen de chaînes à rouleaux, les roues dentées fixées sur les roues motrices. Le rapport des dentures est : : 9 : 12 ; celui des engrenages commandant le différentiel étant dans le rapport de 2 à 3, il s'ensuit que le moteur fait 5 tours pour un tour des roues. Ce rapport peut d'ailleurs être changé par le simple remplacement des pignons et un allongement ou un rétrécissement correspondant des chaînes, suivant la charge et l'état ou bien le profil de la route.

109. Le ***châssis*** des omnibus et camions est formé de longerons en acier en forme d'U et de traverses, assemblés par des cornières ; une croix de Saint-André en fers cornières également l'entretoise à l'arrière. La suspension sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les essieux est réalisée au moyen de quatre ressorts longitudinaux qui sont reliés au châssis par des mains en acier moulé et des jumelles estampées, sans porte-à-faux.

L'essieu d'avant est brisé et à chapes, avec fusées « Patent » ; celui d'arrière est à fusées « Patent » également, mais il est fixe. Les roues d'avant ont un diamètre de 0,900 m et celles d'arrière un diamètre de 1 m ; les premières sont munies de bandages en caoutchouc plein dans les omnibus comme dans les camions; les roues arrière ont des bandages en caoutchouc double dans les omnibus, et des bandages en fer dans les camions portant une lourde charge.

La ***direction*** est composée de deux harnais d'engrenages dont l'un est conique, et elle a pu être ainsi inclinée; elle commande les roues par le système habituel de leviers et de renvois. La démultiplication réalisée permet une manœuvre très douce du volant, sans que la direction soit irréversible ; cette disposition supprime les amortisseurs difficiles à régler et à construire d'une façon robuste pour les poids importants qu'il s'agit de manœuvrer.

Les freins, au nombre de deux, sont du type intérieur : l'un est monté sur des tambours fixés au moyeu et se commande par la pédale de droite au moyen d'un système de câble avec poulie équilibrant les efforts ; le second agit sur des tambours calés sur les arbres portant les pignons de chaînes ; il est commandé au moyen d'un même système de câble et de poulie par un levier extérieur se déplaçant sur un secteur denté. Ce frein, très énergique, évite par sa disposition de fatiguer le différentiel, qui ne subit aucune réaction de freinage.

110. ***Conduite et entretien.*** — Les instructions de la maison Darracq-Serpollet pour la conduite et l'entretien de ses véhicules sont les suivantes :

111. ***Préparation de la voiture.*** — Remplir le réservoir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à eau d'eau de pluie ou d'eau de rivière, en évitant autant que possible de prendre de l'eau de puits, qui est généralement très dure et entartrerait le générateur.

Laisser 4 à 5 cm de vide afin d'éviter, lors du retour de l'eau de condensation, la projection sur le sol d'une certaine quantité par les cahots.

Faire le plein du réservoir à pétrole avec du pétrole lampant de bonne qualité non raffiné en se servant de l'entonnoir à filtre compris dans l'outillage ; laisser également un vide de 3 à 4 cm, puis bien serrer le bouchon de remplissage sur son joint en cuir ; envoyer ensuite de l'air dans le réservoir, au moyen de la petite pompe à air spéciale, de manière à y créer une pression de 50 à 60 g qui devra être soigneusement maintenue en cours de route, pour éviter les extinctions qui se produiraient sans cette précaution pendant les moments où le petit-cheval est arrêté.

Graissage. — Garnir d'huile minérale de la qualité « Serpolléine » les réservoirs du graisseur automatique et du graisseur de secours à main. Par les temps froids, cette huile étant figée, la réchauffer au préalable pour la rendre fluide.

Garnir les bouchons des roues et les différents axes ou articulations avec de l'huile claire à mouvement.

Mettre chaque jour 1/2 litre environ d'huile très épaisse dans le carter du moteur, de manière que le niveau s'élève jusqu'aux manivelles quand elles sont au point bas.

Allumage. — S'assurer que le brûleur est propre et qu'il n'y a aucun dépôt de suie dans les « bunsens » ou sur le serpentin.

Introduire une allumette enflammée dans le panier du brûleur et verser uniformément avec la burette spéciale à long bec de l'alcool dans les canaux de ce panier, de manière à entretenir une flamme d'intensité moyenne : ce chauffage préalable du brûleur, pour être bien fait, doit durer de quatre à six minutes et nécessiter environ 1/2 litre d'alcool.

Ouvrir ensuite le robinet du réservoir à pétrole, et mettre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le robinet de veilleuse à la position V, qui se rapporte au stationnement; l'alcool ne doit pas être totalement épuisé à ce moment, afin qu'il puisse allumer la vapeur de pétrole à la sortie des becs. Sans cette précaution, il pourrait arriver que les vapeurs non enflammées viennent, après accumulation dans le générateur, en contact avec une partie du cendrier encore enflammée et prennent subitement feu en produisant une explosion.

Dès que le brûleur est allumé, bien vérifier son fonctionnement : si le pétrole sort des becs à l'état liquide, c'est que le brûleur n'a pas été suffisamment chauffé; si un certain nombre de becs seulement s'allument, il faut passer l'épinglette dans les autres. Enfin, si la flamme n'a pas l'aspect et l'allure ordinaires et s'il sort de la fumée noire par la cheminée, cela peut provenir de trois causes :

Ou le brûleur n'a pas été visité, et il y a de la suie dans les bunsens ou sur le serpentin;

Ou bien le filtre du brûleur est sale;

Ou encore le serpentin commence à se boucher par les dépôts que le pétrole forme sur les parois.

Ces deux dernières circonstances ne se produisent pas instantanément, et un bon mécanicien les prévoit assez à temps (la pression au manomètre de refoulement de pétrole monte alors d'une façon inusitée) pour pouvoir demander le nettoyage des appareils avant que leur fonctionnement ne devienne nettement défectueux. Quoi qu'il en soit, il faut alors sortir le filtre et le nettoyer s'il est sale; souffler dans le serpentin et, s'il oppose de la résistance, le marteler doucement et le nettoyer; si le passage d'air est encore insuffisant, le changer.

Mise en pression de la chaudière. — Le brûleur étant en marche, ouvrir le robinet d'eau et décrocher le levier de la soupape de sûreté pour qu'il vienne appuyer sur cette soupape; environ cinq minutes après, injecter un peu d'eau avec la pompe à main pour mettre le générateur en pression. Quand le manomètre marque environ 5 kg, ouvrir le pointeau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'arrivée de vapeur au petit-cheval alimentaire; c'est par le degré d'ouverture de ce pointeau que se règle la vitesse, laquelle ne doit pas dépasser 60 coups à la minute.

112. ***Mise en marche du véhicule.*** — Mettre le levier de changement de marche du moteur à la position de marche avant ou arrière, suivant les besoins, et ouvrir graduellement l'arrivée de vapeur aux cylindres, les purgeurs étant ouverts. Le véhicule étant démarré, fermer les purgeurs après quelques tours de roues et ramener le levier de changement de marche à la position de détente, en évitant de diminuer l'admission jusqu'à une position où il se produirait des bruits anormaux. Dans tous les arrêts, mettre le changement de marche au point mort; pour redémarrer, n'ouvrir l'obturateur qu'après avoir mis la marche à fond de course à l'avant ou à l'arrière, suivant la direction qu'on veut prendre.

Arrêts. — Pour arrêter, couper l'admission de vapeur en laissant se relever la pédale de gauche, et freiner en appuyant sur la pédale de droite ou en déplaçant le levier placé à droite du châssis.

La marche arrière sans admission de vapeur peut s'employer comme moyen de freinage dans les longues descentes, alternativement avec les freins, ce qui permet de laisser ceux-ci se refroidir; la même marche avec admission de vapeur ne doit s'employer que comme moyen extrême, en cas de danger : même dans ce cas, le changement de marche doit s'effectuer avec l'obturateur de vapeur fermé, on risquerait sans cela de faire rompre les chaînes sous un changement d'effort trop brusque.

Réglage de l'alimentation. — En cours de route, il ne faut alimenter que le strict nécessaire; on doit donc surveiller constamment le manomètre et n'ouvrir le pointeau du petit-cheval que d'une quantité juste suffisante pour la vitesse que l'on désire atteindre.

La pression normale de marche pour les véhicules de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

30/40 chx est de 10 kg; elle n'atteint 14 à 18 kg que dans les fortes rampes et sur les mauvaises routes. Lorsqu'on ferme l'obturateur, cette pression s'élève, et elle peut d'ailleurs atteindre 50 kg sans aucun inconvénient; il est nécessaire toutefois d'ouvrir l'obturateur progressivement ensuite, pour éviter un effort trop brusque sur les chaînes.

113. ***Incidents de route.*** — *Brûleur.* — Il peut se produire des explosions, provenant d'extinctions suivies d'un réallumage immédiat; ces extinctions peuvent arriver pour trois causes différentes :

1° Le pétrole est de mauvaise qualité et contient de l'eau;

2° Après un arrêt du petit-cheval, si on le remet trop vivement en marche, il se produit un changement de régime brusque dans l'allure du brûleur;

3° On a laissé trop tomber en cours de route la pression d'air sur le réservoir à pétrole.

On reconnaît qu'une extinction s'est produite lorsque le brûleur ne ronfle plus et qu'il sort par la cheminée des flots de fumée blanche. Dès qu'on s'en aperçoit, il faut :

1° Fermer le robinet économiseur;

2° Ouvrir la porte du brûleur pour aérer la chaudière;

3° Attendre quelques secondes et approcher des becs un tampon d'alcool allumé;

4° Ouvrir à nouveau le pétrole.

Moteur. — S'il se produit au moteur un broutement qui fait trépider la voiture, c'est que l'on fait trop de détente, et il convient d'augmenter l'admission en poussant le levier de changement de marche un peu plus en avant.

Si, en cours de route, on entend le moteur cogner d'une façon anormale, cela peut provenir de deux causes :

1° Une soupape est restée levée, coincée dans son guide; il suffit de la tourner légèrement, elle reviendra à sa place;

2° La distribution peut être déréglée, s'en assurer en vérifiant le jeu qui doit rester entre les tiges des soupapes et leurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poussoirs, jeu qui doit être de 2 à 3 dixièmes pour les soupapes d'admission et de 3 à 4 dixièmes pour celles d'échappement, le changement de marche étant au point mort.

Chaudière. — Le petit-cheval marchant à son allure normale, si la pression ne tient pas, cela peut provenir de deux causes : ou bien la soupape de sûreté fuit, ce dont il est facile de s'assurer en ouvrant le robinet témoin sans admettre de vapeur au moteur; ou bien il y a une fuite de vapeur à un raccord ou à un joint du générateur ou de la tuyauterie. Si, la pression étant faible, il est nécessaire d'alimenter beaucoup et que la dépense d'eau se trouve exagérée, cela provient de ce que le brûleur est en mauvais état ou que le débit de pétrole est insuffisant.

Si, d'autre part, la température de la vapeur est trop élevée, il faut mettre le robinet économiseur dans la position d'économie ou diminuer l'alimentation du pétrole. On reconnaît que la vapeur a une température de surchauffe convenable lorsque du papier, appliqué sur l'un des tuyaux dans lesquels circule la vapeur, prend une teinte couleur tabac clair : pour faire cette vérification, il est évident qu'il faut qu'il y ait circulation de vapeur dans le tuyau choisi (celui de prise de vapeur du petit-cheval, par exemple).

Il peut aussi arriver que, la pompe à eau donnant mal, il y ait excès de pétrole et par suite excès de chauffe; il faut dans ce cas vérifier la garniture de la pompe à eau, et visiter et roder au besoin les clapets.

Robinet économiseur. — Ce robinet comporte quatre positions correspondant aux lettres F (fermé), V (veilleuse), E (économie), O (plein débit). Dans les stationnements, le robinet doit être mis sur V, et dans les descentes, les parcours en ville, et d'une manière générale quand le petit-cheval marche lentement, sur E; de même, quand la surchauffe est exagérée, il faut mettre un instant sur E et jusqu'à ce que la température soit redevenue normale.

Soupape de sûreté. — Elle se compose d'un piston sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lequel s'établit constamment la pression de la chaudière ; ce piston est chargé d'un ressort antagoniste, et il porte une tige au-dessus de laquelle repose sur un siège une bille recevant à sa partie supérieure la pression de l'eau refoulée à la chaudière. Le ressort est calculé de façon que, tant que la pression de la vapeur n'atteint pas la limite prévue (40 à 50 kg), la bille reste appuyée sur son siège, toute l'eau refoulée par le petit-cheval allant alors à la chaudière ; au contraire, lorsque la pression limite ci-dessus est atteinte, la bille est soulevée par la tige du petit piston, et une partie de l'eau refoulée retourne au condenseur jusqu'à ce que la pression soit redescendue au-dessous de la pression limite.

On vérifie l'étanchéité de la soupape en ouvrant le robinet-témoin dont elle est munie, le véhicule étant arrêté et la chaudière à une pression inférieure à celle à laquelle la soupape a été réglée ; si le robinet donne de l'eau, il faut soulever et laisser retomber brusquement le levier de la soupape ; si la fuite persiste avec la même intensité, c'est que le siège de la bille, ou la bille elle-même, est en mauvais état. Il y aura lieu alors de les remplacer ; mais peut-être aussi est-ce l'un des ressorts qui a perdu de ses qualités, et il pourra suffire de le remplacer.

A l'arrêt définitif du véhicule, on ferme les robinets d'eau et de pétrole, ainsi que le robinet-veilleuse, enfin on soulève le levier de la soupape et on le maintient accroché.

Recommandations importantes. — Il ne faut jamais épuiser le réservoir d'eau à fond, l'huile provenant de la vapeur condensée à la suite du graissage des cylindres serait entraînée dans les tuyauteries et les boîtes à clapets des pompes à eau et en gênerait le fonctionnement jusqu'à sa complète disparition. Pour débarrasser le réservoir à eau de ces huiles, il faut au moins une fois par semaine l'écrémer à froid, l'huile ainsi recueillie pourra servir au graissage du carter du moteur. On peut aussi faire la vidange du réservoir à chaud.

Il ne faut jamais regarder dans l'intérieur d'un réservoir à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

eau avec une allumette, une bougie ou une lanterne, les gaz dégagés par les vapeurs d'huile étant inflammables et pouvant provoquer des explosions.

Précautions à prendre en cas de gelée. — Les véhicules doivent être remisés dans un endroit suffisamment abrité et chauffé pour qu'on n'ait pas à craindre que l'eau gèle dans les réservoirs ou tuyauteries ; il faudrait sans cela vider entièrement ces tuyauteries et réservoirs. En service, les stationnements ne sont généralement pas assez longs pour que les effets de la gelée soient à craindre ; il suffit en tout cas, pour les éviter, de déplacer de temps à autre le véhicule.

114. *Entretien.* — Toute exploitation par traction mécanique doit comporter un matériel d'atelier suffisant pour permettre un entretien normal du mécanisme et du châssis des véhicules; cet entretien, pour être tout à fait efficace, c'est-à-dire pour permettre un bon service et une grande durée du matériel, doit comporter:

1° Une visite journalière, avec les réfections nécessaires ;
2° Une visite hebdomadaire ;
3° Une visite trimestrielle.

Il est encore nécessaire d'avoir en réserve, prêts à partir à la demande, des véhicules en nombre proportionné à l'importance du service.

Visite journalière. — Cette visite doit être faite dès que chaque véhicule est entré sous remise, et pendant qu'il est encore en pression, par un ouvrier ou un chef d'équipe bien au courant du montage et du fonctionnement des diverses parties du châssis et du moteur. Le mécanicien conducteur signale d'autre part à sa rentrée, verbalement, et en les inscrivant ensuite sur un registre, les réparations qu'il demande ; il ajoute sur le registre le service qu'il a fait dans la journée et ses observations de route. Le visiteur vérifie l'utilité de ces réparations en même temps qu'il passe l'inspection de tous les organes ; il donne aussitôt les indications nécessaires pour que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les travaux à effectuer soient entrepris avec méthode et de façon qu'ils soient terminés pour le départ du lendemain. Il surveille en même temps le nettoyage des mécanismes et de la voiture, nettoyage qui permet seul de découvrir certaines défectuosités : écrou desserré, goupille manquante, commencement de cassure, etc.

Visite hebdomadaire. — Cette visite, avec les travaux qu'elle comporte, demande une journée entière et immobilise par conséquent la voiture, qui doit être remplacée dans son service; la réfection des parties suivantes est particulièrement nécessaire :

Nettoyage et vérification du brûleur;

Vérification des trous des tubes souffleurs;

Vérification et réglage des freins;

Vérification et réglage des chaînes;

Vérification et réglage ou remplacement de toutes les tringles et articulations des commandes;

Sondage au marteau des rivets et boulons;

Serrage des rayons et des disques de moyeux des roues;

Vérification du fonctionnement du graisseur des cylindres et de la soupape de sûreté;

Serrage ou réfection des garnitures de presse-étoupe;

Vérification des joints et attaches des tuyauteries;

Vérification de la direction, du bon état des axes et des goupilles;

Vérification du débit et du débouchage de tous les trous de graissage;

Vidange et nettoyage du réservoir à eau.

Visite trimestrielle. — Cette visite doit permettre de remettre la partie mécanique : générateur, moteur, châssis, entièrement à l'état de neuf; elle peut demander une semaine. Il faut notamment :

Pour le *générateur :* démonter les tubes, les battre au marteau pour détacher les pailles d'oxyde ou les traces de tartre, redresser les parties déformées et passer la filière sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les raccords. Dans le remontage, il faut graisser les filets des raccords et des écrous avec un mélange d'huile et de plombagine, et avoir soin de mettre à la partie inférieure les éléments le mieux conservés. Au premier allumage qui suivra, on devra produire une circulation de vapeur au moyen de la pompe à main et évacuer cette vapeur à l'air libre avant de remonter le tuyau de prise de vapeur ; des pailles d'oxyde ou des morceaux de tartre pourraient, sans cette précaution, être entraînés dans les cylindres, et les rayer ainsi que les segments et les tiges.

Brûleur. — Il doit être entièrement démonté et nettoyé; le filtre doit être changé, ainsi que les becs agrandis à plus de 7/10, et aussi le serpentin s'il est bouché.

Petit-cheval et pompes. — Le tiroir du petit-cheval doit être dressé s'il est nécessaire, ainsi que sa glace, le pointeau de prise de vapeur vérifié, toutes les garnitures refaites à neuf, et les axes qui auraient pris un jeu nuisible changés. Les tubes souffleurs sont nettoyés et les clapets des pompes et le clapet de retenue soigneusement rodés.

Moteur. — On le démonte entièrement, pour permettre de supprimer le jeu des divers coussinets de l'arbre-vilebrequin, des bielles, de l'arbre à cames, du différentiel et des paliers des arbres de pignons de chaînes. Les soupapes d'admission et d'échappement sont rodées, les segments de pistons rebattus et au besoin remplacés, les garnitures des tiges refaites à neuf; on visite aussi les galets et axes de la distribution, des pieds de bielles et des diverses parties de la commande du changement de marche, dont on supprime également le jeu.

Chaînes. — Elles sont démontées et nettoyées au pétrole, les axes ou rouleaux ayant pris du jeu sont remplacés, les chaînes sont ensuite plongées dans un bain de suif chaud, égouttées et remontées.

Châssis, suspension, essieux, roues. — Les assemblages rivés ou boulonnés du châssis sont vérifiés, ainsi que les axes des jumelles des ressorts et les étriers; les lames des ressorts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont graissées. Les roues sont démontées, les fusées et moyeux nettoyés, les rondelles de butée en cuir changées s'il est nécessaire, les rayons et rondelles des moyeux resserrés.

Freins. — Ils doivent être démontés, les sabots en fonte remplacés s'il est nécessaire et les commandes réglées.

Direction. — Il faut démonter le carter, vérifier le jeu des bagues et les remplacer si c'est nécessaire, vérifier également l'engrènement des pignons, changer les dents en prise si elles sont usées, changer les axes ayant du jeu.

Obturateur. — Le démonter pour dresser la glace et les tiroirs, et roder le siège conique; le remonter en graissant les raccords à la plombagine, enfin vérifier et régler la course du tiroir.

Soupape équilibrée. — Les pièces hors de service doivent être remplacées, et la soupape essayée et réglée à 35 kg après montage.

Graisseur automatique. — Après démontage complet et nettoyage au pétrole, les pièces ayant trop d'usure doivent être remplacées; au remontage, le graisseur est essayé en montant un manomètre sur les refoulements, après les clapets de retenue, dont on vérifie ainsi l'étanchéité, ainsi que celle des raccords ou garnitures.

Graisseur de secours. — Il est éprouvé de la même façon après que la garniture a été refaite.

Robinet de veilleuse; pompe à air; manomètres. — Ces appareils devant toujours être maintenus en bon état, ils ne demandent aucun entretien spécial lors de la réfection générale.

Réservoirs. — Ils doivent être vidés à fond et nettoyés.

Récupérateurs, condenseur, radiateur, tuyauteries. — Les supports et attaches sont visités et les joints douteux refaits, en ayant soin de graisser les écrous et les collets; pour la tuyauterie de vapeur, ce graissage doit être fait avec un mélange d'huile et de plombagine.

Il faudrait aussi lessiver ces pièces et organes si l'intérieur se trouvait en partie obstrué par des dépôts huileux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

115. ***Voitures automotrices du Chemin de fer P.-L.-M.*** — Ces voitures (*fig.* 407), au nombre de deux, assurent un service de navette sur des lignes d'embranchement, dans la grande banlieue de Paris, en remorquant une ou deux autres voitures à une vitesse nominale de 60 km. Le générateur est semblable à celui qui vient d'être décrit, sa puissance atteint 100 chx ; le moteur est à deux cylindres à double effet et à distribution de Stephenson commandant des tiroirs

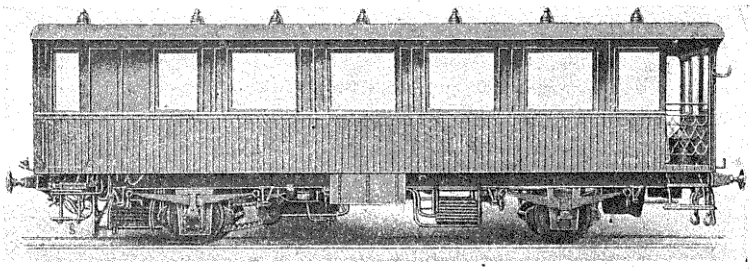


Fig. 407. — Automotrice *Serpollet* à chauffage au pétrole des *Chemins de fer P.-L.-M.*

à coquille ordinaires. Les précautions à prendre dans la conduite et l'entretien sont les mêmes que pour les véhicules sur route.

§ III. — VOITURES AUTOMOTRICES A VAPEUR SYSTÈME TURGAN DU CHEMIN DE FER DU NORD

116. Ces voitures, au nombre de deux actuellement, sont d'un type tout à fait spécial : elles peuvent circuler dans les deux sens sans avoir besoin d'être retournées, qualité précieuse, qui permet d'établir un service de navette entre deux gares quelconques d'une ligne, lorsqu'une circonstance particulière : foire, marché, fête, etc., justifie un pareil service.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

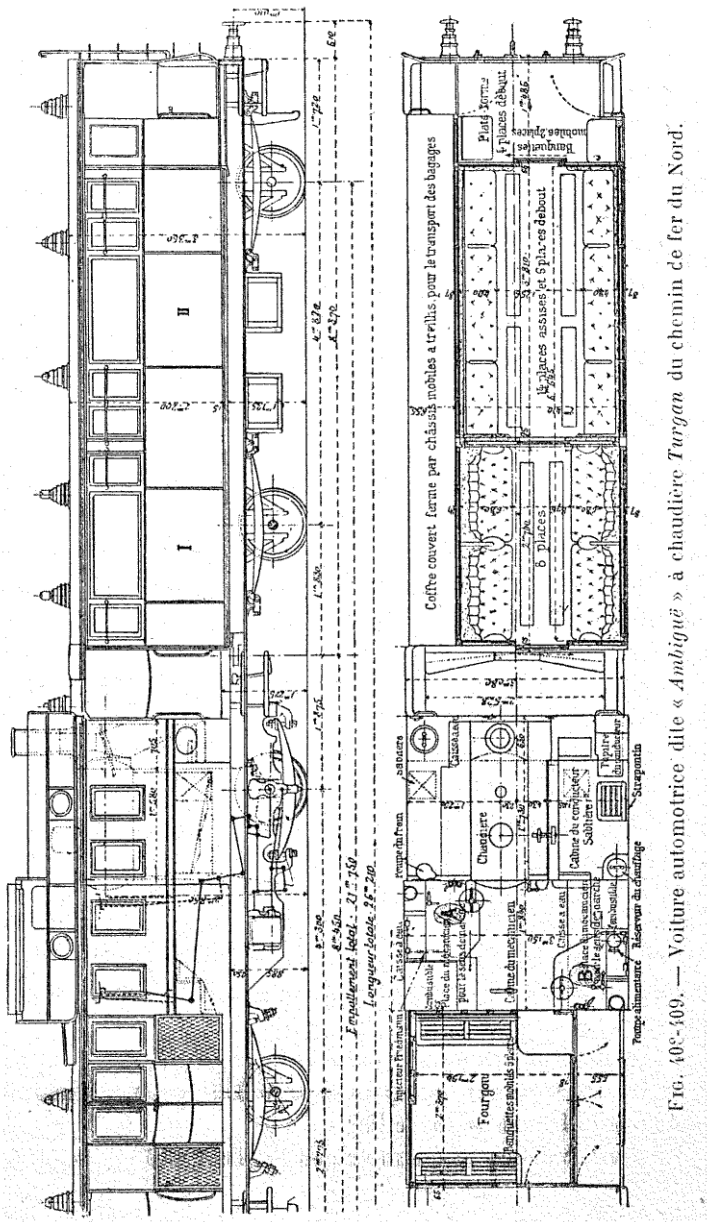


FIG. 408-409. — Voiture automotrice dite « *Ambiguë* » à chaudière *Turgan* du chemin de fer du Nord.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'une de ces voitures est en service à Paris. Elles comprennent (*fig.* 408-409) trois parties : un truck à deux essieux — portant le moteur et comprenant aussi un fourgon — attelé aux deux extrémités avec des voitures à voyageurs portées également, chacune, par deux essieux, l'une se trouvant être poussée par la machine et l'autre remorquée. Cet ensemble, d'une longueur de 26 m, repose donc sur six essieux ; le poids total en est de 45 t.

L'élément moteur, qui pèse environ 20 t, comprend une chaudière TURGAN de 30 m² de surface de chauffe et de 0,80 m² de surface de grille, timbrée à 18 kg, — une machine compound à deux cylindres, puis des caisses à eau et à combustible, enfin un fourgon.

117. La ***chaudière***, représentée figure 410, est placée un peu en dehors du centre du truck. Son poids à vide est de 3.000 kg et sa puissance de plus de 100 chx. On peut brûler dans le foyer jusqu'à 228 kg de charbon par heure, équivalant à 360 kg par mètre carré de grille.

La ***machine***, du système compound, est formée de deux cylindres extérieurs actionnant le même essieu ; le diamètre du cylindre HP est de 195 mm et celui du cylindre BP de 290 mm ; la course commune des pistons est de 320 mm et le rapport des volumes de 1,62 — assez faible par conséquent.

Un régulateur-détendeur spécial permet, au moyen d'un seul levier :

1° D'admettre la vapeur de la chaudière à pleine pression dans le cylindre HP et à pression réduite (8 kg) dans le cylindre BP, les deux cylindres fonctionnant indépendamment l'un de l'autre et échappant tous les deux dans l'atmosphère ;

2° De marcher en compound à la façon ordinaire ;

3° De marcher en compound avec telle pression réduite que l'on désire au cylindre HP.

Le diamètre des roues motrices est de 1,040 m, et l'effort

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de traction maximum, avec admission directe dans les deux cylindres, de 2.100 kg.

Le fourgon a une longueur de 2,500 m et une capacité de

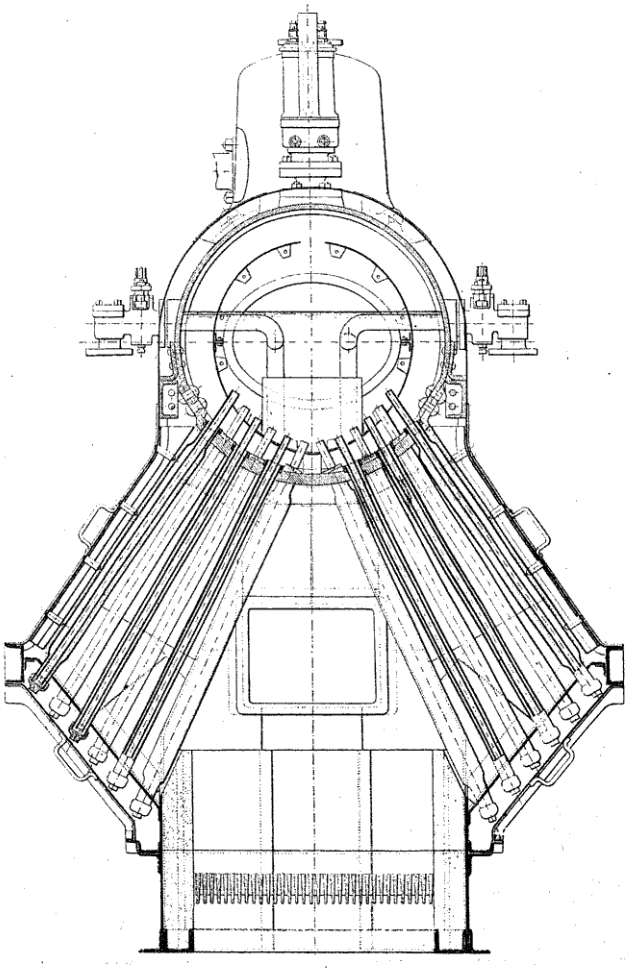


FIG. 410. — Chaudière *Turgan*. — Coupe transversale.

9 m³; il renferme aussi des banquettes mobiles pour six personnes. Le conducteur peut accéder à la plate-forme du mé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

canicien pour, en cas d'indisposition subite de ce dernier, arrêter la voiture.

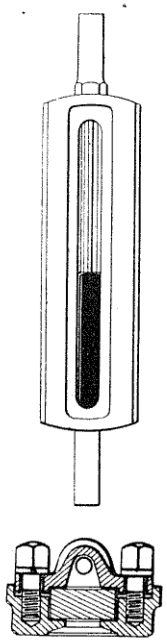


Fig. 411.
Niveau d'eau à glace.

118. Les ***caisses*** à voyageurs sont réunies au truck moteur par des attelages système Bricogne ; l'une comporte un compartiment de 3e classe comprenant 40 places dont 22 assises et 12 debout, l'autre un compartiment de 1re classe contenant 8 places, et un compartiment de 2e offrant 14 places assises et 6 debout : la contenance totale est donc de 60 places. Les caisses sont échancrées du côté droit dans le sens de la marche, et le mécanicien, des deux postes qu'il peut occuper sur sa plate-forme, aperçoit nettement la voie et les signaux par ces échancrures ; il peut aussi regarder par-dessus la toiture.

Cette automotrice a pu franchir la rampe de Survilliers, qui a une longueur de 20 km et une inclinaison presque continue de 5 mm, à la vitesse soutenue de 65 km à l'heure. Les démarrages et les arrêts sont très prompts, de sorte que, malgré leur fréquence, imposée par le service spécial de l'automotrice, la vitesse commerciale est encore élevée.

La dépense moyenne de combustible est de 6 à 7 kg par kilomètre, allumage et stationnements compris.

119. La ***voiture postale*** (*fig.* 412), employée sur le même réseau du Nord, a été munie en 1900, en remplacement de la chaudière Serpollet primitive, d'une chaudière Turgan de 17 m² de surface de chauffe et d'un poids à vide de 2.000 kg. Cette chaudière a un grand volume d'eau permettant de donner un fort coup de collier à la montée des rampes, et un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande surface de grille relative (0,65 m²) donnant une mise en pression très rapide (trente minutes). Malgré le faible rapport de la surface de chauffe à la surface de grille, la vaporisation par kilogramme de charbon brut y est encore de 6 kg, ce qui est un excellent résultat dans de semblables conditions. La vaporisation par mètre carré de surface de chauffe et par

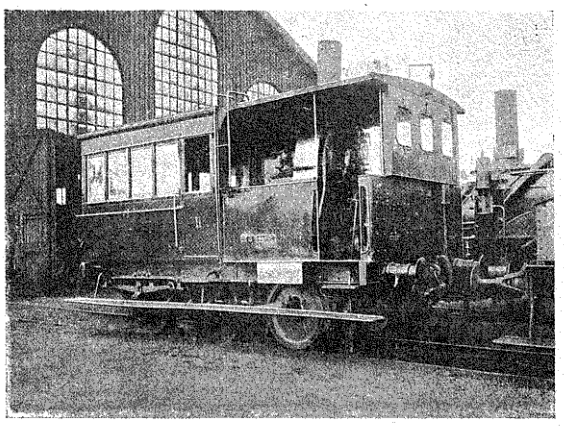


FIG. 412. — Automotrice postale à chaudière *Turgan du Chemin de fer du Nord.*

heure atteint facilement 80 kg, correspondant à une vaporisation totale par heure de 1.360 kg.

Cette automotrice, dont le poids total en charge est de 18 t, remorque entre Creil et Beauvais deux wagons pesant ensemble 30 t à une vitesse commerciale de 37 km à l'heure ; la dépense de combustible par kilomètre, allumage non compris, est de 3 kg.

Les résultats d'exploitation de cette automotrice postale sont très économiques, et les frais d'entretien du moteur et de la chaudière peu élevés.

Des voitures à chaudière TURGAN sont aussi en fonctionnement sur les chemins de fer à voie étroite de la Drôme et sur la petite ligne de Dinard à Saint-Briac (Ille-et-Vilaine).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VI

VÉHICULES A AIR COMPRIMÉ

I. — AUTOMOTRICES DE TRAMWAYS

120. Le principe de la *traction par l'air comprimé* consiste à produire de l'air à une pression élevée dans une usine au moyen de compresseurs actionnés d'une manière quelconque : par des machines à vapeur, hydrauliques, électriques ou à gaz, et à charger cet air dans des réservoirs en nombre approprié portés par un châssis moteur de voiture automobile ou de locomotive.

L'air comprimé a été utilisé pour la propulsion d'un petit véhicule sur une voie ferrée dès 1838. Employée aux travaux du tunnel du Saint-Gothard, la traction par l'air comprimé entra définitivement dans la pratique industrielle avec M. Mékarski, qui l'appliqua en 1879 aux tramways de Nantes et en 1894 à deux lignes dans Paris. Jusqu'en 1900, ce système a reçu un grand nombre d'applications, mais il s'est peu développé depuis. M. Molas, en 1898, a aussi muni une voiture de livraison d'un moteur à air comprimé ; des locomotives à air comprimé sont encore employées dans les mines, enfin deux fourgons-locomoteurs Mékarski ont été construits en 1900 pour la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, pour servir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de machines de secours sur la ligne électrique des Invalides à Versailles.

La pression d'emmagasinement de l'air, qui était déjà de 17 atmosphères (16,5 kg effectifs par centimètre carré) dans la voiture de 1838, fut portée à 30 kg par M. Mékarski dans les tramways de Nantes. Sur la ligne du Louvre à Versailles

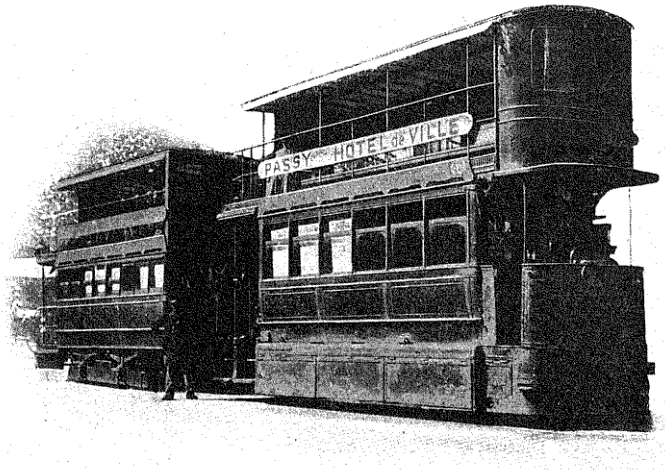


FIG. 413. — Automotrice de tramway à air comprimé de la C. G. O.

de la Compagnie générale des Omnibus de Paris, mise en service en 1894, cette pression atteignait 80 kg; et aux États-Unis, où l'air comprimé est également utilisé sur des lignes de tramways, elle s'est élevée à 120 kg. Enfin, dans la voiture de livraison de M. Molas, les réservoirs étaient construits pour une pression d'emmagasinement de 300 kg par centimètre carré.

121. ***Fonctionnement des voitures de tramways automotrices de la Compagnie générale des Omnibus de Paris.*** — Ces voitures sont de deux types : le type 1893,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appliqué à la ligne de Saint-Augustin-Cours de Vincennes, et le type 1898 (*fig.* 413), construit d'après les plans de M. Bonnefond, et appliqué à un grand nombre d'automotrices desservant une demi-douzaine de lignes de la Compagnie. Les automotrices du premier type ont d'ailleurs eu leur bouillotte modifiée à partir de 1905 suivant le système Bonnefond.

122. Le ***truck*** moteur des voitures 1893 est formé de deux longerons parallèles entretoisés principalement par des fers U en différents points de leur longueur, notamment à l'endroit des cylindres et des boîtes d'essieux, de manière à former un cadre rectangulaire suffisamment rigide : le châssis doit pouvoir supporter, en effet, sans se déformer, le poids des réservoirs, du mécanisme, de la caisse et des voyageurs, ainsi que les chocs dus aux inégalités de la voie et aux courbes, enfin les efforts provenant de l'action des pistons sur les attaches des cylindres et sur les glissières des boîtes d'essieux, et ceux, très importants également, dus aux freins.

Les longerons, en tôle d'acier forgé, sont allégés par des découpures pratiquées notamment à l'endroit des organes du frein, afin de permettre le réglage des sabots; ils sont assemblés à leur partie supérieure à un fer U ou brancard destiné à recevoir la caisse.

Le châssis repose sur les fusées d'essieux par l'intermédiaire des ressorts de suspension et des boîtes à huile ; les ressorts appuient sur ces dernières par des tiges soudées aux brides ou étriers, et leurs extrémités sont articulées au moyen d'un axe au châssis : ils ont pour but d'absorber l'effet des chocs que les inégalités de la voie exercent sur les roues et de ne transmettre ces chocs que très réduits au châssis. Les boîtes à huile sont munies de coussinets en bronze garnis d'antifriction ; les coussinets sont soigneusement tournés et polis, comme les fusées d'essieux, et par le graissage on interpose entre les surfaces frottantes un lubrifiant qui a pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

effet de réduire le frottement des pièces et de faciliter le roulement des automotrices.

Entre les longerons sont disposés transversalement les réservoirs à air, qui sont au nombre de 9 et ont une contenance totale de 2.600 l environ ; quand ils sont chargés d'air à la pression de 80 kg, leur contenance en poids est de

> 2,6 (volumes en mètres cubes) × 1,2 (poids du mètre cube d'air à la pression atmosphérique et à la température de 20°) × 80 (pression de l'air) = 250 kg.

L'air est d'autant moins lourd, ou pèse moins, pour une même pression, qu'il est plus chaud ; quand il est chargé dans les réservoirs de l'automotrice, directement par les compresseurs, sa température, au début de l'ouverture des vannes, est à peu près de 60° ; mais il se refroidit dans la canalisation et les réservoirs, où il n'arrive plus qu'à 30° environ, et il atteint rapidement la température ambiante en diminuant au fur et à mesure de pression.

Les réservoirs sont partagés en deux groupes appelés *batterie* et *réserve*, les réservoirs de chaque groupe étant reliés entre eux au moyen de canalisations appropriées ; d'autres tuyaux munis de vannes permettent aussi de mettre la batterie et la réserve, ensemble ou séparément, en communication avec la bouillotte. Enfin, une canalisation de chargement, comprenant encore des vannes, puis des bouches en bronze munies d'un pas de vis et d'une garniture en ébonite, et qu'on met en communication au moyen d'un écrou avec des serpentins en cuivre raccordés à une canalisation venant de l'usine, permet de faire le plein des réservoirs à telle pression que l'on désire, jusqu'à la pression maximum de 80 kg.

La bouillotte, dans le système Mékarski (appliqué aussi aux tramways de Nantes, la Rochelle, Cusset-Vichy, Saint-Quentin et Aix-les-Bains), contient environ 270 l d'eau, que l'on réchauffe au dépôt ou sur la voie publique jusqu'à une température qui peut atteindre 170°, au moyen d'un jet de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur emprunté à une chaudière fixe : avant de se rendre aux cylindres du moteur, l'air des réservoirs passe dans la bouillotte, où il se réchauffe à la température même de l'eau, entraînant encore un peu de cette eau à l'état de brouillard. Le réchauffage de l'air a pour effet d'augmenter son volume en conservant sa pression, et il peut ainsi fournir un plus grand travail ; l'eau entraînée se vaporise dans les cylindres pendant la détente de l'air, puis elle se condense de nouveau en cédant sa chaleur latente à cet air, qui conserve ainsi une bonne température. La vapeur entraînée facilite d'autre part la lubrifaction et le fonctionnement des pistons en humectant les parois des cylindres et en donnant à l'huile une fluidité convenable.

La bouillotte est surmontée du régulateur, dont la figure 418 montre la disposition.

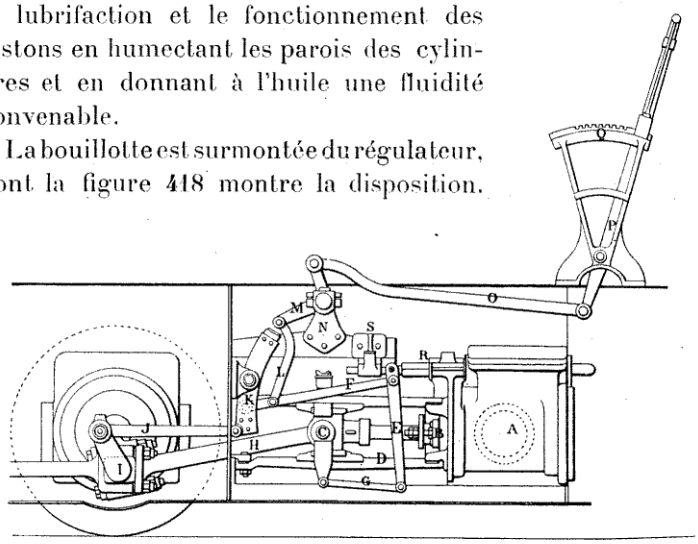


Fig. 414. — Mécanisme moteur et distributeur.

123. Le ***moteur des automotrices*** Mékarski (*fig.* 414) est exactement semblable à celui des locomotives ordinaires de chemins de fer ; il comprend deux cylindres solidement fixés aux longerons, et dans chacun desquels se déplace un *piston p* (*fig.* 415) sous l'action de l'air introduit alternativement sur chacune de ses faces par le déplacement du *tiroir t*, qui découvre tour à tour à cet effet chacune des lumières *a*, *a*. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

piston prend ainsi un mouvement rectiligne alternatif ou de va-et-vient qui est transmis à la *bielle motrice H;* celle-ci est articulée par l'une de ses extrémités (par sa *petite tête* qu'on appelle parfois aussi *pied de bielle*) à la *crosse* de piston, et par son autre extrémité ou *grosse tête*, à un manneton ou *tourillon I* (équivalent à une manivelle) calé sur le centre ou corps de la roue motrice. Le mouvement du piston est transformé par la bielle et la manivelle en un mouvement de rotation continu des roues; enfin ces dernières engrènent pour ainsi dire avec les rails par l'effet des porosités des métaux en contact et par suite du poids qui charge les essieux, et il en résulte un mouvement d'avancement de l'automotrice.

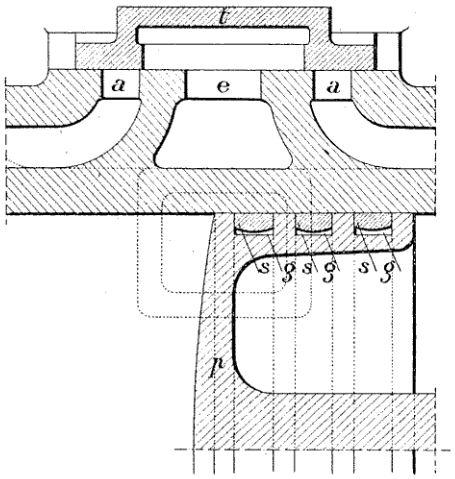


FIG. 415. — Tiroir, lumières et piston.
e, lumières d'échappement ; *s*, segments de piston ; *g*, gorges

Le tiroir *t* reçoit aussi un mouvement rectiligne alternatif par l'intermédiaire de la bielle F, d'un *coulisseau* et d'une *coulisse* K, cette dernière étant animée d'un mouvement d'oscillation sous l'action d'un bouton calé sur la contre-manivelle motrice actionnant la bielle J d'excentrique; le montage est fait de telle sorte que le tiroir commence à découvrir un de ses orifices extrêmes un peu avant que le piston n'arrive au fond de course correspondant. Le déplacement du coulisseau dans la coulisse au moyen des bielles ou leviers *L*, *M*, *O*, *P*, de l'appareil de changement de marche, permet, d'autre part, d'utiliser la détente de l'air, qui est une source d'économie, et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produire le changement du sens de la marche de l'automotrice (1). Au point de vue de la réduction de la dépense d'air, il est aussi nécessaire de maintenir propres les trous du pot d'échappement afin d'abaisser la contre-pression au chiffre minimum. Le graissage des cylindres, opéré au moyen du télescopompe Bourdon (*fig.* 432), doit être continu et sans perte d'huile par les raccords.

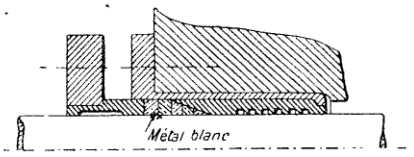


Fig. 416. — Garniture de tige de pistons et de tiroirs système *Pile*.

Les essieux sont réunis entre eux par des bielles d'accouplement pour faire profiter le moteur de toute l'adhérence de l'automotrice (dans des voitures de Nantes, la Rochelle, etc., ne remorquant pas d'attelage, cet accouplement n'est pas nécessaire, l'entretien du moteur en est sensiblement diminué).

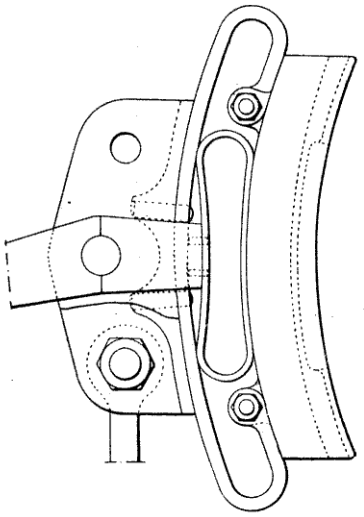


Fig. 417. — Patin de frein à ressorts système *Lachaud*.

Les coussinets des bielles prennent en effet rapidement de l'usure, et il faut leur donner du serrage parfois tous les huit jours. Ce travail doit être fait avec soin, comme aussi l'ajustage des coussinets des boîtes à huile, lors des changements de roues ; ces divers coussinets doivent être ajustés (ou mieux simplement tournés) sans dépouille, avec

(1) Pour la régulation du tiroir, c'est-à-dire la façon dont il se déplace par rapport au piston, voir notre ouvrage *Le Mécanicien de chemin de fer*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un jeu très faible sur le diamètre, et le jeu latéral doit être également très faible. En raison du freinage des roues, qui tend à faire écarter ces dernières lorsque les coussinets des boîtes, ou les glissières des boîtes elles-mêmes, ont une certaine usure, il faut tenir compte de cette usure dans la mise de longueur des bielles d'accouplement. Les patins de frein à ressort (*fig.* 417) atténuent les inconvénients qui peuvent résulter de cette action du frein sur les bielles d'accouplement.

Le poids des automotrices type 1893 de la Compagnie générale des Omnibus, en charge, est de 15.800 kg environ.

124. *Conduite.* — La bouillotte est surmontée d'un régulateur qui permet d'envoyer aux cylindres de l'air à telle pression que l'on désire entre la pression atmosphérique et la pression maximum fixée par les instructions du dépôt. Ce régulateur, dans le système Mékarski, consiste en principe (*fig.* 418) en un piston en bronze creux C, pouvant se déplacer verticalement dans une chambre étanche DE renfermant en partie de l'air et en partie de l'eau. Quand le mécanicien abaisse le piston, il comprime l'air, dont la tension augmente d'une façon proportionnelle à la diminution de son volume ; cet air vient faire pression, par les trous dont est percé le fond de la chambre E, sur un diaphragme en caoutchouc reposant sur une lentille en bronze F ; celle-ci

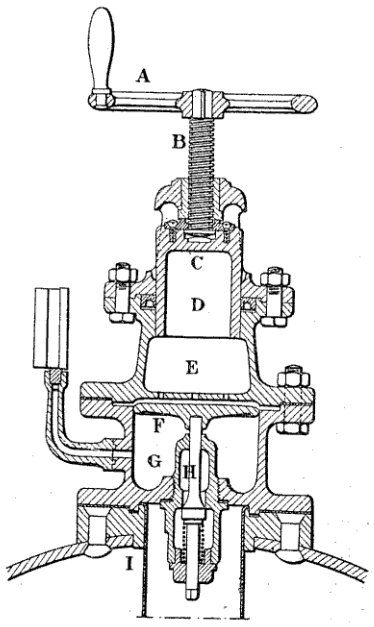


Fig. 418. — Régulateur *Mékarski*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appuie elle-même sur le clapet H, qui en s'abaissant se détache de son siège et laisse l'air et la vapeur de la bouillotte se rendre aux cylindres du moteur. La pression du mélange qui vient agir ainsi sur les pistons moteurs est d'autant plus grande que le clapet est plus abaissé.

On remarque que plus le volume de l'air contenu dans la chambre E du régulateur est faible, plus la pression de l'air augmente rapidement sous l'action du volant. Il importe que cette augmentation de pression ne se fasse ni trop lentement ni trop brusquement, afin que les démarrages et les changements d'allure puissent s'effectuer franchement et toutefois sans à-coups brusques. On règle le volume d'air de la chambre par tâtonnements en remplissant plus ou moins la cavité intérieure du piston au moyen d'un tampon en bois de hauteur convenable. On diminue aussi ce volume en introduisant dans la chambre une certaine quantité d'eau par un robinet d'emplissage situé à 90° du manomètre figuré sur le dessin ; cette eau forme joint hydraulique et empêche l'air comprimé par le piston de s'échapper par le pourtour de ce dernier : une garniture emboutie en ébonite (caoutchouc durci) assure d'ailleurs un joint efficace.

Les déplacements répétés du diaphragme en caoutchouc le font se couper près du pourtour de fixation, entre les deux brides formant joint à cet endroit ; on peut, d'après les indications de la pratique, remplacer le diaphragme après un temps régulier de service, sans attendre qu'il se perce, — ou bien, ce remplacement étant très vite effectué, attendre pour le faire que le diaphragme soit avarié et hors de service. D'ailleurs, on peut encore continuer à marcher après que l'avarie s'est produite : il suffit de fermer les vannes de communication des réservoirs avec la bouillotte, et de ne les entr'ouvrir ensuite que d'une très petite quantité, de manière à régler la pression de l'air se rendant aux cylindres suivant le profil et l'effort moteur nécessaire ; dans les arrêts et dans les parties du parcours qui peuvent être franchies par l'inertie de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la voiture ou par la gravité, le mécanicien ferme totalement les vannes ou place le levier de changement de marche au point mort, de manière à supprimer plus ou moins complètement l'action du fluide moteur.

Le mécanicien dispose encore d'un robinet de manœuvre, placé sur le tuyau d'admission d'air aux cylindres, à la sortie de la bouillotte ; ce robinet possède un second orifice qui sert à envoyer de l'air sur le diaphragme d'un détendeur de frein,

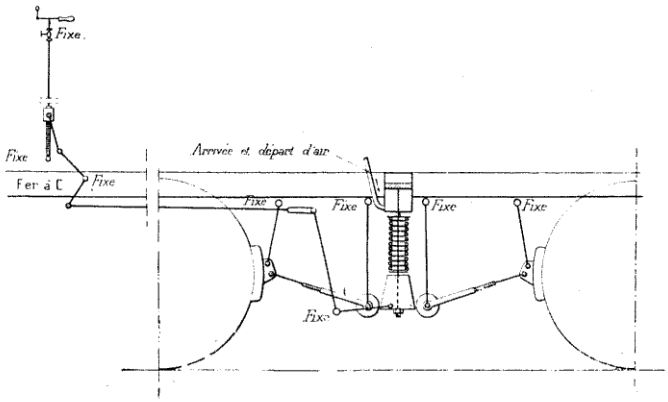


FIG. 419. — Frein *Mékarski*.

lorsqu'on veut produire le ralentissement ou l'arrêt de la voiture ; le diaphragme produit l'ouverture d'un clapet qui met les réservoirs de la réserve en communication avec le dessus des cylindres à frein (*fig.* 419).

Pour obtenir le desserrage, le mécanicien ramène le robinet de manœuvre dans la position de droite (celle de marche), ce qui donne échappement à la fois à l'air du détendeur, dont le clapet se referme, et à celui des cylindres à frein, dont les pistons descendent alors sous l'action des ressorts de rappel, en produisant le desserrage des sabots.

Ce frein direct est aussi continu, et l'air agit de la même façon dans le cylindre de frein de la voiture de remorque. Une disposition très simple, appliquée aux voitures de la ligne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Cours de Vincennes-Saint-Augustin », peut rendre encore son fonctionnement automatique sur cette dernière en cas de rupture d'attelage. Elle consiste à munir les remorques d'un petit réservoir auxiliaire branché en dérivation sur la conduite générale, et qu'on emplit à une pression suffisante avant le départ de chaque terminus au moyen du robinet du mécanicien, et chaque fois ensuite que ce dernier freine le train ; si une rupture d'attelage vient à se produire, ce réservoir est mis en communication avec le cylindre à frein par l'ouverture d'un robinet qu'une tirette reliant les deux voitures du train vient actionner. Cette tirette fait en même temps fermer le robinet de sectionnement de la conduite générale sur l'automotrice, de manière à permettre au mécanicien de freiner cette dernière quand il s'aperçoit de la rupture d'attelage : il doit faire en sorte, toutefois, de ne pas arrêter l'automotrice plus promptement que la remorque ne s'arrête elle-même, afin d'éviter le tamponnement des deux voitures.

Dans les automotrices de Saint-Augustin, le robinet de manœuvre Mékarski étant supprimé, le frein est commandé au moyen d'un robinet spécial disposé sur le côté droit de la plate-forme. Ce robinet comporte (*fig.* 420 à 423) deux clapets **1** et **2** qui déterminent trois chambres *a*, *b*, *c*, isolées les unes des autres. Par des tuyaux vissés, la chambre *a* est en communication avec un détendeur recevant l'air des réservoirs de marche de l'automotrice, la chambre *b* avec les cylindres de frein, et la conduite *c* avec l'atmosphère.

Le dessin représente le robinet dans la *position d'isolement*.

Pour serrer le frein, le mécanicien tire sur la poignée ; il soulève ainsi le clapet **1** et l'air passe du détendeur aux cylindres de frein : l'intensité du serrage est proportionnelle à l'ouverture du clapet ou au temps pendant lequel il reste soulevé. *Pour desserrer*, on pousse sur la poignée ; c'est alors le clapet **2** qui est soulevé et laisse échapper dans l'atmosphère l'air des cylindres à frein.

Dans la position de serrage, ce clapet est fermé, mais il peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne pas être étanche sur son siège, et, dans un arrêt, le frein peut ainsi se desserrer; lorsque la voiture est arrêtée sur une déclivité, le mécanicien doit alors tenir la main sur la poignée et le regard sur le manomètre pour reprendre le serrage si

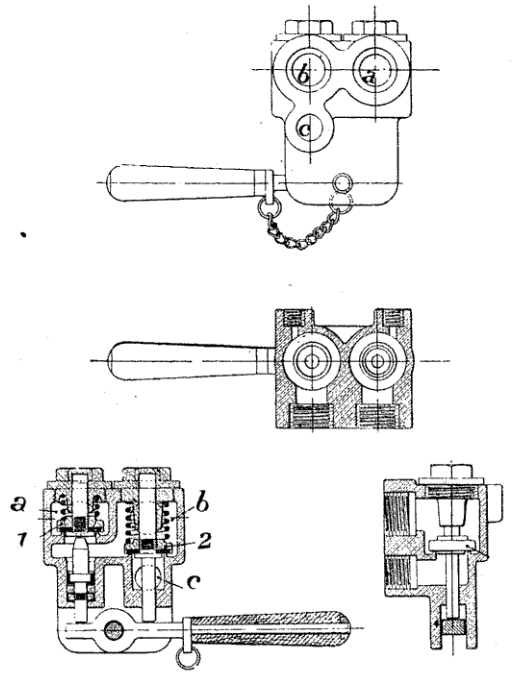


FIG. 420 à 423. — Robinet du mécanicien du frein *Lipkowski*.

l'aiguille tend à revenir vers zéro. Si le mécanicien a besoin de descendre de sa plate-forme ou seulement de s'éloigner du robinet de frein, il doit auparavant serrer le frein à main.

Avec ce robinet, le retour à la position d'isolement se fait automatiquement : on n'a donc pas à craindre que le mécanicien laisse par oubli son robinet à la position de desserrage, empêchant de mettre le frein en action à l'aide des robinets de secours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

125. ***Dans le système Bonnefond***, la bouillotte (*fig.* 424) est munie d'un foyer intérieur chauffé au coke, et elle est alimentée d'eau au moyen d'une petite pompe placée dans le caisson côté gauche du mécanisme et actionnée par la tête de bielle d'accouplement voisine. Le tirage est produit par une cheminée qui s'élève jusqu'au-dessus de la toiture de l'impériale; s'il s'effectue dans de bonnes conditions et n'est pas contrarié par des rentrées d'air, la quantité de coke brûlé par kilomètre peut atteindre 0,800 g à 1 kg, en rapprochant convenablement les chargements. Un robinet de retour d'eau à la bâche, suivant qu'il est ouvert ou fermé, permet d'arrêter ou de rétablir l'alimentation ; généralement, cette dernière est arrêtée dans les parcours en rampe et rétablie dans les descentes et les paliers, où la pression dans la bouillotte peut être plus faible, ce qui réduit ainsi la fatigue de la pompe ; on doit prendre garde cependant de ne laisser à aucun moment le niveau de l'eau disparaître totalement du tube, afin d'éviter des coups de feu qui aigriraient le métal, diminueraient sa résistance et provoqueraient des fuites à l'emmanchement du gueulard. Les coups de feu risquent principalement de se produire à l'allumage, quand on effectue ce dernier trop tôt et que l'on n'a pas pris soin d'établir auparavant un niveau d'eau élevé dans la bouillotte ; un tube en verre, dont les montures sont munies de billes de fermeture des communications en cas de rupture (*fig.* 426), permet de se rendre compte facilement de ce niveau, qui ne doit pas, d'autre part, sauf à la rentrée,

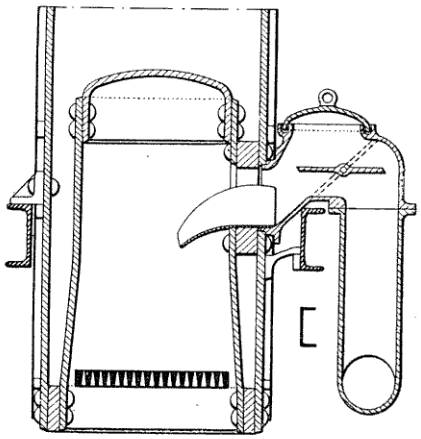


FIG. 424. — Bouillotte *Bonnefond*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépasser le tiers du tube pour éviter les entraînements d'eau aux cylindres. La quantité d'eau vaporisée ou entraînée avec

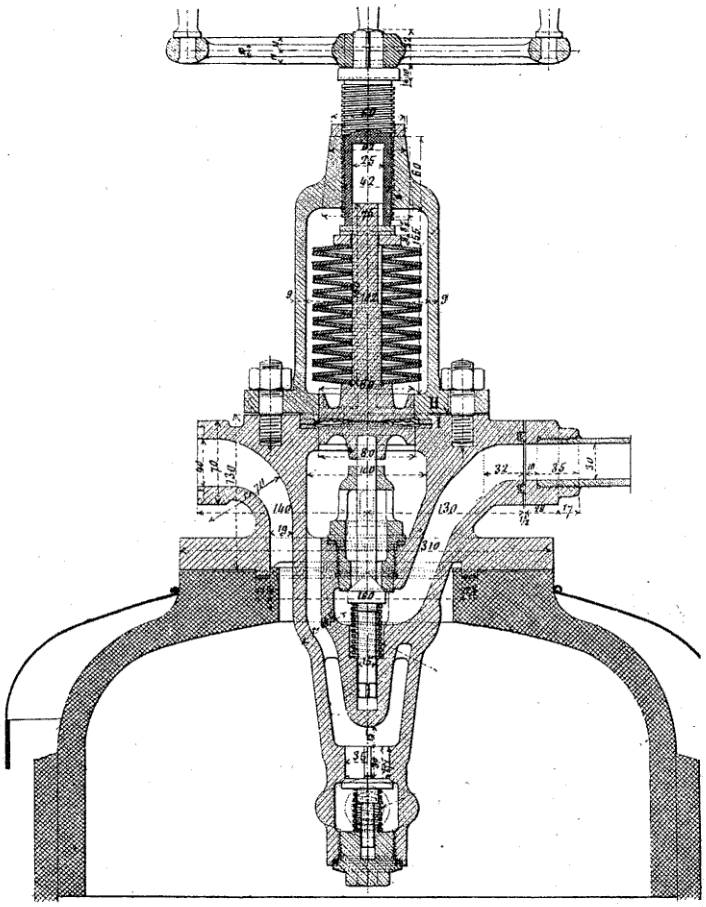


Fig. 425. — Détendeur *Bonnefond*.

l'air atteint, pour la combustion de 1 kg de coke ci-dessus, environ 6 l; sa température est en moyenne de 130°, correspondant à une pression effective d'environ 2 kg; celle de l'air

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entrant dans la bouillotte se règle entre 8 et 10 kg, de manière que le mélange (en poids) s'effectue dans la proportion de 1/5 à 1/6, reconnue la plus avantageuse, au point de vue du rendement final, par M. Mékarski. Un robinet est interposé entre la bâche et la pompe, sur le tuyau d'aspiration de cette dernière ; on le ferme à la rentrée de la voiture, en hiver, pour pouvoir vider le corps de pompe et l'empêcher de s'avarier sous l'action de la gelée.

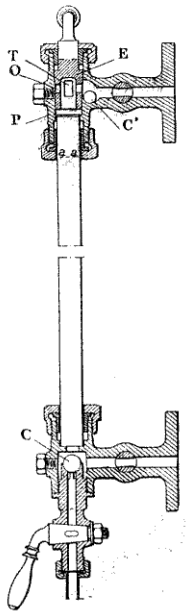


FIG. 426. — Tube de niveau d'eau à billes.

C, C', billes en bronze; E, robinet supérieur; P, monture ; T, orifice rectangulaire pour la purge de la monture P.

Le détendeur est interposé ici entre les réservoirs et la bouillotte, au lieu d'être compris entre la bouillotte et les cylindres moteurs, comme dans le système Mékarski, et on ne met dans la bouillotte qu'une pression un peu supérieure à celle que l'on veut employer dans les cylindres. On fait varier cette pression suivant le profil, l'effort moteur nécessaire s'obtenant encore par la variation de la durée d'admission.

Le clapet du détendeur tend constamment à être appuyé sur son siège par un ressort placé à sa partie inférieure (*fig.* 425) comme dans le système Mékarski. L'ouverture du clapet se produit également en imprimant au volant et à la vis à filet carré, qui lui est solidaire, un mouvement de rotation et de descente ; mais la vis agit ici sur des rondelles Belleville, lesquelles appuient sur un diaphragme en cuivre I s'appliquant sur une rondelle en bronze qui repose sur la tige du clapet.

La bouillotte est surmontée de deux soupapes de sûreté réglées à 22 kg.

Un régulateur à tiroir, manœuvré par un levier, est disposé à l'origine du tuyau d'admission d'air aux cylindres; il doit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toujours s'ouvrir progressivement pour éviter les entraîne-

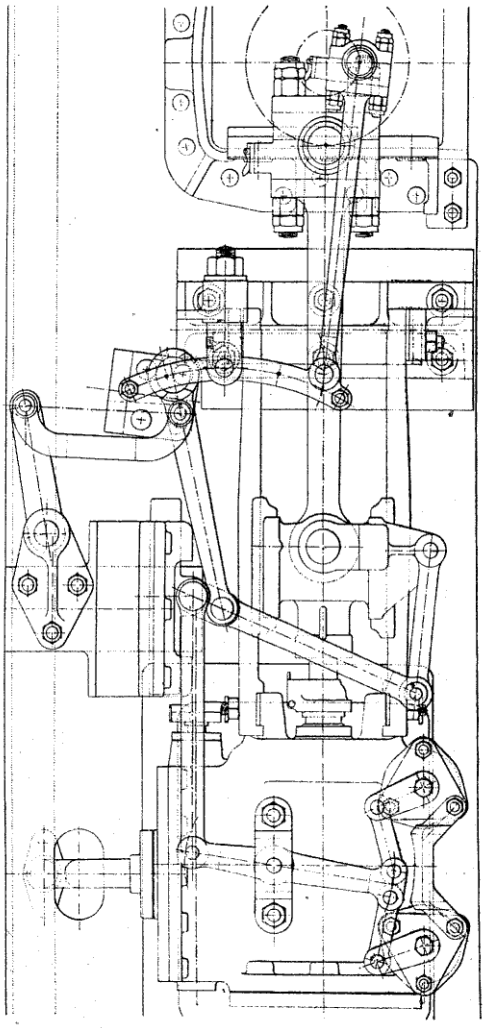


Fig. 427. — Distribution *Bonnefond*.

ments d'eau ; à cet effet, il est d'ailleurs coupé en biseau, de manière à donner une admission progressive ; il ne doit être

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ouvert en grand que lorsqu'on a relevé la marche au cran 30 d'admission, environ, de manière à éviter le patinage de la machine, ainsi que la fatigue et l'usure du mécanisme et des roues, et aussi l'augmentation de dépense d'air qui en résul-

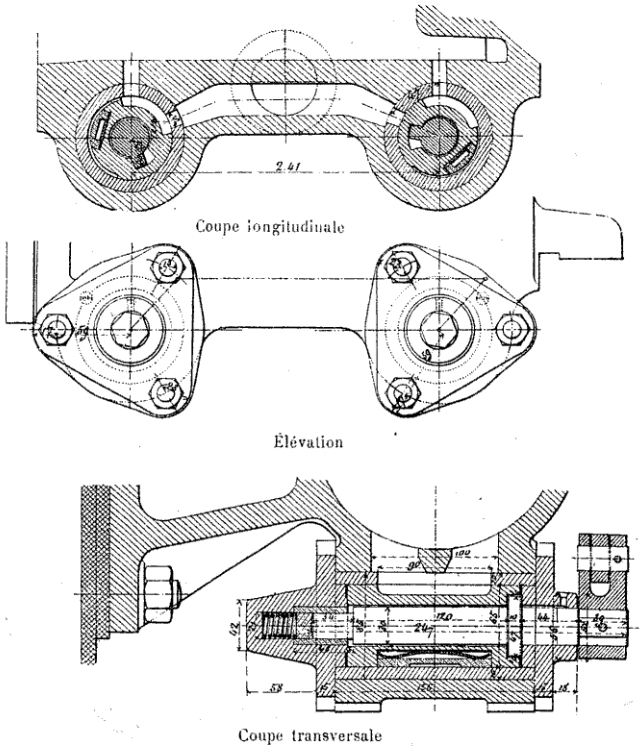


FIG. 428 à 430. — Obturateurs d'échappement.

terait. Il remplace le robinet de manœuvre des voitures Mékarski, mais il ne sert pas, on vient de le dire, à actionner le frein. Ce dernier, dans les voitures 1898, est du système SOULERIN, semi-automatique et semi-direct; le freinage direct peut s'employer sur l'automotrice, le fonctionnement automatique s'applique à tous les véhicules du train (**86**).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

126. Le ***mécanisme de distribution*** est également du système Bonnefond (*fig.* 427). Il comprend trois tiroirs, dont un d'admission, à surface plane, placé horizontalement à la partie supérieure du cylindre, et deux d'échappement, cylindriques et rotatifs (*fig.* 428 à 430), disposés à la partie inférieure. Le tiroir d'admission reçoit son mouvement du coulisseau d'un mécanisme de Walschaerts ordinaire, et il est à admission variable; quant aux tiroirs d'échappement, ils sont commandés par un balancier actionné par la bielle du tiroir d'admission, et leur course est également variable. La détente est donc variable, ainsi que les périodes d'échappement anticipé, d'échappement normal et de compression déterminées par les tiroirs d'échappement. Toutefois, pour les périodes d'admission supérieures à 20 0/0, la compression est déterminée par le piston et fixe par conséquent. Cette distribution convient pour la marche à très faible admission et à faible vitesse, avec forte pression d'admission; la détente y est alors mieux utilisée (*fig.* 431) qu'avec les distributions ordinaires, et la machine est encore assez libre; mais dans la marche à forte admission ou à vitesse élevée, l'air qui a effectué son travail ne peut pas, par suite d'une avance à l'échappement trop faible, s'échapper suffisamment vite du cylindre, et il crée une contre-pression nuisible qui diminue le rendement. La compression devient de son côté insuffisante, et le moteur fatigue et cogne si les articulations ont quelque jeu. Les tiroirs cylindriques d'échappement sont en outre plus difficiles à maintenir étanches que les tiroirs plans ordinaires, et cette distribution est ainsi moins appréciée que celle des automotrices type 1893.

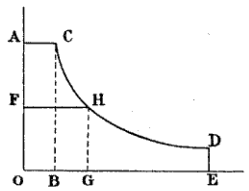


Fig. 431.

Représentant l'économie théorique (aire ACHF) due à l'emploi de la pression OA par rapport à la pression plus faible OF.

127. Pour la ***conduite*** de ces voitures, on doit procéder par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lancers successifs dans les parties du parcours en palier ou à faible déclivité, et où la circulation n'est pas trop active, afin d'utiliser convenablement la détente par l'emploi d'une pression élevée et d'une admission voisine de 20 0/0; cette pression élevée — qui par ailleurs fatigue un peu plus le mécanisme — doit être employée à plus forte raison encore à la montée des fortes rampes.

Les mécaniciens doivent réduire la vitesse moyenne au strict nécessaire — sans, toutefois, risquer d'occasionner du retard — pour réduire le plus possible la dépense d'air : si on a le soin de se tenir prêt à démarrer au premier signal du conducteur et de se mettre promptement en vitesse, tout en ne brutalisant pas la machine, on arrivera facilement à faire l'heure sans être obligé de dépasser à aucun moment la vitesse maximum autorisée. Par un examen attentif de la voie et des rues transversales, on s'efforcera de prévoir le passage des véhicules étrangers sur les rails et on évitera les arrêts en pleine admission et les démarrages fréquents qui, pour un mécanicien inattentif et imprévoyant, sont l'occasion de grandes dépenses d'air.

Les démarrages doivent être effectués initialement avec une faible ouverture du régulateur pour éviter les cognements du moteur et aussi le patinage ou rotation des roues sur place; dès les premiers tours de roues, on relève la marche assez près du point mort et on peut alors ouvrir le régulateur en grand, puis marcher définitivement au cran de détente convenable.

En raison du peu de durée de la compression dans ces machines, on peut laisser le levier de changement de marche sur le cran de détente habituel lorsqu'on ferme le régulateur pour effectuer un ralentissement sans arrêt complet : en ouvrant ensuite le régulateur après desserrage du frein pour reprendre la vitesse normale, la marche se trouvera toute relevée, et on utilisera ainsi le travail de détente de l'air dans de bonnes conditions. Dans le même ordre d'idées, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut, dans les automotrices type 1893, ramener la marche au cran de détente en même temps qu'on ouvre le régulateur.

Les cylindres n'ont pas de purgeurs ; l'eau condensée ou entraînée s'écoule naturellement à l'arrivée du piston à fond de course par les orifices d'échappement, placés à la partie inférieure du cylindre ; mais il faut avoir soin, dans les arrêts où l'on abandonne la machine, de mettre le levier de changement de marche au point mort et de bien serrer le frein à main, car l'automotrice pourrait se mettre en marche si on négligeait ces précautions, le tiroir du régulateur pouvant lui-même ne pas être complètement étanche. On conservera constamment un bon feu en le chargeant fréquemment et par petites quantités à la fois et en ayant soin de gratter assez fréquemment la grille pour la maintenir propre et permettre le passage de l'air ; le niveau de l'eau dans la bouillotte sera maintenu aussi constant que possible dans les parcours en palier par une alimentation régulière réalisée, si c'est nécessaire, en étranglant l'ouverture du robinet de retour d'eau à la bâche ; sur les lignes accidentées, on alimentera de préférence dans les pentes, en faisant en sorte qu'il y ait toujours de l'eau dans le tube de niveau. On fera un usage judicieux et modéré du sable pour empêcher tout patinage de la machine, notamment au démarrage et dans les rampes, où l'effort

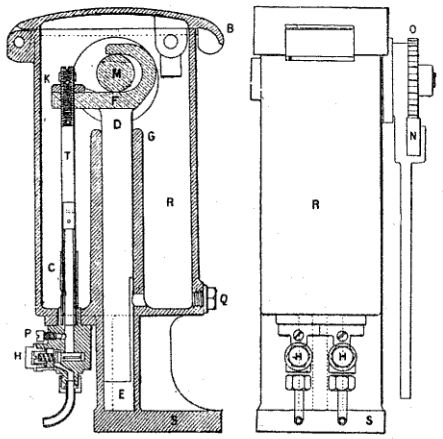


FIG. 432. — Graisseur *Bourdon*.

R, réservoir ; B, couvercle ; S, socle de fixation ; C, corps de pompe ; M, came de commande ; T, piston se déplaçant dans C ; F, coulisse comportant une tige D servant de guide ; K, frein servant à régler la course de refoulement d'huile du piston T ; H, clapet de retenue ; O, roue à rochet ; N, cliquet d'entraînement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moteur est le plus élevé. Le graissage devra être suffisamment abondant, sans excès inutile et surtout sans perte par les couvercles et les raccords ; celui des cylindres sera particulièrement soigné, ces organes étant l'âme de la machine. Lors du réglage du frein, le matin avant la sortie, on s'assurera que les patins ne viennent pas frotter contre les roues dans la position du desserrage ; ils créeraient sans cela un *tirage* qui aurait pour effet d'augmenter sensiblement la résistance de la voiture à la marche et la dépense d'air.

On fera son possible pour acquérir dans le maniement du frein, qui est du système SOULERIN, le doigté nécessaire pour éviter les arrêts trop brusques et les calages de roues, qu'on préviendra encore par l'emploi, sans excès inutile, de sable (ce dernier devra être sec et bien tamisé pour pouvoir être employé avec aussi peu de débit que possible) ; dans les arrêts en rampe, on s'assurera, en consultant fréquemment le manomètre, qu'une pression suffisante reste appliquée sur les pistons des cylindres à frein, pour éviter que l'automotrice ne se mette à reculer, ce qui pourrait occasionner des accidents très graves de personnes ou de voitures. Pour les démarrages en rampe, il faudra prendre les mêmes précautions, et il sera bon de substituer, au serrage par le frein à air, le serrage au frein à main, qui permettra de conserver un léger frottement des sabots empêchant tout recul sans gêner la mise en route, lorsqu'on ouvrira le régulateur. On devra se rappeler aussi qu'en cas d'accident au frein à main et au frein à air, le ralentissement et l'arrêt de la voiture peuvent être obtenus encore au moyen de la contre-marche (**20**).

Les automotrices type 1898 pèsent 14.000 kg en ordre de marche, sans les voyageurs, et en charge complète 17.800 kg à peu près répartis également sur les deux essieux. Leur dépense d'air est de 11 à 15 kg par kilomètre, suivant les lignes, la dépense de coke de 0,700 kg à 1 kg et celle d'eau de 4 l environ, pertes comprises.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

128. La figure 433 représente une voiture du tramway de ***Vichy-Cusset*** (longueur 4 km) ouvert à l'exploitation en 1895. La pression d'emmagasinement de l'air est de 60 kg ; les automotrices pèsent 10 t à vide et dépensent par kilomètre 8 kg d'air, sans remorque, et 10 kg avec une remorque de 3 t à vide. En hiver, les compresseurs sont actionnés par des turbines ; le prix de revient de la tonne d'air est seulement alors

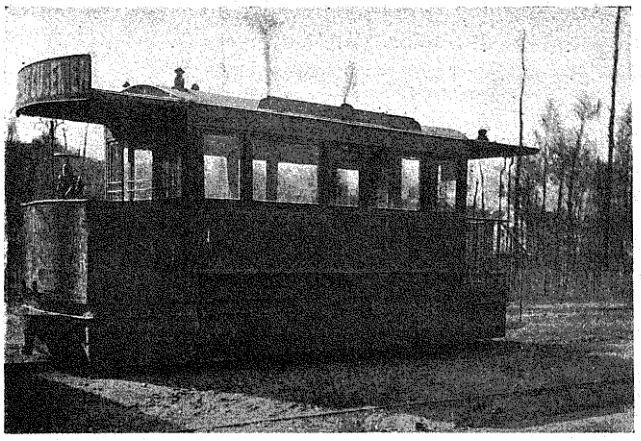


FIG. 433. — Voiture de tramway à air comprimé *Vichy-Cusset*.

de 8 f. L'été, l'eau manquant, il faut employer une machine à vapeur de 100 chx, et le prix de la tonne d'air passe à 15 f. Les dépenses de traction par kilomètre-train pour l'ensemble de l'année sont de 0,20 f.

129. D'autres systèmes de chargement et de réchauffage de l'air que ceux qui viennent d'être décrits ont encore été proposés. Dans le système ***Popp-Conti,*** essayé à Paris en 1895, et appliqué aux tramways de Saint-Quentin (où il a été remplacé dès le début de la mise en service par le système Mékarski), l'air comprimé était conduit le long de la voie par une canalisation en sous-sol, et des postes de rechargement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapprochés, disposés de préférence aux bureaux de station ou aux points d'arrêt, permettaient une alimentation automatique et rapide des réservoirs des automotrices à chacun de ces points. Cette disposition permettait de ne faire porter aux automotrices qu'un petit nombre de réservoirs et de ne comprimer l'air qu'à une pression de 20 ou 25 kg, ne demandant pas un travail aussi élevé que les pressions de 60 et 80 kg employées par M. Mékarski. Avant son emploi dans les cylindres — qui travaillaient en compound et étaient disposés entre les essieux, que les bielles commandaient par l'intermédiaire d'engrenages, — l'air était réchauffé dans des serpentins

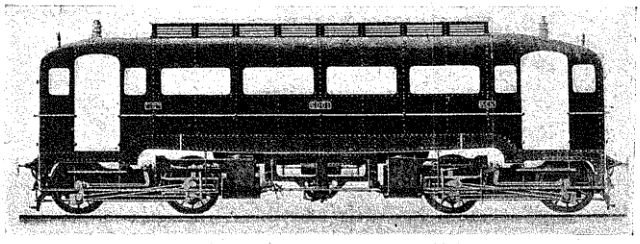


Fig. 434. — Locomoteur à air comprimé système *Mékarski*.

traversant un feu de coke. Dans une voiture de livraison système ***Molas,*** essayée à Paris en 1899 et où la pression d'emmagasinement de l'air était de 180 kg (la pression définitive prévue étant de 300 kg), le réchauffage de l'air s'effectuait par le moyen d'un brûleur à pétrole. Ces divers essais d'utilisation de l'air n'ont pas été couronnés de succès, et les systèmes Mékarski et Bonnefond sont les seuls systèmes employés en France aujourd'hui.

Le système Mékarski a été aussi appliqué à deux locomoteurs (*fig.* 434) de la ligne électrique des Invalides à Versailles de la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest.

Ces locomoteurs étaient destinés en principe à effectuer les manœuvres dans les gares que la complication des voies rendait très difficiles à équiper électriquement, et à porter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

secours aux trains en détresse dans le tunnel de Meudon, d'une longueur de 3.350 m, en cas de manque absolu de courant sur la ligne.

Ils sont constitués par une caisse-abri comportant à chaque extrémité un poste de manœuvre renfermant les appareils de commande ; la caisse est supportée par un châssis qui repose sur deux bogies à deux essieux couplés. Chaque bogie comporte un moteur compound complet à deux cylindres de 320 et 530 mm de diamètre et 560 mm de course de pistons, et réservoir intermédiaire. Aux deux extrémités du châssis sont les appareils de chargement d'air et de vapeur; la partie centrale de la caisse contient 33 réservoirs d'air pouvant emmagasiner 2 t d'air à la pression de 100 kg. Deux bouillottes d'une contenance de 2.260 l chacune, recevant l'eau et la vapeur, à une pression de 18 kg, nécessaires au réchauffage de l'air, sont placées sous le châssis entre les bogies.

Par suite du bon fonctionnement des automotrices électriques, l'emploi des locomoteurs à air n'a pas été nécessaire.

Ajoutons que M. Mékarski a proposé son système comme mode de traction des autobus dans Paris. A notre avis, la traction par l'air comprimé ne pourrait être économique que si les compresseurs étaient actionnés continuellement par des chutes d'eau ou des moteurs à gaz de hauts fourneaux, et si les véhicules n'avaient à effectuer qu'un court trajet — d'une usine ou d'une mine à une gare d'eau ou de chemin de fer assez proche, par exemple — ne nécessitant pas de rechargement en cours de route.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VII

OMNIBUS ET VÉHICULES INDUSTRIELS A PÉTROLE

130. ***Fonctionnement du moteur à explosion.*** — Comme on l'a vu au chapitre II, un moteur à pétrole de véhicule industriel comporte un, deux, trois ou quatre cylindres à simple effet, accolés par deux, ou séparés, généralement verticaux, d'un diamètre et d'une course appropriés au travail que l'on veut obtenir ; dans chaque cylindre se déplace un piston très long et sans tige, muni vers sa partie inférieure d'un axe horizontal sur lequel s'articule le pied de bielle, la grosse tête étant réunie à un coude de l'arbre-manivelle (dans les moteurs monocylindriques, la tête de bielle attaque un axe formant entretoise des deux volants).

Le cycle du moteur s'effectue en quatre temps ou quatre courses de piston, deux descendantes et deux montantes, correspondant à deux tours de l'arbre-vilebrequin. Dans sa première course descendante, le piston, en s'éloignant du fond du cylindre, produit un certain vide derrière lui et détermine ainsi une aspiration, dans un carburateur, d'un mélange gazeux constitué par un carburant : essence, pétrole, etc., mélangé à une quantité d'air convenable. Les carburateurs actuels comprennent en général une prise d'air additionnelle et automatique, ce qui fait que le mélange dans la culasse du moteur arrive bien en bonne proportion et homogène, assurant au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moteur un rendement toujours élevé. Lorsque le piston est rendu au bas de sa course, l'aspiration ci-dessus cesse, en même temps que se ferme la communication du cylindre avec le carburateur, c'est-à-dire la soupape d'admission.

Au retour du piston (course montante), l'air carburé aspiré

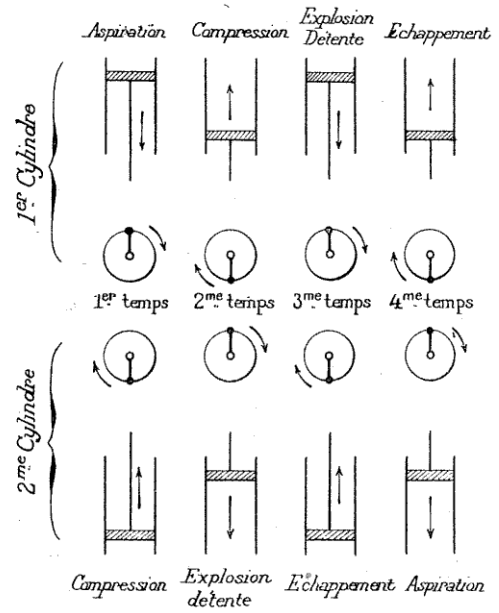


FIG. 435 *a*. — Correspondance des phases de la distribution dans les moteurs deux cylindres à 180°.

à la course précédente est comprimé dans l'espace libre du cylindre et de la culasse, sa pression augmentant ainsi que sa température, à mesure que son volume diminue. Un faible instant avant l'extrémité de la course, en raison de l'avance à l'allumage, le mélange comprimé est enflammé par l'action d'une étincelle électrique qui jaillit dans le mélange et qui est provoquée par le jeu du moteur lui-même, produisant une rupture du circuit d'allumage. Cette inflammation donne lieu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à une explosion caractérisée par une augmentation très grande de la pression du mélange, sous l'effet de laquelle le piston est chassé vers le bas du cylindre (troisième temps), avec une force qui va en diminuant à mesure que le mélange se détend. Un peu avant la fin de cette course (avance à l'échappement), la soupape d'échappement s'ouvre sous l'action de sa came,

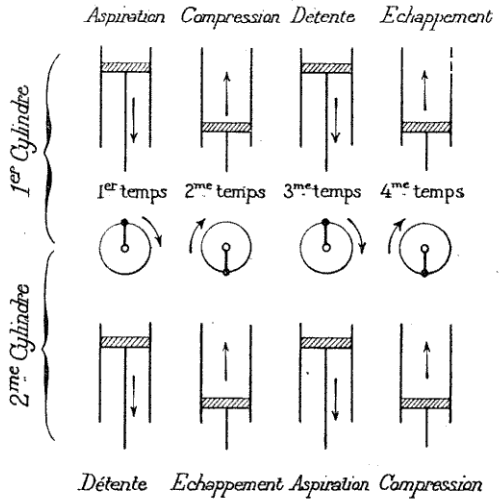


FIG. 435 *b*. — Correspondance des phases de la distribution dans les deux cylindres à manivelles en ligne ou à 360°.

et les gaz brûlés commencent à s'échapper du cylindre. Pendant le quatrième temps, cette expulsion se poursuit sous la poussée du piston, jusqu'à ce que ce dernier soit au bas de sa course, où la soupape d'échappement se ferme sous l'influence de son ressort.

Le même cycle se reproduit, mais avec un certain décalage, dans chacun des autres cylindres. Dans les moteurs à deux cylindres, les pistons peuvent avoir un mouvement inverse (*fig.* 435 *a*), de façon à équilibrer naturellement les mécanismes, ce qui présente l'avantage de diminuer la fatigue du moteur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi que les trépidations ; mais les explosions ne sont pas régulières, elles se produisent à un temps d'intervalle seulement, et par conséquent deux fois pendant l'un des tours de l'arbre, tandis qu'aucune explosion ne se produit pendant l'autre tour du cycle.

La succession des phases dans les deux cylindres est la suivante :

1er cylindre	2e cylindre
Aspiration	Compression
Compression	**Explosion** et détente
Explosion et détente	Échappement
Échappement	Aspiration

Pour avoir des explosions se suivant régulièrement à raison d'une explosion pour chaque tour de l'arbre, il faudrait adopter le calage à 0° ou concordant représenté figure 435*b*, où les manivelles marchent ensemble, le décalage s'effectuant uniquement sur les phases qui, dans ce cas, se succéderaient dans l'ordre ci-après :

1er cylindre	2e cylindre
Explosion et détente	Aspiration
Échappement	Compression
Aspiration	**Explosion et détente**
Compression	Échappement

Cette disposition, employée dans les premiers moteurs à deux cylindres, n'est plus usitée.

Dans les moteurs à quatre cylindres employés pour les puissances au-dessus de 12 à 15 chx, c'est la disposition de la figure 64 qui est adoptée, et les temps moteurs se produisent dans l'ordre ci-après des cylindres : 1, 2, 4, 3 ou 1, 3, 4, 2.

Le moteur à trois cylindres est rarement employé, les manivelles y sont calées à 120° (*fig.* 63).

Chaque cylindre a sa soupape d'admission dont la levée peut être commandée par une came, ou bien se faire automatiquement par l'effet de l'aspiration produite dans le cylindre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par la montée du piston lors du premier temps, — et sa soupape d'échappement, qui est toujours commandée. Les deux soupapes d'un cylindre peuvent être disposées l'une en dessous de l'autre du même côté de l'axe, ou bien symétriquement de chaque côté. Les deux dispositions présentent chacune des avantages : la première au point de vue du rendement, la seconde sous le rapport de la facilité de montage et de visite. Chaque cylindre est entouré d'une chemise d'eau de refroidissement qui maintient les parois à une température ne pouvant faire craindre une détérioration du métal et permettant un graissage efficace ; il est de la plus grande importance d'assurer une circulation énergique d'eau autour de la soupape d'échappement. Le dispositif des soupapes placées l'une au-dessous de l'autre permet de rafraîchir la soupape d'échappement lors de l'introduction par la soupape d'aspiration du mélange frais aspiré ; toutefois, certains considérants d'ordre mécanique peuvent prévaloir contre ce dispositif, il faut alors faire ce que nous indiquons plus haut.

Le carburateur est commun aux deux ou aux quatre cylindres ; il en est de même de la source d'allumage : pile, accumulateur ou magnéto, ainsi que du pot d'échappement, du refroidisseur, de la pompe de circulation, etc.

Le volant est indispensable dans les moteurs à un seul cylindre, ainsi que le régulateur ; il en est de même dans les moteurs à deux cylindres : l'un et l'autre pourraient être supprimés dans les moteurs à quatre cylindres à très grande vitesse, qui ont, naturellement, une grande régularité de marche. La suppression temporaire ou complète du régulateur, dans ces derniers moteurs, leur donnerait une plus grande souplesse et les mettrait davantage dans la main du conducteur, mais ces appareils sont cependant toujours conservés dans les moteurs à quatre cylindres des véhicules industriels, pour les raisons que nous avons exposées (**40**).

La transmission du mouvement du moteur aux roues s'opère par l'intermédiaire de l'embrayage, de la boîte de change-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment de vitesse, du différentiel et des chaînes ou des cardans. La liaison facultative ménagée entre le moteur et la transmission présente l'avantage de permettre le fonctionnement du moteur sur place, le véhicule restant au repos, et évite par suite une nouvelle mise en marche (facilitée par ailleurs dans les moteurs à quatre cylindres) de ce moteur après chaque arrêt du véhicule ; le départ du moteur ne serait d'ailleurs pas possible, du moins avec les dispositions actuelles, s'il était lié invariablement à la transmission et aux roues, par suite de la résistance que le déplacement du véhicule offrirait à son mouvement ; il est nécessaire par suite que ce départ s'effectue *à vide*. C'est en partie la raison d'être de l'embrayage, qui est également utile pour réaliser les divers changements de vitesse, lesquels s'effectuent toujours avec le moteur débrayé.

Le changement de vitesse permet de son côté, pour une allure et un travail constants ou à peu près du moteur, d'obtenir des vitesses différentes du véhicule, suivant les nécessités de la circulation ou les difficultés de la route. Enfin le différentiel proportionne la rotation de chaque roue au chemin qu'elle doit parcourir, suivant que la direction suivie est droite ou courbe, et sans qu'il se produise de patinage ou de résistance anormale dans le mouvement de l'une ou l'autre des roues : le différentiel agit automatiquement dans chaque cas d'après la direction imprimée au véhicule par le conducteur ; toutefois, dans certaines voitures de course, on supprime cet organe, le virage se fait alors sur les deux roues du même côté. Dans les camions très lents où la vitesse n'excède pas 12 km à l'heure, le différentiel n'a plus les mêmes raisons d'être (l'un des auteurs l'a expérimenté pratiquement).

Les divers organes à déplacement relatif sont munis, suivant les efforts qu'ils supportent et le milieu dans lequel ils travaillent, de graisseurs automatiques ou à main, multiples ou spéciaux, à huile ou à graisse, placés soit sur les organes mêmes à lubrifier, soit en dehors, bien à la portée et à la vue du conducteur. Dans certains véhicules, les compte-gouttes et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autres appareils exigeant une certaine surveillance ont été remplacés par des pompes actionnées, soit par le moteur lui-même, soit par un organe de la boîte des vitesses, ainsi que cela a été expliqué précédemment (**29**).

Avant la mise en route du moteur ou avant le départ, les graisseurs sont emplis proprement et d'une manière convenable, et leur débit vérifié et réglé ; une visite générale du châssis et des divers organes : freins, suspension et direction, notamment, est faite avec le même soin.

La mise en route s'effectue au moyen d'une manivelle à main qui permet de lancer le moteur en ayant soin à l'avance *d'enlever* de la compression ; divers dispositifs sont aussi employés pour effectuer une mise en marche mécanique ; mais jusqu'à présent aucun d'eux n'est entré réellement dans la pratique automobile. Dans les premiers instants du démarrage, l'attention du conducteur se porte encore sur le fonctionnement des parties essentielles du véhicule pour s'assurer que rien ne *cloche*, que la direction et les freins, en particulier, obéissent au plus petit déplacement du volant ou de la pédale, que le refroidissement du moteur se fait bien. On n'a plus, ensuite, qu'à renouveler à temps les lubrifiants, l'eau et l'essence, — un conducteur attentionné et expert dans la conduite percevant d'ailleurs très rapidement et dès qu'il commence à se produire, *ce qui est essentiel*, tout dérangement dans l'un quelconque des organes du véhicule.

Pour obtenir un fonctionnement économique, on doit marcher le plus possible « sur l'air ».

131. Les caractéristiques générales des ***moteurs et châssis*** des véhicules lourds sont les suivantes :

La vitesse angulaire ou de rotation (nombre de tours à la minute) des moteurs est généralement plus faible que celle des voitures de tourisme, sauf cependant pour certaines marques ; ainsi, dans les omnibus et camions ayant pris part au concours des gros véhicules en mai 1907 et 1908,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le nombre de tours descend à 650 dans les véhicules Orion à moteur horizontal et s'élève jusqu'à 1.400 dans les véhicules de Dion-Bouton, la moyenne étant de 1.000 environ (moteur Peugeot). Cette réduction de vitesse conduit à une petite augmentation du poids des organes, mais c'est sans aucun inconvénient pour des véhicules lourds ; on renforce même à dessein ces organes pour augmenter leur solidité et leur durée.

L'alésage varie entre 80 mm (Panhard-Levassor) et 145 mm (Cohendet), et la course entre 105 mm (Peugeot) et 150 mm (Mors), avec une moyenne de 125 à 130 mm.

Pour la facilité de l'installation et de l'entretien, les soupapes sont disposées dans des chambres latérales à la chambre de compression; l'inflammation se fait du côté de l'aspiration, c'est-à-dire de l'arrivée des gaz frais, pour qu'elle s'effectue plus facilement, — et aussi loin que possible du fond (très près du piston dans sa position de fond de course par conséquent) pour que la combustion soit complète. La disposition consistant à placer la soupape d'aspiration au-dessus de celle d'échappement réduit d'autre part la consommation d'essence.

On donne aux soupapes une grande section afin de pouvoir réduire leur levée et leur bruit à la fermeture; dans les moteurs Farcot, une soupape d'échappement additionnelle, actionnée par une came et placée à la partie inférieure du cylindre, s'ouvre au début de la course d'expulsion pour réduire la contre-pression à l'échappement.

L'allumage se fait mieux par une étincelle de tension que par une étincelle de rupture, mais les magnétos à basse tension présentent d'autre part des avantages qui font plus que compenser l'infériorité ci-dessus, et elles sont très employées.

Suivant le service des véhicules, le changement de vitesse doit être étudié avec soin, de manière à permettre un fonctionnement aussi économique que possible dans chaque cas, aux différentes allures permises par le profil.

Le bon équilibre du véhicule et la conservation, en cours de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

route, de la charge reposant sur les essieux à l'état statique ou de repos, seraient favorisés par l'emploi, sur les véhicules à six roues, de balanciers de répartition, qui maintiennent les charges sensiblement constantes malgré les dénivellations de la route. L'emploi de six roues diminue d'autre part les dérapages et facilite les virages ; il augmente aussi la sécurité en cas de rupture de l'un des essieux ou de la direction de l'un des trains, mais il n'y a encore que très peu d'applications de cette disposition.

Les bandages pneumatiques ne peuvent pas s'employer sur les véhicules industriels présentant un poids total en charge de plus de 4 t, soit 2 t par essieu. Les caoutchoucs pleins donnent suffisamment satisfaction au point de vue de la réduction du bruit, mais non de la suppression des cahots, et cependant leur entretien est encore coûteux lorsque le poids par essieu dépasse 3,5 t. Il faut alors avoir recours au bandage en fer, en y joignant des dispositifs réduisant les trépidations ou amortissant les chocs, comme les longs ressorts à glissières, les roues élastiques et les amortisseurs. Les longs ressorts et les amortisseurs donnent de bons résultats quand on les applique judicieusement, les roues élastiques viennent, d'autre part, de faire leurs preuves dans le dernier concours d'avril, où des véhicules en grand nombre ont effectué le trajet de Paris à Nice et retour sans aucun incident du côté des roues.

Du côté du carburant, enfin, l'essence est un produit de luxe qui paraît devoir céder la place, en raison de son coût élevé et de l'augmentation de prix dont elle est encore susceptible, au benzol et à l'alcool pur ou carburé au benzol ; sous ce rapport, c'est le benzol à 90° employé dans les autobus de Paris qui paraît avoir donné jusqu'alors les meilleurs résultats.

Les moteurs des véhicules industriels et de transport en commun doivent enfin être robustes et aptes aux démarrages fréquents ; ces véhicules étant généralement très lourds, l'embrayage et le changement de vitesse doivent y être aussi parti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

culièrement soignés. Il en est encore de même du châssis et des roues.

§ I. — AUTOBUS EUG. BRILLIÉ

132. Parmi les types de véhicules à pétrole industriels ou de transport en commun ayant reçu les applications les plus nombreuses, en France, viennent en première ligne les

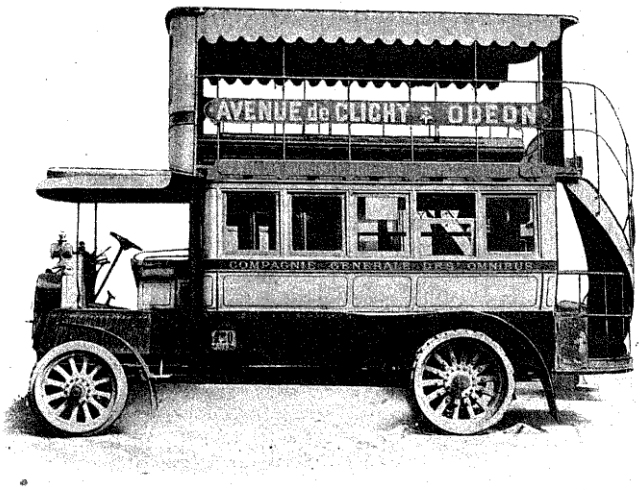


Fig. 436. — Autobus *Brillié* C. G. O.

véhicules Eug. Brillié, dont la Compagnie générale des Omnibus de Paris possède 150 exemplaires (*fig.* 436, 437, 438) et la Compagnie du Gaz de Paris un nombre important également.

Les *châssis* des autobus ont fait l'objet de deux commandes, la première de 90 (type P_1), la seconde de 60 (type P_2).

Les organes de fatigue de ces derniers ont été renforcés, et différentes améliorations de détails ont été apportées à l'en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

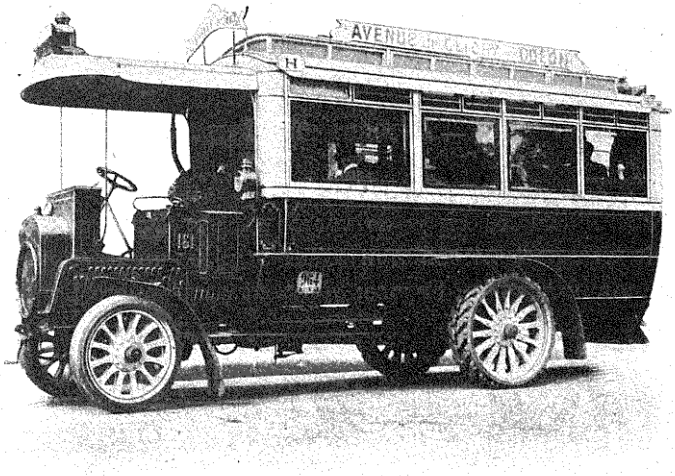


Fig. 437. — Autobus C. G. O. à châssis *Brillié*.

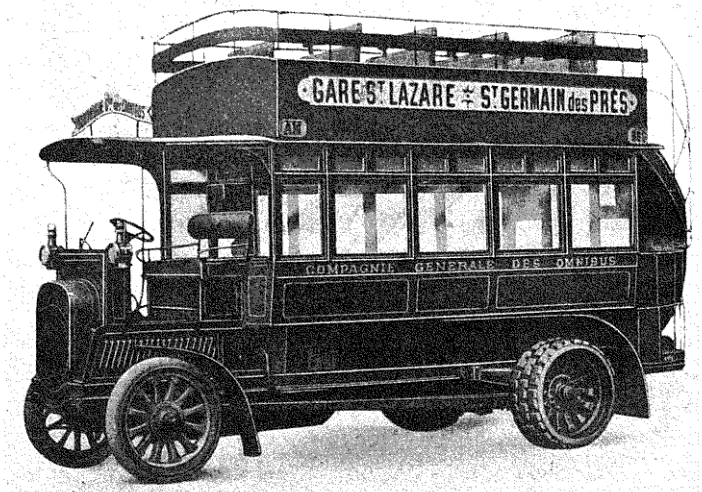


Fig. 438. — Autobus C. G. O. à châssis *Brillié*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

semble du moteur en vue d'un démontage et d'un entretien plus faciles.

Les longerons sont constitués par des fers emboutis assemblés par des cornières et des fers plats; les ressorts sont simples et articulés par des jumelles; ils sont plus longs et un peu plus flexibles dans les véhicules de la deuxième série.

Les dimensions du châssis sont les suivantes :

Longueur totale	5,200 m
Largeur à l'avant	0,855 m
— à l'endroit de la carrosserie	1,155 m
Voie d'axe en axe des roues avant	1,520 m
— à l'extérieur des bandages des roues arrière	2,060 m
Empattement d'axe en axe des essieux	3,650 m
Diamètre des roues avant	0,900 m
— — arrière	1,060 m
Poids du châssis nu	3.200 kg

Le *moteur* (*fig.* 439 à 445), d'une puissance de 45 chx et disposé sous le siège, est à quatre cylindres, à circulation d'eau par pompe rotative dans les châssis P_1, et à circulation par thermo-siphon dans les P_2. Le combustible utilisé, qui était d'abord un mélange par parties égales d'alcool dénaturé du commerce et de benzol, est actuellement du benzol pur. L'allumage est électrique et obtenu par une magnéto Simms-Bosch. La mise en marche s'effectue à la main, au moyen de la manivelle habituelle disposée en avant du refroidisseur. Une fois en route, le moteur continue à fonctionner d'une façon permanente, même lorsque le véhicule stationne dans les bureaux ou aux points d'arrêt; on n'arrête son fonctionnement que dans les terminus.

La *transmission* permet, comme dans tous les véhicules à pétrole, de relier à volonté le moteur aux roues ou de l'en séparer pour obtenir la marche avant, la marche arrière ou l'arrêt du véhicule; et encore, suivant les circonstances de marche et le profil, différents rapports de vitesse entre le moteur et les roues, de manière, par exemple, à augmenter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'effort produit en diminuant la vitesse du véhicule, d'après le principe de mécanique qui dit que ce que l'on perd en vitesse, le travail restant constant, on le gagne en force (1).

Embrayage. — L'organe qui permet d'établir ou d'interrompre la liaison mécanique entre le moteur et les roues

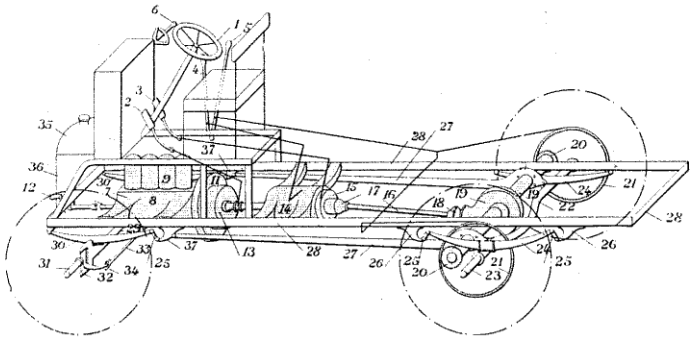


FIG. 439. — Châssis-moteur *Eugène Brillié*.

1, volant de direction ; 2, pédale de débrayage ; 3, pédale de frein ; 4, levier de changement de vitesse ; 5, levier de frein de côté ; 6, manette de régulateur ; 7, moteur ; 8, bâti du moteur ; 9, cylindres ; 10, arbre moteur ; 11, volant du moteur ; 12, manivelle de mise en marche ; 13, embrayage ; 14, changement de vitesse ; 15, poulie de frein de différentiel ; 16, arbre à cardans ; 17, cardan avant ; 18, cardan arrière ; 19, pont du différentiel ; 20, pignons dentés ; 21, tambours dentés ; 22, essieu arrière ; 23, fusées arrière ; 24, ressorts arrière ; 25, jumelles ; 26, mains des ressorts arrière ; 27, flèches supportant le pont différentiel ; 28, châssis ; 29, essieu avant ; 30, ressorts avant ; 31, fusées avant ; 32, chape d'articulation des fusées avant ; 33, bielle de direction ; 34, chape de la bielle ; 35, réservoir d'eau ; 36, radiateur ; 37, mains de ressorts, servant de point d'attache à l'avant des flèches.

s'appelle, on le sait, l'*embrayage* (13); il est actionné par la pédale de gauche (2) ou *pédale de débrayage* (2).

En pesant sur la pédale, on *débraye*, c'est-à-dire que l'on supprime l'action du moteur sur les roues.

En relevant le pied, on *embraye*, c'est-à-dire que l'on rétablit l'action motrice sur le véhicule.

Changement de vitesse. — L'organe permettant de modifier la liaison entre le moteur et les roues est l'appareil de *changement de vitesse* (14).

(1) *Memento à l'usage des machinistes conduisant les véhicules Eug. Brillié.*
(2) Les nombres entre parenthèses reportent aux figures 439 à 445.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est manœuvré par un levier (4), à main droite du machiniste, que l'on peut fixer en différentes positions sur un secteur à crans :

Le *premier cran* (vers l'arrière) correspond à la *marche arrière ;*

Le *deuxième cran* est le *point mort;* dans cette position, la liaison est rompue entre le moteur et les roues, même si l'embrayage est embrayé ; *c'est la position de stationnement ;*

Le *troisième cran* correspond à la *première vitesse;* dans cette position, la voiture marche très lentement, mais le moteur a son maximum de force (pour démarrer ou pour monter les fortes côtes) ;

Le *quatrième cran* correspond à la *deuxième vitesse ;* la vitesse est plus accélérée, l'action du moteur est moindre ;

Le *cinquième cran* correspond à la *troisième vitesse ;* c'est la vitesse normale de marche en palier et sur les parcours faciles.

On ne doit jamais passer d'un cran à un autre sans débrayer le moteur.

L'embrayage des châssis P_2 a été sensiblement renforcé.

Cardans. — Les différents organes ci-dessus mentionnés : *moteur*, *embrayage*, *changement de vitesse*, sont montés sur le *châssis du véhicule*, leurs axes étant disposés suivant une même ligne horizontale.

La transmission comportant des organes solidaires des roues, c'est-à-dire pouvant se déplacer par rapport au châssis en raison de la flexion des ressorts, il faut, entre le changement de vitesse et les roues, un élément de transmission déformable ou articulé, c'est l'*arbre à cardans* (16). Cet arbre s'articule par le *cardan avant* (17) à la boîte de changement de vitesse et par le *cardan arrière* (18) au pont différentiel.

Pont différentiel. — Le *pont différentiel* (19) est un boîtier en acier qui renferme un renvoi d'angle par engrenages destiné à actionner deux *pignons dentés* (20), lesquels engrènent avec les *tambours dentés* montés sur les roues (21).

L'arbre transversal qui porte les deux pignons est en deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pièces qui se raccordent à un appareil nommé *différentiel* (logé dans le pont différentiel) dont le but, déjà indiqué à l'article **38**, est le suivant :

On sait que dans un virage la roue du côté du centre décrit un chemin plus court que celle de l'extérieur ; la vitesse des deux roues est donc différente. Le *différentiel* est l'organe qui permet de répartir également l'effort moteur entre les deux roues, tout en permettant à l'une de tourner plus vite que l'autre.

Le pont différentiel est monté sur deux *flèches* (27), qui s'articulent, d'une part, sur l'*essieu arrière* (22), et, d'autre part, sur deux points fixes (37) vers l'avant du châssis.

L'essieu est monté sur deux *ressorts* (24) dont les extrémités supportent des *jumelles* (25) articulées à des mains fixées au châssis.

Les tambours dentés solidaires des roues ont leur denture à l'intérieur, l'extérieur sert de poulie pour le frein.

Freins. — La *pédale de droite* (3) commande le *frein de mécanisme* (15) ou *frein du différentiel* (son action se transmet aux roues par le différentiel).

La manœuvre de ce frein est connexe de celle du débrayage, c'est-à-dire que, lorsqu'on pèse sur la pédale de droite pour freiner, on entraîne automatiquement la pédale de débrayage : l'action motrice se trouve donc supprimée.

Les *freins des tambours* des roues (21) sont commandés par un *levier* (5) à main droite du machiniste (*freins de côté* ou *freins des roues*).

Manœuvre. — La conduite de la voiture se fait en résumé au moyen des appareils ci-après :

La *pédale de débrayage* (2), à gauche, agissant sur l'embrayage pour supprimer l'action motrice sur le véhicule ;

La *pédale de frein* (3), à droite, agissant sur le frein du différentiel et en même temps sur l'embrayage ;

Le *levier de changement de vitesse* (4), à main droite, agissant pour modifier la liaison mécanique entre le moteur et les roues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le *levier de frein de côté* (5), agissant sur les tambours des roues;

La *manette du régulateur* (6), vers l'avant à droite, agissant pour régler la vitesse du moteur. On l'appelle aussi *manette du moteur* ou *manette des gaz;*

Enfin le *volant de direction* (1), permettant d'incliner ou de *braquer* les roues d'avant autour des *pivots de direction* de l'essieu d'avant, pour diriger la voiture, direction qui s'effectue dans le sens du mouvement du volant.

Nous allons passer en revue les différents organes du moteur.

133. *Moteur.* — Rappelons encore une fois le principe de fonctionnement des moteurs d'automobiles et le rôle de leurs principaux organes.

Le *moteur à explosions* emprunte son énergie à la force expansive résultant de l'explosion d'un mélange gazeux. Ce mélange est constitué par des proportions déterminées d'air et de vapeur d'essence, d'alcool ou de benzol; il s'effectue au moyen d'un appareil spécial appelé *carburateur*.

L'explosion se fait dans une capacité creuse nommée *cylindre* (*fig.* 440) ayant la forme d'un boisseau renversé; elle a pour effet de donner une impulsion à un *piston* (10) qui se déplace dans le cylindre; ce piston a lui-même la forme d'un boisseau renversé plus court, plus petit de diamètre et glissant à frottement doux entre les parois du cylindre.

Les pistons comportent sur leur pourtour, logées dans des cannelures circulaires, des bagues fendues nommées *segments* (9) qui empêchent les fuites de gaz entre le corps des pistons et les parois des cylindres.

Les cylindres (ici au nombre de quatre) sont disposés verticalement au-dessus d'un *bâti* (24) dans lequel se trouve l'*arbre-vilebrequin* (21, *fig.* 440). Cet arbre est supporté par des *paliers* (22) qui font corps avec le bâti; il comporte quatre *coudes* (66), disposés en regard de chacun des cylindres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les pistons sont reliés aux coudes de l'arbre par des *bielles* (13) qui s'articulent d'autre part à l'intérieur du piston au moyen d'un axe.

La *tête de bielle* (19) est la partie de la bielle qui s'articule

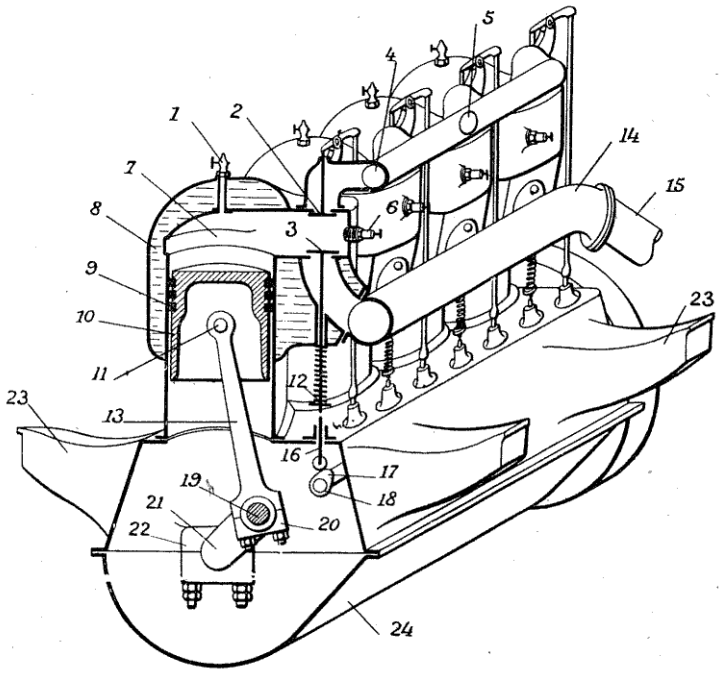


FIG. 440. — Moteur *Brillié*, coupe perspective.

1, robinet de décompression; 2, soupape d'aspiration; 3, soupape d'échappement; 4, tuyau d'aspiration; 5, orifice d'arrivée des gaz du carburateur; 6, bougies d'allumage; 7, chambre à explosion; 8, circulation d'eau autour des cylindres; 9, segments de piston; 10, piston; 11, pied de bielle; 12, tige poussoir de soupape; 13, bielle; 14, collecteur d'échappement; 15, tuyau d'échappement; 16, poussoir; 17, came; 18, arbre à cames; 19, tête de bielle; 20, chapeau de tête de bielle; 21, arbre-vilebrequin; 22, palier; 23, patte d'attache du moteur; 24, carter.

à l'arbre-vilebrequin; cette articulation se fait au moyen de *coussinets* en bronze maintenus par le *chapeau* de tête de bielle (20).

Le *pied de bielle* (11) est la partie de la bielle qui s'articule dans le piston.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les *paliers* sont également munis de *coussinets* maintenus par des *chapeaux*.

Le bâti est fermé à sa partie inférieure par un *carter* (24) qui peut se démonter pour permettre d'accéder aux bielles.

L'arbre-vilebrequin porte à son extrémité arrière un *volant* (11, *fig.* 439) destiné à régulariser le mouvement.

A l'extrémité avant est un dispositif qui permet de faire tourner l'arbre-vilebrequin à la main, au moyen de la *manivelle de mise en marche* (12).

Quand l'arbre-vilebrequin tourne, les bielles qui relient les coudes aux pistons communiquent à ces derniers un mouvement de *va-et-vient* dans les cylindres. L'espace restant libre dans le cylindre au-dessus du piston, quand celui-ci est en haut de sa course, s'appelle *chambre à explosion* (7, *fig.* 440).

Dans la chambre à explosion débouchent deux *soupapes* qui s'ouvrent de l'extérieur vers l'intérieur; elles sont commandées mécaniquement toutes les deux.

Celle du haut (2) est la *soupape d'aspiration*, qui commande l'arrivée des gaz combustibles venant du carburateur.

Celle du bas (3) est la *soupape d'échappement*, qui commande l'évacuation des gaz brûlés.

Le *carburateur* est l'appareil gazéificateur qui a pour but de produire dans les conditions voulues le mélange gazeux qui arrive aux cylindres par les soupapes d'aspiration.

L'inflammation des gaz dans les cylindres se fait au moyen d'une étincelle produite par un appareil électrique. Cet appareil communique par des fils avec les *bougies d'allumage* (6), qui sont vissées sur les cylindres, et qui font jaillir l'étincelle dans les chambres à explosion.

134. *Fonctionnement.* — On a vu que le piston effectuait à l'intérieur du cylindre un mouvement de va-et-vient commandé par (ou commandant) la rotation de l'arbre-vilebrequin et transmis par la bielle. Chaque course du piston, descen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dante ou montante, correspond à un demi-tour de l'arbre.

Les phases successives du fonctionnement sont les suivantes, en ne considérant qu'un seul cylindre.

Première course descendante. — Le piston partant du haut de course, la soupape d'aspiration (2) s'ouvre, le piston en descendant aspire les gaz venant du carburateur; c'est la *période d'aspiration*. En bas de course, la soupape d'aspiration se ferme.

Première course montante. — Le piston comprime dans la chambre à explosion les gaz qu'il a aspirés. C'est la *période de compression*.

Deuxième course descendante. — Le piston étant en haut de course, l'étincelle électrique provoque l'explosion du mélange gazeux. Le piston subit de ce fait une violente impulsion de haut en bas, laquelle impulsion se transmet par la bielle à l'arbre-vilebrequin. C'est la *période d'explosion*.

Deuxième course montante. — Le piston étant en bas de course, la soupape d'échappement (3) s'ouvre, les gaz brûlés s'évacuent violemment; le piston en montant continue à refouler les gaz brûlés par le conduit d'échappement; c'est la *période d'échappement*. En haut de course, la soupape d'échappement se ferme.

A la course descendante suivante, il se produira une nouvelle période d'aspiration, et ainsi de suite. On aura donc pour chaque deux tours de l'arbre les mêmes périodes successives : *aspiration*, *compression*, *explosion*, *échappement*.

Un moteur fonctionnant dans ces conditions se nomme *moteur à quatre temps*, chaque temps correspondant à un demi-tour de l'arbre.

La succession de ces quatre temps constitue ce qu'on appelle un *cycle*.

Le *cycle complet* correspond donc à *deux tours de l'arbre moteur*.

Le moteur étant à quatre cylindres, les quatre coudes de l'arbre-vilebrequin sont disposés de telle sorte que les pistons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

extrêmes montent quand les deux du milieu descendent, et réciproquement (*fig.* 441).

Les cycles sont alternés dans les quatre cylindres de façon que, pour les deux cylindres descendant, l'un se trouve à l'*explosion* quand l'autre est à l'*aspiration*, et, pour les deux

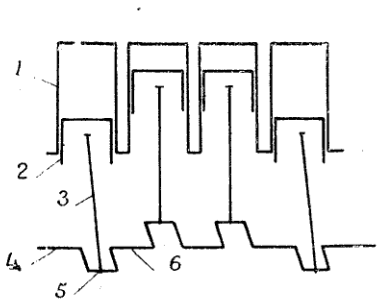


Fig. 441. — Moteur *Brillié*, coupe schématique.

1, cylindre ; 2, piston ; 3, bielle ; 4, arbre-vilebrequin ; 5, coude de l'arbre-vilebrequin.

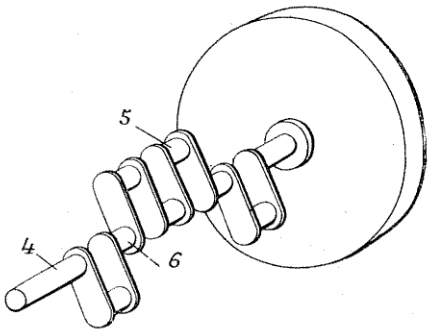


Fig. 442. — Arbre-vilebrequin et volant du moteur *Brillié*.

4, arbre-vilebrequin ; 5, coudes de l'arbre-vilebrequin ; 6, portées des coussinets de l'arbre-vilebrequin

cylindres montant, l'un est à l'*échappement* quand l'autre est à la *compression*.

On peut représenter par le tableau ci-après le fonctionnement du moteur pour deux tours de l'arbre-vilebrequin.

Les flèches indiquent le sens du mouvement des pistons.

		1er CYL.	2e CYL.	3e CYL.	4e CYL.
1er tour	1er demi-tour....	**expl.** ↓	comp. ↑	éch. ↑	asp. ↓
	2e demi-tour.....	éch. ↑	**expl.** ↓	asp. ↓	comp. ↑
2e tour	3e demi-tour. ..	asp. ↓	éch. ↑	comp. ↑	**expl.** ↓
	4e demi-tour	comp. ↑	asp. ↓	**expl.** ↓	éch. ↑

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit par ce tableau qu'il y a une explosion à chaque demi-tour, soit deux impulsions motrices par tour.

Ces explosions se produisent successivement dans les cylindres suivant l'ordre : 1er, 2e, 4e, 3e.

Dans ces conditions, chacune des soupapes fonctionne une fois tous les deux tours. A cet effet, elles sont commandées par un *arbre de distribution* (18) tournant à vitesse moitié moindre que celle du moteur.

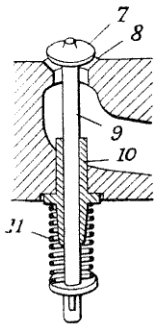


Fig. 443. — Soupape d'échappement de moteur *Brillié*.

7, champignon ; 8, siège ; 9, tige ; 10, guide ; 11, ressort.

Cet arbre porte des parties en saillie nommées *cames* (17), qui agissent pour soulever des *poussoirs* (16), lesquels transmettent leur déplacement aux soupapes.

Cet arbre, appelé aussi *arbre à cames*, est disposé dans le bâti du moteur ; il est commandé par l'arbre-vilebrequin au moyen d'*engrenages*.

Chaque soupape se compose (*fig.* 443) d'un *champignon* (7) et d'une *tige* (9).

Le *siège* (8) de la soupape est la partie sur laquelle vient reposer le champignon.

Le *guide* (10) est la partie qui laisse passage à la tige.

Les soupapes sont appliquées sur leur siège par des ressorts à boudins (11).

La commande de la soupape d'échappement par son poussoir se fait directement ; la commande de la soupape d'aspiration se fait par une *tige-poussoir* (9) et un *culbuteur* (18, *fig.* 444).

La commande des soupapes laisse un certain jeu (1/2 à 1 mm) entre l'extrémité de la tige de la soupape et son organe de commande.

L'évacuation des gaz, commandée par les soupapes d'échappement, se fait dans le *collecteur d'échappement* (14). De là les gaz se rendent par un tuyau (*tuyau d'échappement*) (15) dans un récipient dénommé *pot d'échappement* ou *silencieux*, dont le but est de supprimer le bruit de l'échappement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le cylindre porte à sa partie supérieure un petit robinet (1) dit *robinet de décompression*.

Les cylindres comportent une double enveloppe (8) dans laquelle se fait une *circulation d'eau* destinée à empêcher une élévation excessive de température.

135. Le ***carburateur*** est l'appareil qui opère le mélange gazeux destiné à produire l'explosion dans le cylindre.

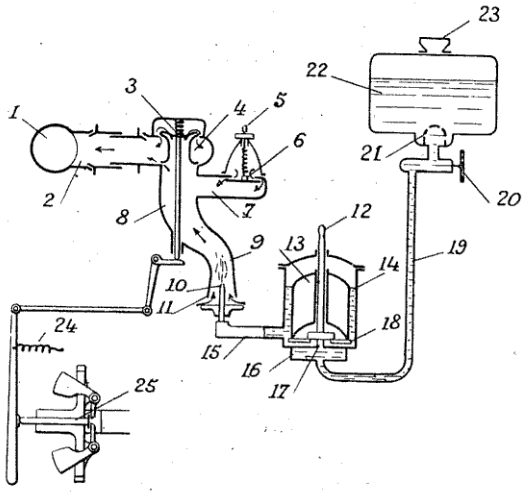


FIG. 444. — Carburateur et régulateur *Brillié*.

1, tuyau d'aspiration ; 2, orifice d'arrivée des gaz au carburateur ; 3, ressort de la soupape d'étranglement ; 4, soupape d'étranglement des gaz ; 5, vis de réglage de la soupape automatique ; 6, soupape automatique ; 7, 8, 9, corps du carburateur ; 10, orifice du gicleur ; 11, orifice d'entrée d'air au carburateur ; 12, pointeau ; 13, flotteur ; 14, niveau de l'essence ; 15, conduit horizontal d'arrivée du gicleur ; 16, filtre ; 17, orifice ; 18, culbuteur du niveau constant ; 19, tuyau d'arrivée d'essence ou de benzol ; 20, robinet de prise de benzol ; 21, filtre ; 22, réservoir de benzol ; 23, bouchon de remplissage ; 24, ressort de tension du régulateur ; 25, régulateur.

Il se compose (*fig.* 444) d'un récipient dénommé *niveau constant* qui est alimenté par le liquide (essence ou benzol) venant du réservoir, au moyen d'un tuyau (19) aboutissant à la partie inférieure.

Le liquide traverse un *filtre* (21), constitué par une toile

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

métallique très fine, pour aboutir à un petit orifice, qui peut être obturé par un *pointeau* (17) agissant par son poids.

La tige du pointeau traverse une sorte de boîte cylindrique en cuivre (13), de forme annulaire, complètement close, remplie d'air, et assez légère pour flotter sur le liquide : c'est le *flotteur*.

Quand le récipient est vide, le flotteur vient reposer par son bord inférieur sur deux petits *culbuteurs* (18), qui soulèvent le pointeau en appuyant de bas en haut sur une collerette de ce pointeau.

Le liquide arrive alors par l'orifice, et son niveau monte dans le récipient.

Quand le liquide atteint une hauteur déterminée, le flotteur se trouve soulevé par le liquide; il abandonne alors les culbuteurs, qui laissent retomber le pointeau dans l'orifice du fond. Cet orifice étant alors fermé, le liquide n'arrive plus.

Lorsque le liquide sera débité par le fonctionnement du moteur, le niveau baissera; le flotteur redescendra et soulèvera de nouveau le pointeau, lequel laissera rentrer le liquide, et ainsi de suite.

Le flotteur aura donc pour effet de maintenir toujours le liquide à un *niveau constant*, de là le nom donné à l'appareil.

Le récipient comporte un conduit horizontal (15) sur lequel se raccorde une tubulure verticale, terminée à sa partie supérieure par un orifice très petit (10), disposé un peu au-dessus du niveau du liquide; cette tubulure se nomme le *gicleur*.

Le gicleur débouche dans un conduit vertical (9), *corps du carburateur*, qui est en contact avec les parois chaudes du collecteur d'échappement, et dont l'orifice inférieur (11), qui laisse passer le gicleur, peut être réglé par une bague ou un disque fileté.

C'est par cet orifice que passe une partie de l'air aspiré par le moteur. Cette aspiration du moteur, en même temps que l'air, entraîne par succion le liquide qui jaillit par l'orifice du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gicleur et qui se pulvérise en se mélangeant à l'air. L'action des parois chaudes en assure la parfaite vaporisation.

Le corps du carburateur comporte à sa partie supérieure une tubulure horizontale portant la *soupape automatique* (6) de rentrée d'air.

Cette soupape est très légèrement appuyée sur son siège par un ressort réglable au moyen d'une vis (5) avec contre-écrou; elle s'ouvre sous l'action de l'aspiration du moteur pour laisser entrer de l'air qui vient se mélanger à l'air déjà chargé de vapeur d'essence ou de benzol, afin de régulariser le dosage suivant la vitesse. (A très faible vitesse du moteur, cette soupape doit être réglée fermée, mais sur le point de s'ouvrir.)

Quand l'air est ainsi mélangé avec de la vapeur d'essence ou de benzol, on dit qu'il est carburé.

On appelle *air carburé*, *mélange gazeux* ou simplement les *gaz*, le produit gazeux sortant du carburateur pour alimenter les cylindres.

Entre le carburateur et les cylindres est disposée une *soupape d'étranglement* (4) destinée à régler l'allure du moteur en laissant passer plus ou moins de gaz.

Cette soupape, dite à double siège, est solidaire d'une tige qui sort du carburateur et qui est destinée à la soulever plus ou moins. Un léger ressort (3) la ramène sur ses sièges. En la soulevant plus ou moins, on laisse passer plus ou moins de gaz : les explosions sont, de ce fait, plus ou moins vives ; on règle ainsi la force et la vitesse du moteur.

136. *Régulateur.* — Le soulèvement de la soupape d'étranglement est commandé par la *manette* (6), laquelle agit par l'intermédiaire d'un *régulateur de vitesse*.

Ce régulateur est constitué par deux masses qui tendent à s'écarter sous l'action de la force centrifuge, avec d'autant plus de force que la vitesse du moteur est plus grande. L'action de ces masses tend à fermer la soupape d'étranglement (86).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Leur action est contre-balancée par celle d'un ressort (89) dont la tension est réglée par la manette des gaz (ou manette du moteur) (6).

Une certaine tension du ressort étant déterminée par le machiniste, si la vitesse tend à diminuer pour une cause ou pour une autre (en abordant une côte par exemple), l'action du régulateur diminuera, l'action du ressort sera prépondérante pour ouvrir davantage la soupape d'étranglement, et le moteur, automatiquement, prendra ainsi plus de gaz.

Si, au contraire, la vitesse tend à augmenter (dans une descente par exemple), ce sera l'action du régulateur qui sera prépondérante pour étrangler les gaz, c'est-à-dire pour modérer le moteur.

Ainsi le machiniste, par la position de sa manette qui détermine une tension plus ou moins grande du ressort (89), règle la vitesse à laquelle il veut marcher.

137. *Allumage.* — L'allumage est provoqué par une étincelle électrique qui jaillit dans la chambre à explosion à l'extrémité de la *bougie* vissée dans le cylindre.

Le courant nécessaire à la production de l'étincelle est produit par une *magnéto* (24) mue par le moteur (*fig.* 445).

La magnéto employée au début sur les autobus était du système Eisemann; cette magnéto est encore utilisée sur certains véhicules Brillié, et nous en dirons quelques mots ici. Elle se compose d'un *induit* (bobine en fer recouverte de fils) tournant entre les branches d'une série d'*aimants* (23); la rotation produit, sous l'influence de l'aimant, un courant électrique dans le fil qui constitue le *circuit primaire*. Ce courant est rompu deux fois par tour, au moment de son maximum d'intensité, par un *interrupteur à cames* (22) monté sur l'axe de l'induit, et qui agit en écartant deux *pointes de platine* dont on peut régler la distance initiale par une vis.

Le *courant primaire* produit par la magnéto est un courant à *basse tension* qui ne saurait donner des étincelles aux bougies,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et qu'il faut transformer en courant à *haute tension* pour l'utiliser. A cet effet, le circuit primaire qui passe par l'induit

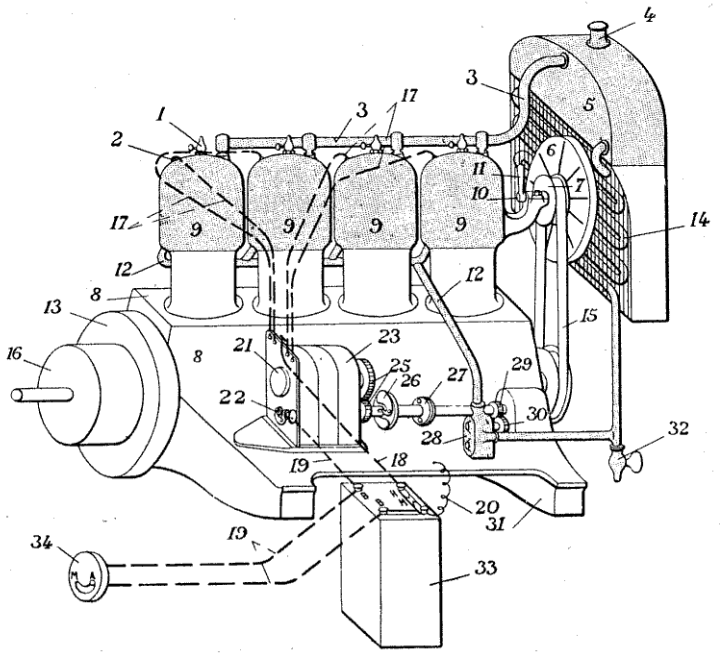


FIG. 445. — Allumage et circulation d'eau *Brillié*.

1, robinet de décompression; 2, bougie d'allumage; 3, tuyau de sortie d'eau des cylindres; 4, bouchon de remplissage du réservoir d'eau; 5, réservoir d'eau; 6, ventilateur; 7, petite poulie montée sur le ventilateur; 8, bâti du moteur; 9, cylindres; 10, axe excentré du ventilateur; 11, manette de tension de la courroie 15; 12, tuyau d'entrée d'eau aux cylindres; 13, volant; 14, radiateur; 15, courroie de commande du ventilateur; 16, embrayage; 17, fils secondaires des bougies; 18, fil secondaire du distributeur; 19, fils primaires; 20, fil de masse; 21, distributeur de secondaire; 22, interrupteur à cames (au courant primaire); 23, aimants; 24, magnéto; 25, engrenages commandant le distributeur; 26, régulateur d'avance à l'allumage; 28, pompe de circulation d'eau; 29, engrenage commandant la pompe; 30, engrenage monté sur l'axe de la pompe; 31, patte d'attache du moteur; 32, robinet de vidange de la circulation d'eau; 33, transformateur (bobine); 34, interrupteur (pour arrêt du moteur).

et l'interrupteur se rend à un appareil nommé *transformateur* (33), constitué par une bobine à double enroulement.

L'un des enroulements est parcouru par le courant primaire, l'autre constitue le *circuit secondaire*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque fois que le courant primaire est interrompu par l'*interrupteur*, il se produit dans le circuit secondaire un courant instantané à très haute tension susceptible de donner une étincelle de plusieurs millimètres.

L'étincelle se produit au moment précis de la rupture du contact primaire.

Ce courant secondaire revient à un *distributeur de secondaire* (21) qui le distribue successivement aux quatre cylindres, dans l'ordre 1, 2, 4, 3, précédemment indiqué.

En résumé :

Pour un moteur à quatre cylindres donnant deux explosions par tour, la magnéto donne deux interruptions de contact, c'est-à-dire deux allumages par tour ; elle doit donc tourner à la même vitesse que le moteur.

Le courant transformé qui produit l'étincelle est envoyé dans chaque cylindre une fois tous les deux tours ; le distributeur de secondaire (21) tourne à demi-vitesse : il est commandé par un engrenage (25) qui le relie à l'arbre de l'induit.

Les fils qui relient les différents appareils sont des *fils isolés*. On appelle *isolant* la matière qui entoure les fils pour les protéger et éviter les pertes de courant. Les fils secondaires (18) sont à *haut isolement*, c'est-à-dire isolés d'une façon plus effective que les fils primaires (19).

On appelle *fil de masse* (20) le fil qui est relié à la masse du moteur et de la voiture.

Les fils doivent être bien serrés dans leurs attaches et ne présenter en aucun point, surtout près des attaches, des commencements de rupture. La couche d'isolement ne doit manquer en aucun point.

Les pointes de l'interrupteur de la magnéto doivent être réglées à une distance de un demi-millimètre environ.

Avance à l'allumage. — On a supposé, à l'article **134**, que l'allumage se produisait quand le piston était en haut de course.

En réalité, l'allumage doit se produire avant que le piston soit à fond de course.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La distance qui reste à parcourir par le piston entre le moment où se produit l'étincelle et le fond de course se nomme *avance à l'allumage*. On dit que l'avance à l'allumage est de 6 mm par exemple, quand l'étincelle se produit 6 mm avant le fond de course du piston.

L'avance doit être d'autant plus grande que la vitesse du moteur est plus grande.

L'arbre de commande de la magnéto comporte un *régulateur d'avance à l'allumage* (26), qui modifie automatiquement l'avance suivant la vitesse du moteur.

L'avance doit être plus grande quand le moteur fonctionne à l'alcool que lorsqu'il fonctionne à l'essence.

L'arbre du régulateur est en deux pièces réunies par deux plateaux pouvant se décaler l'un par rapport à l'autre. Des repères, placés sur les rebords de ces plateaux, indiquent les calages qui correspondent au fonctionnement à l'alcool ou à l'essence.

La magnéto Eisemann a été remplacée depuis peu sur tous les autobus par une magnéto Simms-Bosch, dont la description a été donnée plus haut (art. **69**).

138. ***Circulation d'eau.*** — On a vu précédemment que les cylindres comportent une double enveloppe dans laquelle se fait une circulation d'eau destinée à limiter l'élévation de température.

Cette circulation se fait dans les véhicules 1 à 90 par une pompe rotative (28) commandée par le moteur au moyen d'engrenages (29, 30). La pompe aspire l'eau venant d'un réservoir (5) et la refoule par un tuyau (12) à la partie inférieure des cylindres.

L'eau sort des cylindres par la partie supérieure et retourne au réservoir (5) par un tuyau collecteur (3).

Sur le parcours entre le réservoir et la tubulure d'aspiration de la pompe, l'eau circule dans un faisceau tubulaire nommé *radiateur* (14), où elle se refroidit. A cet effet, les tubes sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

munis d'ailettes de manière à avoir une plus grande surface refroidissante ; un *ventilateur* (6) mû par une courroie (15) active le refroidissement en provoquant un violent courant d'air à travers le radiateur.

Dans les voitures 91 à 150, la circulation se fait par *thermo-siphon*, c'est-à-dire par l'échauffement de l'eau, l'eau la plus chaude ayant tendance à toujours s'élever.

Il faut avoir soin, l'hiver, de ne jamais laisser l'eau se congeler dans les appareils, ce qui occasionnerait la rupture des cylindres ou des tuyaux. Si la gelée était à craindre, on viderait les appareils par le *robinet de vidange* (32).

En additionnant l'eau de 20 à 30 0/0 de glycérine, on la rend incongelable ; dans ce cas, il est inutile de la vidanger.

139. *Échappement.* — Les gaz sortant du collecteur d'échappement se rendent dans le *silencieux* ou *pot d'échappement*, avant d'être évacués à l'atmosphère par le tuyau d'évacuation.

Sur la tubulure d'évacuation du silencieux est disposé un robinet qui permet de dévier une partie des gaz d'échappement vers la chaufferette de la voiture.

La chaufferette est constituée par un tuyau en forme d'U disposé sous une tôle de protection au niveau du plancher.

Le robinet permet de diriger les gaz chauds dans ce tuyau en quantité plus ou moins grande, et de régler ainsi le chauffage suivant la température extérieure.

140. *Mise en marche.* — La mise en marche du moteur s'effectue en faisant tourner l'arbre-vilebrequin au moyen de la *manivelle de mise en marche* (12, *fig.* 439), de façon à déterminer dans les cylindres les premières phases du cycle : aspiration, compression, allumage.

Quand les gaz arrivent dans les cylindres dans de bonnes conditions de carburation, l'allumage provoque l'explosion et le moteur part.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La manivelle est disposée de façon à n'avoir normalement aucun contact avec l'arbre.

Il faut, pour la mettre en jeu, la pousser contre l'arbre tout en tournant, de façon à accrocher son embecquetage après la goupille de la manivelle.

Sitôt le moteur en marche, elle se décroche d'elle-même.

Quand le moteur est chaud, il suffit généralement de 1/2 tour de manivelle pour le mettre en marche; à froid, il faut souvent plusieurs tours.

Pour faciliter le départ d'un moteur froid, surtout quand la température est basse, il convient de *noyer* le *flotteur* en soulevant à la main la partie du pointeau qui dépasse le couvercle du niveau constant, jusqu'à ce qu'on voie quelques gouttes d'essence tomber par la prise d'air inférieure (avec certains appareils on agit sur un poussoir qui plonge le flotteur, ce qui revient au même).

On peut aussi verser quelques gouttes d'essence dans les cylindres au moyen des robinets de décompression; il faut ensuite refermer les robinets.

A défaut d'essence, on peut faciliter la mise en marche en fermant légèrement la prise d'air inférieure du carburateur. *Avoir soin de la remettre à sa position sitôt le moteur en marche.*

On doit agir sur la manivelle de façon à passer la compression par un effort brusque de bas en haut, et non de haut en bas; si la manivelle est mal placée, la décrocher et se reprendre en l'accrochant un demi-tour en arrière.

Décompresseur. — Avec les moteurs de 20/24 chx et au-dessous, le passage de la compression se fait aisément; les moteurs de 35/45 chx, pour lesquels l'effort nécessaire est relativement élevé, comportent un *décompresseur à cames*, destiné à réduire momentanément la valeur de la compression pendant la mise en marche.

L'arbre à cames est susceptible de se déplacer longitudinalement au moyen d'une manette à proximité de la manivelle, qui peut occuper deux positions:

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° *Position de marche*, dans laquelle les cames agissent pour effectuer la distribution comme il est indiqué précédemment ;

2° *Position de mise en marche*, dans laquelle la soupape d'échappement s'ouvre pendant une partie de la compression, pour réduire la compression et par suite l'effort à exercer sur la manivelle.

Sitôt le moteur en fonctionnement, on replace la manette dans sa *position de marche*.

En cas de difficultés de mise en marche, on doit s'assurer que l'interrupteur est bien à la position de marche, que le robinet d'essence est ouvert et que le liquide arrive bien au carburateur, en agissant sur le flotteur comme il est indiqué précédemment.

Une fois le moteur en marche, on le laisse tourner un moment à bonne vitesse pour le réchauffer, puis on règle son allure en modéré ; il faut ensuite ouvrir le robinet du graisseur et s'assurer du graissage suivant les prescriptions ci-après.

141. *Conduite de la voiture.* — La voiture étant en stationnement, le moteur doit tourner à une allure aussi modérée que possible, les freins de côté doivent être serrés.

Démarrages. — Pour mettre la voiture en marche, il faut :

Peser à fond sur la pédale de débrayage ;

Desserrer le frein de côté ;

Disposer le levier de changement de vitesse en 1re vitesse ;

Relever doucement la pédale en accélérant un peu le moteur par la manette.

Sitôt la voiture en marche, prendre successivement la 2e et la 3e vitesse en déplaçant le levier vers l'avant ; *agir toujours sur la pédale de débrayage quand on passe d'une vitesse à l'autre.*

Quand on démarre à plat ou dans une légère descente, on peut partir directement en 2e vitesse sans passer par la 1re, et prendre immédiatement la 3e.

Les démarrages en côte doivent se faire en 1re vitesse.

Quand on démarre dans une côte raide, on doit peser sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pédale de frein en même temps qu'on desserre les freins de côté pour empêcher la voiture de reculer, puis relever les deux pédales à la fois assez rapidement pour démarrer.

Changements de vitesse. — Quand on passe d'une vitesse *moins* à une vitesse *plus*, c'est-à-dire de 1re en 2e ou de 2e en 3e, on augmente de ce fait le travail ou la charge du moteur. Quand le moteur ne peut plus supporter la charge qu'on lui donne, c'est-à-dire quand il ralentit de lui-même, lorsqu'il peine et menace de caler, en abordant une côte, par exemple, il faut prendre une vitesse en dessous.

Si à ce moment on est en 3e vitesse, on prendra la 2e; si on est en 2e, on prendra la 1re.

Pour passer d'une vitesse *plus* à une vitesse *moins*, c'est-à-dire de 3e en 2e ou de 2e en 1re, il faut agir sur la pédale de débrayage avant de déplacer le levier, la manette du moteur étant en accéléré, ramener le levier en arrière, en ayant soin de l'arrêter une seconde entre les deux vitesses en relevant la pédale, et prendre ensuite la vitesse en débrayant à nouveau. Avec un peu de doigté, on doit arriver à effectuer cette manœuvre sans faire grincer les engrenages.

Recommandations importantes. — Pour marcher économiquement, il faut, chaque fois qu'on le peut, prendre la vitesse la plus haute.

Normalement, on doit toujours marcher en 3e vitesse; il ne doit être fait usage de la 2e que lorsque le moteur ne peut supporter la 3e (et dans les démarrages).

Les vitesses lentes doivent s'obtenir en agissant par la manette des gaz pour ralentir la vitesse du moteur; ne jamais effectuer les ralentissements, même momentanés, en débrayant le moteur.

Quand on est obligé de maintenir une vitesse très faible (dans une file de voitures, par exemple), avec arrêts et démarrages fréquents, il faut garder la 2e vitesse, et, s'il y a lieu, la 1re, *mais ne pas laisser glisser l'embrayage.*

Pour descendre une côte, mettre la manette du moteur en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

extrême modéré; dans ce cas, c'est la voiture qui emmène le moteur. Si la vitesse gagne, serrer légèrement les freins de côté, et se servir de ces freins pour régler la vitesse. Il n'y a pas lieu dans ce cas de débrayer, sauf lorsque la vitesse est très réduite.

(La vitesse moyenne de marche réglementaire est de 13 km à l'heure et la vitesse maximum permise de 25 km. La consommation de benzol est d'environ 1/2 l par kilomètre.)

Arrêts. — Pour arrêter la voiture, deux cas sont à considérer :

1° Pour un arrêt imprévu et immédiat, il faut peser à fond sur la pédale de débrayage, et en même temps sur la pédale de frein, plus ou moins fort, suivant que l'arrêt est plus ou moins urgent ; faire usage en même temps du frein de côté en évitant toujours les arrêts brusques, à moins de nécessité absolue ;

2° Pour un arrêt prévu, aux abords d'un point de ralentissement, ou dans les cas sans urgence, il faut ramener la manette du moteur en modéré en s'y prenant d'aussi loin que possible du point où doit avoir lieu l'arrêt ou le ralentissement. Laisser mourir la vitesse de la voiture de manière à n'avoir, pour ainsi dire, pas besoin de se servir du frein (cette prescription est très importante au point de vue de l'économie du combustible), enfin ne se servir du frein que pour terminer l'arrêt, et n'en faire qu'un usage très modéré pour éviter les secousses : on doit faire usage de préférence du frein de côté.

Sitôt la voiture arrêtée, on prend immédiatement ses dispositions suivant les circonstances :

Si l'on prévoit qu'on va repartir immédiatement, mettre le levier en 2e vitesse (ou en 1re, selon le profil), de manière à n'avoir qu'à relever la pédale pour repartir sans perte de temps.

Si l'on prévoit un certain stationnement (à un bureau par exemple), ramener le levier au point mort, ou simplement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entre deux vitesses, et relever la pédale en attendant le moment du départ, en laissant le moteur en ralenti.

Pour un stationnement prolongé (aux terminus par exemple), ramener le levier de changement de vitesse au point mort, serrer le frein de côté et arrêter le moteur en coupant l'allumage. Fermer le robinet du graisseur ainsi que le robinet d'essence.

On profite du stationnement pour passer une visite succincte de la voiture, s'assurer notamment qu'il n'y a pas de fuite d'essence au réservoir, à la tuyauterie ou au carburateur, et que les freins sont en bon état.

142. *Graissage.* — Il faut profiter des stationnements pour mettre de temps à autre, soit deux ou trois fois par jour, une goutte d'huile aux guides de poussoirs des soupapes et aux articulations des culbuteurs de soupapes d'aspiration.

En stationnement, le robinet de la rampe de graissage doit être fermé; on l'ouvre au moment du départ, et on s'assure que les compte-gouttes débitent bien ; dans les châssis P_2, le graissage est automatique et s'effectue par une pompe.

Les cinq départs qui alimentent les paliers du moteur (les cinq premiers à partir de gauche) doivent débiter chacun environ quinze à vingt gouttes à la minute, soit une goutte toutes les trois ou quatre secondes. Les deux autres départs peuvent avoir un débit moitié moindre.

Un *graissage insuffisant* risque de provoquer des échauffements ou des grippements dans le moteur.

Quand on suppose que le moteur manque de graissage, il faut lui envoyer une mesure d'huile au moyen de la pompe; avec les voitures qui n'ont pas de pompe, on envoie ce supplément d'huile en faisant débiter à flot, momentanément, les départs marqués d'une croix (+) sur la clé. Ce graissage supplémentaire doit être fait de préférence en abordant une côte, et jamais quand la voiture a une tendance à fumer.

Un *excès de graissage* risque de provoquer l'engorgement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et l'encrassement des bougies, d'où les ratés d'allumage dans un ou plusieurs cylindres; il donne en outre une production de fumée qui se dégage par l'échappement, ce qu'il faut éviter.

En cas d'excès de graissage provoquant de la fumée, le machiniste doit fermer momentanément le robinet du graisseur, jusqu'à ce qu'il ait la certitude que la fumée a disparu. En tout cas, il doit s'abstenir d'envoyer un supplément d'huile.

Tout machiniste qui croise une voiture dont l'échappement fume, doit prévenir son collègue par un geste (en élevant la main dans la direction du tuyau d'échappement).

Avec un certain doigté, le machiniste doit faire un bon graissage sans laisser fumer sa voiture.

Dans de bonnes conditions de graissage, la dépense d'huile doit être de un litre et demi environ pour 100 km.

L'embrayage métallique doit contenir un litre et demi à deux litres d'huile; quand l'appareil donne des démarrages trop brusques, signaler la chose au visiteur du terminus, qui ajoutera de l'huile, ou le mentionner sur le livre du dépôt.

La voiture étant remisée au dépôt après la journée finie, il faut fermer le robinet d'essence, laisser tourner un instant le moteur, et, pendant ce temps, seringuer un peu de pétrole sur les tiges de soupapes d'échappement (à travers les ressorts), ainsi que sur les tiges des soupapes d'aspiration ; puis arrêter le moteur et disposer la manette du décompresseur dans la position de décompression.

Une fois le moteur arrêté, il ne reste plus qu'à ouvrir les robinets de décompression, verser un peu de pétrole dans chaque cylindre, fermer les robinets et tourner plusieurs tours à la manivelle.

Ces opérations de pétrolage devront être faites une ou deux fois par jour.

143. ***Incidents de fonctionnement.*** — Le fonctionnement du moteur peut donner lieu à certains incidents pouvant se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manifester soit à la mise en marche, soit en cours de fonctionnement, et auxquels il faut savoir remédier.

En cas d'arrêt anormal du moteur ou de difficultés de mise en marche, on doit s'assurer :

Que le bouton de l'interrupteur est bien à la position de marche ;

Que l'essence arrive bien au carburateur, et qu'il y a encore de l'essence dans le réservoir ;

Que le gicleur n'est pas bouché ;

Qu'il n'y a pas un fil de décroché ou de cassé dans le circuit électrique ;

Que les contacts de l'interrupteur de la magnéto sont propres (passer un papier entre les grains platinés).

Insuffisance de force du moteur. — Si l'on constate que le moteur manque de force, cela peut tenir à une des causes ci-après :

a) Ratés d'allumage. — *Allure cadencée.* — Rechercher si les quatre cylindres donnent bien ; à cet effet, ouvrir successivement les quatre robinets de décompression en accélérant la vitesse. Si un ou plusieurs cylindres ne produisent pas régulièrement le bruit strident qui correspond à l'explosion, remplacer les bougies correspondantes, qui peuvent être avariées ou encrassées par excès d'huile dans le moteur.

Allure irrégulière, ratés intermittents. — S'assurer qu'il n'y a pas de fils de desserrés dans le circuit primaire ; nettoyer le contact de la magnéto ; s'assurer du bon réglage des pointes.

b) Poussoirs de soupapes déréglés. — *Allure cadencée.* — Si l'on constate un jeu exagéré entre un poussoir ou un culbuteur et la soupape correspondante, effectuer le réglage pour réduire le jeu à 1/2 mm environ.

c) Soupape collée. — *Allure cadencée.* — Sitôt la mise en marche, si l'on constate qu'un cylindre ne donne pas, cela peut venir d'une soupape d'échappement qui reste levée, collée par l'encrassement dans son guide ; souvent elle se décolle au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bout d'un moment, quand le moteur s'échauffe ; sinon il faut la pétroler au moyen de la seringue.

d) Mauvaise carburation par manque d'air. — Dans le cas où les quatre cylindres donnent également, voir si le carburateur n'est pas déréglé, si la prise d'air est suffisamment ouverte, si le ressort de la soupape automatique n'est pas trop tendu.

Un manque d'air au carburateur diminue la force du moteur et augmente sa consommation de combustible.

e) Manque de compression. — S'assurer que la compression se fait dans les quatre cylindres ; à cet effet, tourner la manivelle (sans mettre le décompresseur) et éprouver, par quatre demi-tours successifs, si la compression est également dure à passer pour les quatre cylindres. Si un ou plusieurs cylindres manquent de compression, cela peut provenir de soupapes mal rodées ou de fuites par les segments (signaler la chose), ou d'une soupape restée levée (faire le nécessaire comme il est indiqué en *c*).

(Faire attention de ne pas attribuer à un manque de force du moteur les effets de résistances anormales dans la marche du véhicule : freins mal desserrés ou mal réglés, par exemple ; ne pas oublier, après la mise en marche, de mettre le décompresseur à la position de marche.)

Explosions dans le carburateur. — De petites explosions sèches, sortes de pétarades, peuvent se produire dans les prises d'air du carburateur ; elles proviennent d'allumages intempestifs qui se produisent dans les cylindres pendant l'aspiration, et qui se propagent par les conduits jusqu'au carburateur.

Le cas peut se produire dans les circonstances suivantes :

f) Avance a l'allumage insuffisante. — Avec le régulateur automatique d'avance, cela ne peut avoir lieu que s'il y a un déréglage des plateaux par suite du desserrage des écrous.

g) Mauvaise carburation par excès d'air. — Réduire la prise d'air du carburateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chocs dans le moteur. — Ces chocs proviennent d'allumages prématurés qui peuvent se produire dans les cas suivants :

h) Excès d'avance a l'allumage. — *Chocs réguliers dans les quatre cylindres.* — Avec le régulateur automatique d'avance, la chose ne peut se produire que s'il y a rupture d'un des ressorts, ou en cas de mauvais réglage (si, par exemple, on marche à l'essence avec le plateau d'avance réglé pour l'alcool).

i) Bougies défectueuses (pointes qui rougissent). — *Chocs cadencés, quelquefois pétarades.* — Remplacer la bougie douteuse ; en cas d'indécision, remplacer les quatre bougies.

j) Échauffement du moteur. — *Chocs réguliers ou cadencés d'intensité croissante, avec ou sans pétarades.* — Les causes d'échauffement peuvent être les suivantes :

Mauvaise circulation d'eau (s'assurer qu'il y a de l'eau dans le réservoir, que la pompe fonctionne bien, ainsi que le ventilateur).

Graissage insuffisant, manque d'huile dans le moteur (envoyer de l'huile dans le moteur comme il est indiqué à l'article **142**).

k) Jeux dans les bielles, ou boulons de bielles desserrés. — Signaler la chose dès que possible.

144. ***Visite et réglages.*** — Le machiniste, tant au moment du départ qu'aux stationnements, devra, par une visite attentive de sa voiture, s'assurer que tout est en bon état, qu'il n'y a pas d'écrous desserrés, pas de fuites d'essence, pas de freins mal réglés, etc.

Avant de quitter le dépôt, il s'assurera du bon fonctionnement du moteur, du mécanisme et des freins ; il devra immédiatement signaler au chef de service ce qui lui paraîtra anormal dans le fonctionnement, ou tout réglage qui ne serait pas conforme aux indications ci-après :

Manette des gaz. — L'allure du moteur doit être extrêmement modérée (150 tours environ) quand la manette est à fond de course avant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La vitesse doit croître progressivement avec le déplacement de la manette et doit être de 1.000 tours environ pour la position extrême inférieure.

Débrayage. — En agissant sur la pédale de gauche, celle-ci doit d'abord se déplacer de 2 ou 3 cm sans effort; à ce moment, on doit éprouver la résistance des ressorts d'embrayage qui se compriment. En continuant à agir, l'arrêt du mouvement de la pédale, provoqué par le frein d'embrayage, doit se faire sentir avant que la palette n'atteigne le plancher.

Frein du différentiel. — La pédale de débrayage étant appuyée à fond, si on agit sur la pédale de frein, l'arrêt du mouvement de cette pédale doit se faire sentir 1 cm au moins avant qu'elle n'atteigne le niveau de la pédale de débrayage. Ce frein a été renforcé dans les châssis P_2.

Frein de côté. — En agissant sur le levier dans le sens du serrage, la résistance au mouvement doit se faire sentir aux deux tiers de la course environ.

Carburation. — La bague de réglage inférieure (vissée sur le gicleur) doit laisser un passage d'air de 1 1/2 mm à 2 mm environ.

Le ressort de la soupape automatique doit être réglé pour que, à l'arrêt, la soupape soit simplement en contact avec son siège, et puisse s'ouvrir sous le moindre effort.

Avance à l'allumage. — Dans les conditions qui correspondent à l'avance maxima donnée par le régulateur, cette avance maxima doit être de 15 à 16 mm pour l'essence et de 25 à 28 mm pour l'alcool.

Jeu des poussoirs. — Le jeu entre les poussoirs et les tiges de soupapes doit être réglé à 1/2 mm environ.

Tous ces réglages doivent être opérés par le personnel mécanicien et visiteur.

Il est interdit aux machinistes de modifier les réglages (freins, régulateur, carburateur, etc.), sauf dans le cas d'absolue nécessité.

Les machinistes devront rendre compte aux inspecteurs de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ligne ou aux visiteurs de terminus de tout ce qu'ils pourraient constater d'anormal dans le fonctionnement, ou des modifications de réglages qu'ils auraient été amenés à faire.

Toutes leurs observations devront être consignées sur un registre mis à leur disposition au dépôt.

145. La C. G. O. a eu aussi à l'essai pendant quelques jours un châssis DIETRICH avec caisse à 23 places sans plateforme arrière ni impériale, laquelle a été mise ensuite sur un châssis BRILLIÉ (*fig.* 437), et un châssis G. E. M. qui a marché un mois. La commande électrique et le système de récupération que préconise M. GIRARDOT ont été appliqués depuis sur un châssis BRILLIÉ (*fig.* 438). Un omnibus RENAULT à 23 places est en essai aussi actuellement (1).

§ II. — VÉHICULES DE DION-BOUTON (*fig.* 446, 447)

146. Le châssis, le moteur et la transmission de ces véhicules présentent quelques différences suivant l'époque de leur construction.

Le *châssis* est généralement constitué par deux longerons en bois armé (les longerons en tôle emboutie ne sont encore employés que dans les voitures de tourisme ou certains véhicules spéciaux légers) entretoisés par des tubes brasés ou par des traverses en tôle emboutie supportant divers organes.

La *suspension* comporte à l'avant deux ressorts et deux demi-ressorts (ou demi-crosses) longitudinaux, et à l'arrière deux ressorts longitudinaux. Les *roues* sont en bois et munies de bandages en caoutchouc plein; toutefois les omnibus et les

(1) Pour l'organisation et le fonctionnement d'un service d'autobus ou de camions, on peut aussi consulter la note XIII en appendice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

camions dont la vitesse ne doit pas excéder 22 km à l'heure ont des roues avec bandages en fer et amortisseurs.

Les roues avant sont directrices ; elles s'engagent dans deux

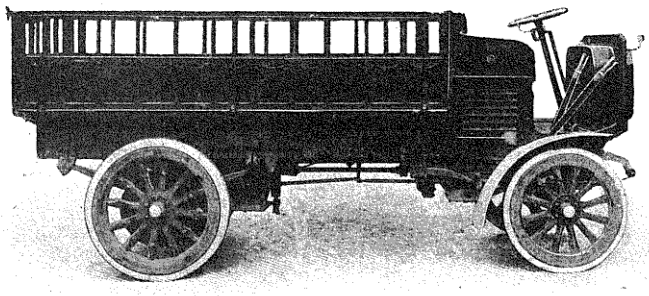


Fig. 446. — Camion D. B.

chapes terminant l'essieu et qui sont commandées par une direction à volant incliné. L'*essieu avant* est en acier doux ;

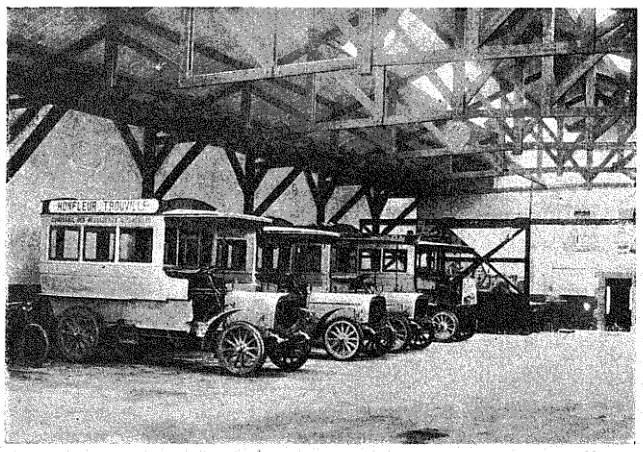


Fig. 447. — Omnibus automobiles D. B. *Honfleur-Trouville*.

l'*essieu arrière* est constitué par un fort tube d'acier brasé dans deux têtes d'essieu qui portent les paliers à billes des arbres d'entraînement des roues.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le *moteur*, d'une puissance de 24 chx dans le véhicule représenté figure 446, est disposé sous le siège du conducteur et comporte quatre cylindres de 104 mm d'alésage et 130 mm de course de pistons; il est monté avec ses accessoires sur un berceau en tôle emboutie fixé au châssis en trois points. Le carburateur est à réglage à main. L'allumage est assuré par des piles, qui ne servent que pour la mise en route et éventuellement comme secours (elles doivent être changées quand elles ne marquent plus que 3 1/2 à 4 amp), et par une magnéto qui est introduite dans le circuit dès les premières explosions, en remplacement des piles, par le jeu d'un commutateur.

L'*allumage* est assuré par un trembleur unique disposé sur le circuit primaire et par un distributeur du courant secondaire; le circuit primaire, pour les 4 cylindres, est fermé deux fois par tour du moteur.

Le graissage du moteur est automatique et s'effectue par une pompe fixée à la partie inférieure du bâti. Cette pompe reprend l'huile qui a déjà servi, et qui est venue se rassembler dans le bas du carter; elle l'aspire à travers un filtre et la refoule de nouveau vers les organes à lubrifier.

Le refroidissement du moteur est assuré par une circulation d'eau effectuée par une pompe centrifuge; cette eau est refoulée dans un radiateur soufflé placé à l'avant du châssis.

L'*embrayage* est du type à plateaux métalliques spécial à cette maison (qui vient cependant d'adopter l'embrayage à cône garni de cuir pour ses monocylindres 8-chevaux type BN); l'entraînement a lieu par simple adhérence des surfaces métalliques, sans aucun graissage. Il transmet le mouvement du moteur au changement de vitesse au moyen d'un arbre longitudinal, qui est soutenu en son milieu par un palier à billes et muni d'articulations à la cardan.

Le *changement de vitesse* est à deux trains balladeurs et commandé par un levier; il comporte trois ou quatre vitesses, correspondant à des allures de 9, 14, 22 et 28 km à l'heure pour les omnibus et de 4, 8, 12 et 15 pour les camions, et la marche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

arrière. Il est enfermé dans un carter avec le différentiel et graissé par une pompe à circulation spéciale comme le moteur.

La *transmission* aux roues motrices se fait par l'intermédiaire d'arbres à la cardan E (*fig.* 225), ce qui permet de faire participer le différentiel à la suspension élastique du véhicule ; ces arbres peuvent commander les roues au travers de fusées creuses, comme dans la plupart des véhicules de Dion, ou d'après le mode d'agencement suivant.

L'essieu (*fig.* 225) est brasé dans les têtes d'essieu M, sur lesquelles reposent les ressorts; ces têtes supportent d'autre part une fusée pleine H, sur laquelle porte la roue, et un coussinet recevant l'axe d'un pignon droit B. Ce pignon, calé sur une tête de cardan, reçoit le mouvement de l'arbre à cardan E et le transmet à la roue dentée intérieure C, fixée aux rais, et qui reçoit sur son diamètre extérieur le ruban de frein.

Les *freins* sont au nombre de deux; l'un est un frein à mâchoires commandé par une pédale et agissant sur l'arbre secondaire de l'appareil de changement de vitesse; le second, actionné par un levier à main, vient frotter sur la partie extérieure de la couronne dentée montée sur les roues arrière.

La *direction* est à vis et à secteur denté.

Le conducteur a à sa disposition deux pédales, dont l'une commande le débrayage et l'autre le frein sur le changement de vitesse; deux leviers, l'un pour produire les changements de vitesse, l'autre qui actionne le frein agissant sur les roues; enfin deux manettes montées sur la colonne de direction et qui permettent de régler l'introduction des gaz au moteur et l'avance à l'allumage. Toutefois, avec les dispositifs à magnéto, on tend de plus en plus à avoir un point de calage fixe, répondant à la marche normale du moteur.

Des dispositifs spéciaux produisent automatiquement le débrayage quand on agit sur le frein des roues au moyen du levier à main, et l'étranglement des gaz à l'admission quand on appuie sur la pédale du frein sur le changement de vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le camion représenté figure 446 pèse 3.000 kg en ordre de marche, à vide, et peut porter une même charge utile de 3.000 kg ; parmi les types d'omnibus construits par la maison DE DION-BOUTON, le plus employé est le petit omnibus de 10 places d'intérieur ; les autres sont de 6, 8 et jusqu'à 34 places.

147. *Moteur.* — Les chambres d'échappement ont été disposées pour éviter autant que possible aux gaz brûlés les détours inutiles ou les changements brusques de sections qui sont la cause de bruit, d'échauffement des parois et de résistance à l'écoulement des gaz (on estime à 100 m à la seconde la vitesse normale des gaz dans le tuyau d'échappement).

La circulation d'eau est établie pour éviter que l'un des cylindres soit favorisé aux dépens des autres, et surtout que les chambres des soupapes soient insuffisamment rafraîchies. Pour atteindre le résultat cherché, on a muni d'un masque perforé, en des points judicieusement déterminés, la partie supérieure des chambres à eau, ce qui oblige l'eau à circuler dans toutes les parties du circuit avant de s'échapper.

Sur chaque fond de cylindre est directement vissé un bouchon avec interposition d'un joint. La partie supérieure des bouchons est filetée (*fig.* 22) et sert au serrage des calottes par le moyen d'écrous borgnes garnis également d'un joint. A l'intérieur de chacun de ces derniers écrous est une petite vis qui obture l'extrémité d'un canal percé dans le bouchon du cylindre et débouchant dans le cylindre ; ce canal sert au réglage des cames, en permettant de repérer la position du piston par le moyen d'une tige sans être obligé de démonter aucune autre pièce que l'écrou de serrage de la calotte. Ce travail de mise au point effectué, on n'a plus besoin de toucher à la vis dans la suite.

Le moteur, suivant le nombre des cylindres et la puissance, a entre 100 et 130 mm de course de piston, de 75 à 110 mm d'alésage et fait de 1.400 à 1.500 tours. Les clapets d'admission et d'échappement sont tous commandés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

148. ***Distribution.*** — La figure 448 montre l'arbre des cames d'un moteur quatre-cylindres 1907. Les soupapes d'aspiration sont disposées de façon que la longueur de tuyauterie qui sépare chaque cylindre du carburateur soit aussi courte que possible : cette condition a obligé à faire deux modèles de cylindres.

Les soupapes d'échappement sont placées du même côté que celles d'aspiration, de sorte qu'il n'y a qu'un arbre à cames (15). Les soupapes sont interchangeables pour réduire l'importance des rechanges.

Le pignon de commande de la distribution fixé sur le bout

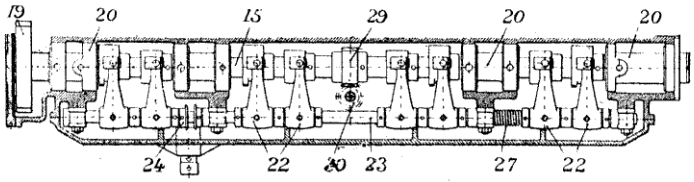


FIG. 448. — Commande des cames.

de l'arbre transmet le mouvement à une batterie de pignons dont l'un (19), claveté au bout de l'arbre des cames, imprime à cet arbre une vitesse angulaire deux fois moindre que celle du vilebrequin. Cet arbre tourne dans quatre paliers (20), maintenus au bâti par des vis à têton, et porte huit cames goupillées qui soulèvent les soupapes. Les cames agissent sur les tiges poussoirs par l'intermédiaire de leviers (22) articulés sur un axe (23) qui peut se mouvoir parallèlement à l'axe du moteur.

Ce dispositif a pour but de diminuer la rapidité de la chute des clapets (ce qui atténue le bruit au moment où les cames les abandonnent), et de permettre la commande du décompresseur. A cet effet, l'axe 23 porte une bague 24 dans laquelle est ménagée une gorge ; un petit levier s'engage dans cette gorge et produit par sa rotation un déplacement longitudinal de l'axe 23 ; les leviers 22 sont entraînés avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lui, et, sans abandonner les tiges-poussoirs, viennent porter sur les côtés des cames. Ce déplacement est sans effet sur les leviers d'aspiration, car les cames correspondantes ont le même profil sur toute leur longueur; mais les cames d'échappement portent sur le côté un petit bossage disposé de telle façon qu'elles soulèvent les clapets pendant la période de décompression. Dès qu'on cesse d'agir sur le petit levier ci-dessus, le ressort 27 ramène dans sa position normale les leviers 22, qui évitent le bossage de la came et laissent les clapets d'échappement fermés jusqu'à fin de détente.

149. L'***allumage***, dans les moteurs à un cylindre, se fait par piles et bobines, dans ceux à deux cylindres par une batterie de piles et par une magnéto à basse tension (il est donc double), enfin dans les derniers quatre-cylindres, par une magnéto Nilmélior.

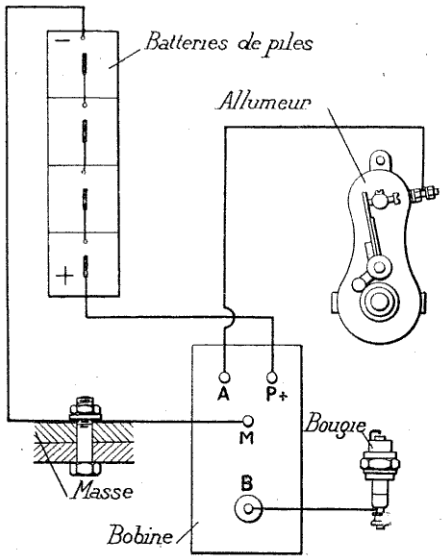


FIG. 449. — Schéma de l'allumage des monocylindres D. B.

Dans l'allumage par piles et bobines, un premier circuit dit primaire, issu des piles (*fig.* 449), passe par le commutateur fixé sur la boîte de la bobine, traverse la bobine, l'allumeur, et revient à la masse. Le courant secondaire, issu de la bobine, s'en va à la bougie et revient également à la masse.

L'allumeur comporte une lame de contact L (*fig.* 450), qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte sur une came D tournant deux fois moins vite que le moteur ; il en résulte tous les deux tours un contact suivi d'une rupture entre la lame et la vis platinée N. L'avance à l'allumage s'obtient en faisant tourner, au moyen de la manette d'allumage fixée sur le volant A (*fig.* 451), l'ensemble de l'allumeur autour de la came dans le sens indiqué par la flèche supérieure. Une batterie de piles de rechange, qu'on met en cas d'avarie ou d'épuisement à la place de celle en service, assure la sécurité de l'allumage, la bobine n'étant pas elle-même sujette à dérangement.

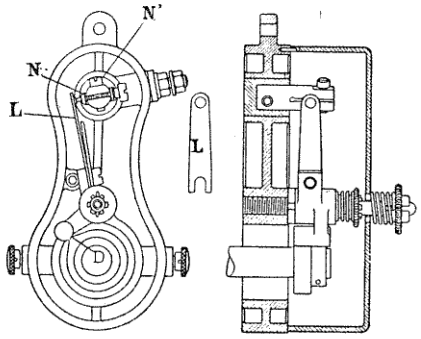


FIG. 450. — Allumeur D. B.

La *magnéto* à haute tension NILMÉLIOR, appliquée aux quatre-cylindres modèle 1908, se compose d'un induit tournant à la vitesse du moteur dans le champ magnétique d'un aimant (**67**). Cette magnéto est elle-même son propre transformateur de tension, l'induit possédant les deux enroule-

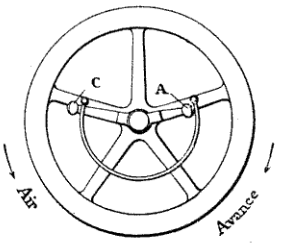


FIG. 451. — Disposition des manettes de commande.

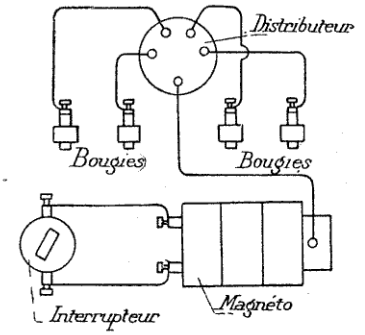


FIG. 452. — Schéma des connexions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ments primaire et secondaire superposés. Le primaire ne s'échappe de la magnéto que pour aller passer au commutateur de la planche et revenir aussitôt ; le secondaire, ou courant d'allumage, s'en va au distributeur de courant, qui l'envoie successivement à chaque cylindre (*fig.* 452).

Chaque bougie possède un isolateur auquel elle est réunie par un fil garni de quelques centimètres ; l'isolateur en porcelaine, avec tête en cuivre, est réuni au distributeur par une barre rigide faite de deux fils tordus. On n'a qu'à appuyer sur la tête pour détacher la barre qui tombe alors d'elle-même.

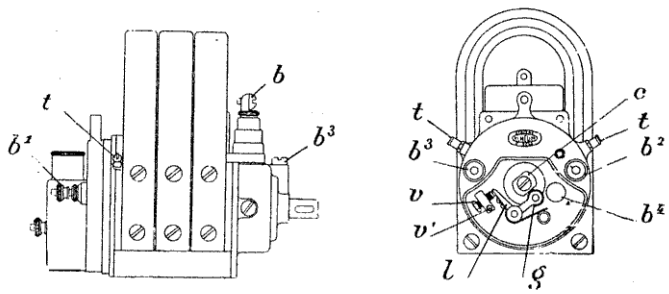


FIG. 453-454. — Magnéto des véhicules D. B.

b, borne de départ et porte-charbon du secondaire ; *b*¹, *b*², *b*³, bornes de départ et de retour du primaire à l'interrupteur ; *b*⁴, porte-charbon, départ du primaire : *b*⁵, porte-charbon, retour à la masse du primaire.

La magnéto (*fig.* 453-454) porte son allumeur, qui se compose d'une came *c* à deux bosses calée sur l'axe d'un galet *g* roulant sur la came, et porté par un levier à sonnette dont l'autre extrémité constitue la lame *l* de contact. A cet effet, elle est munie d'une pastille de platine qui s'applique sur une vis *v* également platinée et la quitte chaque fois que la came soulève le galet. C'est cette rupture qui produit l'allumage ; elle a lieu deux fois par tour puisque l'induit, et par conséquent la came, tourne à la vitesse du moteur.

L'allumeur est bien réglé si le contact est assuré quand le galet repose sur le plat de la came. Il faut veiller à ce que cela ait toujours lieu, mais il ne faut absolument pas traiter cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

allumeur comme un allumeur ordinaire et donner du serrage à la vis platinée : la lame de contact, qui est rigide, pourrait en souffrir.

La bougie que l'on doit employer avec cet allumage est la nouvelle bougie rose à disque (*fig.* 455); l'étincelle jaillit entre la monture *m* et un disque métallique *d* exactement concentrique : ce disque est percé à l'extrémité d'une tige qui est isolée de la monture par la porcelaine qu'elle traverse, pour se terminer par un écrou molleté formant serre-fils. On voit de suite que l'étincelle pouvant se produire sur

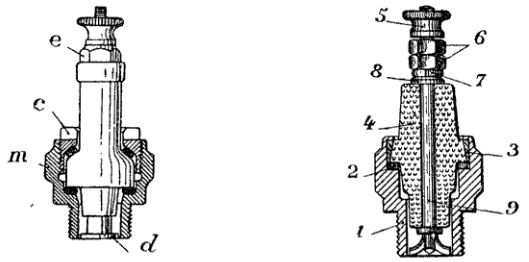


Fig. 455. — Bougie rose D. B.

1, disque métallique; 2, rondelle; 3, matière isolante; 4, porcelaine; 5, écrou molleté; 6, écrous de serrage; 8, rondelle; 9, tige.

tout le pourtour du disque, c'est-à-dire en une infinité de points, l'usure est réduite dans de grandes proportions et la régularité de l'éclatement assurée.

Cette bougie est inincrassable et elle est aussi entièrement démontable; la tige centrale est libre dans la porcelaine, il n'y a pas d'agglutinant pour le fil de nickel, ni de soudure pour le culot; des disques d'amiante assurent seuls l'étanchéité, et chaque élément dont se compose la bougie peut être aisément remplacé. Le remontage demande toutefois de l'attention, à cause de la garniture d'amiante et de la nécessité de remettre le disque bien au centre. Cette nouvelle bougie est de couleur rose, l'ancienne était verte (1).

(1) *Le de Dion-Bouton*, n° 134.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'avance à l'allumage est fixe, ayant été réglée une fois pour toutes à l'atelier lors de la mise au point au moyen du plateau qui porte l'allumeur.

150. Le ***carburateur*** diffère suivant les types de véhicules. Dans les quatre-cylindres 1908, il se compose de deux parties (*fig.* 205), le carburateur proprement dit, appelé aussi boîte du niveau constant, qui est boulonné sur le carter du moteur, et l'appareil de réglage et d'air additionnel, qui fait partie de la tuyauterie d'aspiration.

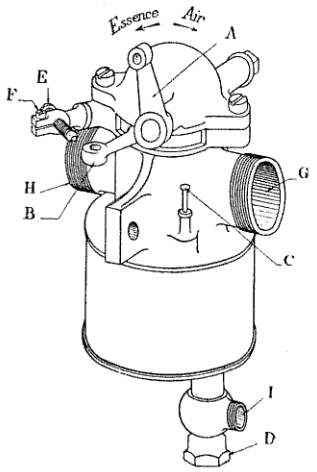


FIG. 456. — Carburateur de monocylindre D. B.

A, commande de carburation; B, étrangleur réglant la quantité de gaz admis dans le cylindre; C, tige du flotteur; E, vis de butée limitant la course de l'étrangleur; I, tubulure d'arrivée d'essence; H, tubulure d'arrivée d'air chaud; G, tubulure de sortie du mélange.

Le premier appareil, destiné à produire un gaz très riche, est constitué par un gicleur pulvérisant l'essence dans un courant d'air aspiré par le moteur. Un réservoir annulaire entourant le tube d'aspiration alimente le gicleur ; le niveau de l'essence y est maintenu constant grâce à un flotteur, également annulaire, qui commande au moyen d'un petit balancier le pointeau d'arrivée d'essence. Le mélange d'air et d'essence pulvérisée ainsi produit traverse un réchauffeur où circule de l'eau chaude venant des cylindres et y prend l'état gazeux.

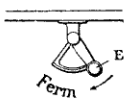


FIG. 457.

E, manette d'étrangleur fixée sur la plauche garde-crotte.

L'appareil de réglage détermine, d'une part, la composition du mélange explosif, grâce à une soupape à ressort qui laisse entrer d'autant plus d'air que la dépression est plus forte, et, d'autre part, la quantité de gaz admis aux cylindres, au moyen d'un boisseau qui constitue l'étrangleur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont il a été déjà parlé. La disposition de l'appareil de réglage assure un mélange très intime et très homogène du gaz riche et de l'air additionnel.

La figure 456 représente la disposition du carburateur DE DION-BOUTON pour monocylindre. Ce carburateur est aussi à pulvérisation; l'essence jaillit par une tubulure appelée gicleur dans un courant d'air chaud aspiré par le moteur. Le niveau d'essence est maintenu constant grâce à un flotteur qui commande automatiquement l'ouverture ou la fermeture d'un

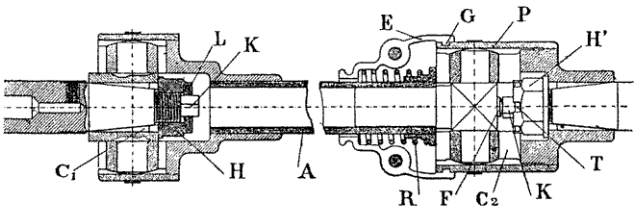


FIG. 458. — Accouplement du moteur et du changement de vitesse.

A, arbre à cardans; C_1, C_2, cardans; P, frette de cardan; G, gorge; E, demi-boîtes (il y en a 2, réunies par des boulons); R, ressort maintenant le grain F appuyé contre l'écrou d'arrêt.

pointeau; une tige C permet d'enfoncer le flotteur, ce qui, en ouvrant le pointeau, fait affluer l'essence. L'essence arrive par la turbine I et l'air chaud par H; quant au mélange, il sort par G.

Le carburateur comporte deux commandes : l'étrangleur B, qui règle la pression du gaz admis dans le cylindre, et la commande de carburation A, réglant la composition de ce gaz. La manette de carburation se trouve dans le volant de direction, la manette de l'étrangleur est fixée sur la planche garde-crotte. L'étrangleur est aussi commandé par la pédale de droite qui le ferme avant de commencer à freiner.

Une vis de butée E, munie d'une vis de blocage F, limite la course de l'étrangleur pour qu'il ne puisse faire arrêter le moteur.

151. La ***transmission*** est la même dans les divers véhi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cules. On sait que ses deux organes principaux sont l'embrayage et le changement de vitesse.

L'*embrayage* (*fig.* 459) est obtenu par le serrage entre deux plateaux en bronze 2 et 3, entraînés par le moteur, d'un disque en acier 4 relié à l'arbre primaire du changement de vitesse

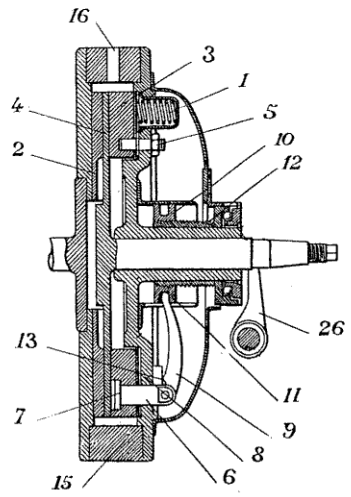


FIG. 459. — Embrayage à plateaux métalliques *de Dion-Bouton*.

1, ressort d'embrayage ; 2, plateau de bronze fixe ; 3, plateau de bronze mobile ; 4, plateau d'acier ; 5, goujon d'entraînement ; 6, 7, pièces de tirage du plateau mobile ; 8, plateau d'entraînement ; 9, levier de débrayage ; 10, 11, pièces de réglage ; 12, pièce de poussée filetée ; 13, 14, points d'appuis du levier de débrayage ; 15, volant ; 16, évent pour la ventilation des plateaux ; 26, fourchette de débrayage.

par le cardan longitudinal. Des ressorts à boudin 1, au nombre d'une vingtaine, produisent le serrage en venant appuyer dans le fond d'alvéoles creusées dans le plateau mobile 8. Pour débrayer, on appuie sur la pédale gauche ; le plateau 3 s'écarte en comprimant les ressorts et le disque 4 n'est plus entraîné.

L'*appareil de changement de vitesse* se compose de la boîte des vitesses proprement dite et du différentiel. La boîte des vitesses (*fig.* 460) renferme deux arbres parallèles : l'arbre principal C et l'arbre secondaire H. Le premier tourne à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même vitesse que le moteur, dont il reçoit la puissance par l'intermédiaire de l'embrayage; il porte quatre pignons. L'arbre secondaire est muni de clavettes qui entraînent deux

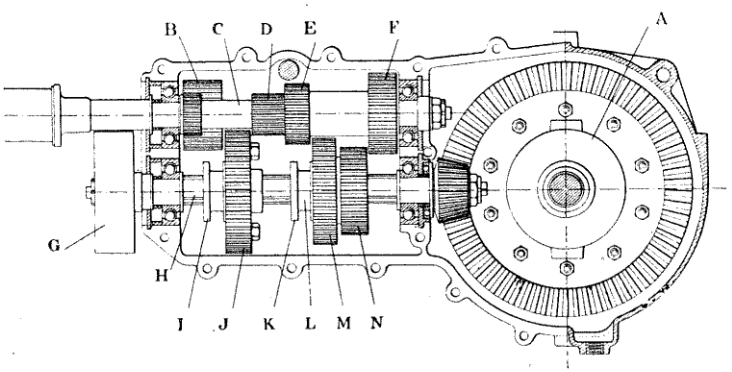


Fig. 460. — Appareil de changement de vitesse D. B. (coupe schématique).

C, arbre primaire ; H, arbre secondaire ; I, K, trains baladeurs ; J, D, engrènement de 1re vitesse ; M, E, engrènement de 2e vitesse ; N, F, engrènement de 3e vitesse ; J, B, engrènement de marche arrière.

trains baladeurs I, K, dont les déplacements le long de l'arbre permettent de réaliser quatre combinaisons d'engrenages:

J avec D	première vitesse
J avec B.....	marche arrière
M avec E.....	deuxième vitesse
N avec F.....	troisième vitesse

Dans la figure 460, le changement de vitesse est représenté au point mort, par suite aucun train d'engrenage n'est en prise.

Chaque train porte une gorge G qui reçoit la fourchette de baladage correspondante; c'est au moyen de ces fourchettes et par l'intermédiaire de la commande de baladage que le levier à main (*fig.* 462) produit la translation des trains.

L'arbre secondaire porte à l'avant la poulie de frein sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appareil, et à l'arrière un pignon cône engrenant avec la cou-

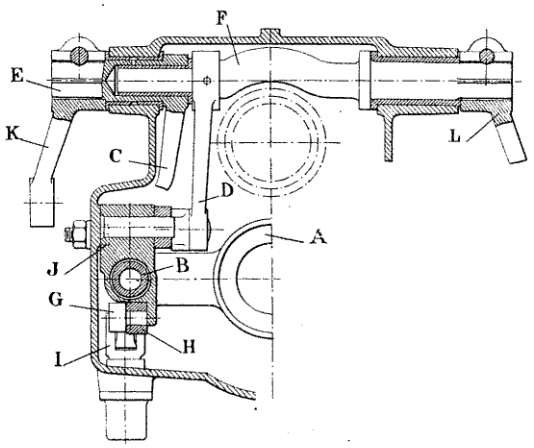


FIG. 461. — Commande de balladage dans les monocylindres et les 4 cylindres D. B.

A, fourchette de balladage; B, axe guide des fourchettes; C, D, leviers de commande des fourchettes; E, P, axes des leviers; G, H, I, dispositifs des leviers, ressorts et galets fixant les fourchettes; J, moyeu de la fourchette; K, L, leviers extérieurs.

ronne du différentiel. La boîte du différentiel, solidaire de la couronne, entraîne par les pignons satellites deux pignons cônes solidaires des arbres des roues motrices par les cardans transversaux. Grâce à un dispositif spécial à ces véhicules, ce sont les fusées creuses emmanchées dans les patins de ressort, et non les arbres des roues motrices, qui supportent le poids du châssis.

La figure 464 représente l'appareil de changement de vitesse des quatre cylindres.

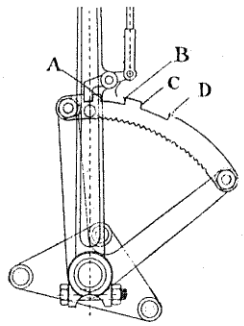


FIG. 462. — Secteur du levier des vitesses D. B.

A, position du point mort; B, position de petite vitesse; C, position de moyenne vitesse; D, position de grande vitesse.

Les cardans constituent aussi une des principales caractéristiques des véhicules de Dion-Bouton; ils sont tous identiques et constitués comme suit :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

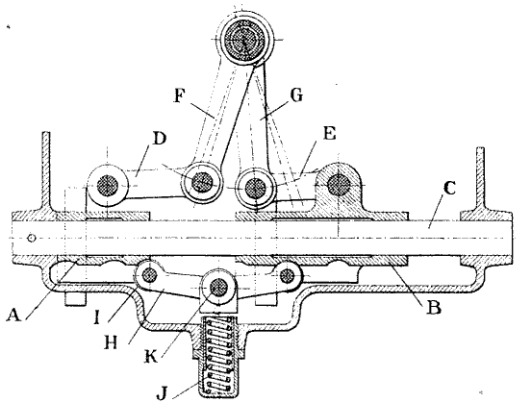


FIG. 463. — Commande des trains balladeurs dans les monocylindres D. B. 1908.

A, B, fourchettes de commande des trains balladeurs ; C, arbre ; D, E, biellettes ; P, G, leviers ; H, levier d'arrêt des fourchettes ; I, galet ; J, ressort de poussée du levier H ; K, chape.

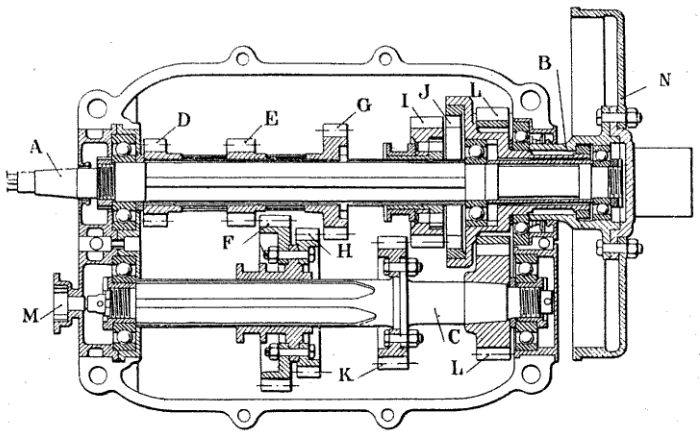


FIG. 464. — Appareil de changement de vitesse D. B. moteurs 30 chevaux.

A, arbre primaire ; B, arbre secondaire ; C, arbre intermédiaire ; D, pignon de marche arrière ; E, pignon de 1re vitesse ; G, pignon de 2e vitesse ; I, pignon de 3e vitesse ; F, couronne de 1re vitesse ; H, couronne de 2e vitesse ; K, couronne de 3e vitesse ; J, crabot de prise directe ; L, L, prise constante ; M, pompe à huile ; N, poulie de frein.

Sur l'un des arbres, une tête munie d'une frette retenue par un bonhomme d'arrêt (*fig.* 465-466) ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur l'autre arbre, le cardan proprement dit, composé de deux tourillons munis de dés en bronze à section carrée, coulissant dans une rainure de la tête du cardan.

Ce dispositif permet de transmettre intégralement le mou-

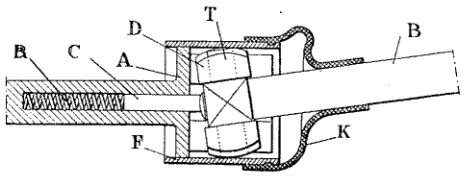


Fig. 465. — Détail d'un cardan D. B.

vement de rotation d'un arbre à l'autre, tout en permettant aux deux arbres de prendre une certaine obliquité l'un par rapport à l'autre.

Freins. — Les divers véhicules sont munis de deux freins indépendants :

Le frein sur appareil (*fig.* 268), commandé par la pédale

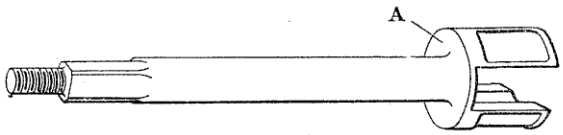


Fig. 466. — Arbre à cardan D. B.
A, tête de cardan.

actionnant également l'étrangleur; la poulie du frein est serrée entre deux sabots dont les déplacements et l'usure sont égaux, grâce à l'emploi d'une combinaison de bielles articulées ;

Le frein sur roues arrière (*fig.* 269), commandé par un levier à main qui, d'autre part, débraie le moteur avant de freiner. En poussant le levier vers l'avant, on fait incliner la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

palette, ce qui amène les sabots au contact de la poulie en les forçant à s'écarter.

Les organes différant de ceux décrits ci-dessus et appartenant à d'autres types de moteurs ont été décrits précédemment; la figure 467 représente le différentiel des véhicules 30 chx type BJ, et la figure 468 le schéma de l'allumage.

La consommation d'essence des omnibus 12 chx 4 cylindres

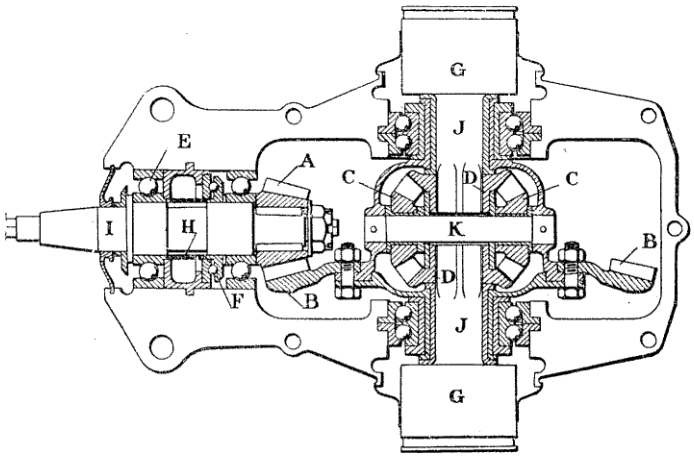


FIG. 467. — Différentiel D. B. 30 chevaux.

A, pignon; BB, couronne d'angle; C, pignon satellite; D, pignon entraînant les cardans transversaux; E, roulement à billes; F, boîte à billes; G, G, têtes de cardans; H, ressort entretoise; I, axe du pignon conique; J, J, axes des têtes de cardans; K, axe des pignons planétaires.

marchant à une vitesse maximum de 25 km à l'heure est de 12 à 16 l par 100 km, soit 1 l pour 6 à 8 km; pour les camions 15 chx marchant à la vitesse maximum de 15 km, elle est de 20 à 25 l par 100 km, soit de 1 l pour 4 ou 5 km.

La consommation d'huile est de 1 l à 1 1/2 l pour 100 km.

152. Dans une notice sur la ***conduite***, l'***entretien*** et le ***graissage*** des véhicules munis du moteur quatre-cylindres type BH modèle 1908, les constructeurs donnent les conseils pratiques ci-après.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mise en marche et conduite. — Avant toute chose, on doit s'assurer que la voiture est en ordre de marche, c'est-à-dire les réservoirs pleins (eau, huile, essence) et les organes graissés convenablement (voir ci-après), et s'assurer aussi que les leviers à main sont à la position d'arrêt : le levier des vitesses au point mort, le levier de frein poussé à fond vers l'avant.

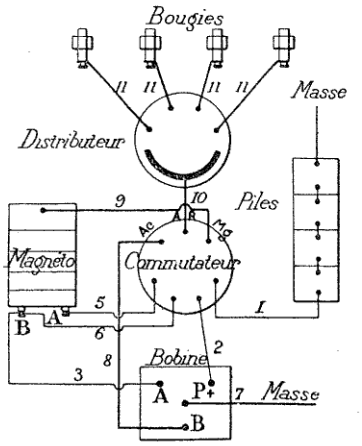


FIG. 468. — Schéma de l'allumage des moteurs D. B. 4-cylindres type BJ.

Il faut ensuite :

Ouvrir le robinet d'essence placé sous le siège ;

Mettre le commutateur à la position « Marche » ;

Placer la manette d'étrangleur au milieu de sa course ;

Agiter le flotteur du carburateur, afin de faire venir l'essence, en tirant par petites secousses sur l'anneau de la tringle qui commande le levier appuyant sur le flotteur.

Il n'y a plus ensuite qu'à tourner la manivelle de mise en marche, rapidement, dans le sens des aiguilles d'une montre, en l'enfonçant fortement pour engrener la dent de loup. Le moteur part aussitôt.

Il faut immédiatement abandonner la manivelle, étrangler les gaz afin d'éviter l'emballement du moteur, et s'installer au volant, puis rouvrir l'étrangleur, enfoncer les pédales, ramener en arrière le levier de frein mettre le levier des vitesses en première vitesse, en appuyant sur le bouton-poussoir de la poignée et en pousasnt le levier à fond vers l'avant.

Pour partir, il suffit alors de laisser relever doucement les pédales, celle de droite précédant un peu l'autre : l'embrayage se produit doucement, l'étrangleur s'ouvre et la voiture démarre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La vitesse s'étant accélérée, on passe en deuxième vitesse. Pour cela, il faut appuyer sur les pédales en évitant de freiner, ramener le levier des vitesses au point mort, puis en arrière et à fond de course sans appuyer sur le poussoir, laisser remonter les pédales comme précédemment.

La manœuvre est identique pour passer en troisième vitesse ou en marche arrière.

Pour passer en troisième vitesse, il faut pousser le levier en avant sans appuyer sur le bouton, et, pour passer en marche arrière, tirer en arrière en appuyant sur le bouton.

Pour qu'un changement de vitesses s'effectue dans de bonnes conditions, il faut que les deux pignons qui doivent entrer en prise aient sensiblement, au moment du passage, la même vitesse tangentielle, d'où nécessité, quand on passe à une vitesse supérieure, de ralentir le moteur et de déplacer rapidement le levier des vitesses, afin que l'allure de la voiture ne diminue pas.

Pour passer à une vitesse inférieure, il faut empêcher seulement l'emballement du moteur et mouvoir doucement le levier ; et pour stopper, appuyer sur les deux pédales en enfonçant celle de droite sans brusquerie et à plusieurs reprises jusqu'à arrêt complet, puis serrer le frein sur roues arrière en poussant le levier à fond, et ramener au point mort le levier des vitesses.

Pour un arrêt de courte durée, on doit laisser le moteur en marche, mais fermer l'étrangleur. Si, au contraire, l'arrêt doit se prolonger, il faut arrêter le moteur en tournant le commutateur et fermer le robinet d'essence.

En hiver, il est bon, dans ce cas, de vider le radiateur à cause de la gelée, à moins qu'on ait eu la précaution d'additionner l'eau d'environ 20 0/0 de glycérine.

Pendant la marche, on règle la vitesse en agissant sur la commande d'étrangleur au moyen de la manette ou de la pédale de droite, qui, il ne faut pas l'oublier, commande aussi le frein sur appareil dont l'action commence dès que l'étrangleur est à bout de course.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cas de non-fonctionnement du moteur. Marche à suivre pour y remédier. — Si le moteur refuse de se mettre en marche, on doit, tout d'abord, s'assurer que les dispositions indiquées au chapitre précédent ont bien été prises et, notamment, que le commutateur est bien à la position « Marche ». Il faut introduire alors quelques gouttes d'essence dans le clapet de l'appareil de réglage, surtout l'hiver où l'essence se vaporise plus difficilement. Si, après quelques tours de manivelle, le moteur ne part toujours pas, il reste à vérifier deux choses : l'allumage et la carburation.

Allumage. — La première chose à faire est de détacher le fil qui amène le courant au distributeur et de tenir son extrémité près d'une partie métallique quelconque, tuyauterie d'aspiration et carburateur exceptés, à cause du danger d'explosion : il devra se produire, quand on tournera la manivelle, des étincelles entre l'extrémité du fil et la masse ; mais, comme la magnéto tournera lentement, ces étincelles seront très faibles, et il faudra même, pour qu'il y en ait, que la distance entre le fil et la masse soit au plus de 1/2 mm.

Si des étincelles se produisent, il faut, avant de conclure, s'assurer que les goupilles du manchon d'entraînement de l'induit ne sont pas cisaillées et coincées, car, s'il en était ainsi, la magnéto, décalée, fonctionnerait en allumant à faux.

Si l'on n'a pas eu d'étincelles, il faut examiner le fil du secondaire, qui peut être cassé ou en contact quelque part avec la masse par une partie dénudée, et, dans ce cas, le changer. S'il est intact ou bien si le changement de fil ne donne aucun résultat, il faut vérifier si ce n'est pas l'interrupteur qui fonctionne mal, et, pour cela, réunir directement les deux bornes b^2 et b^3.

Si l'on n'obtient pas encore de résultat, il conviendra d'examiner les parties accessibles de la magnéto et enlever à cet effet le couvercle de l'allumeur, vérifier les trois charbons qu'un excès d'huile peut avoir encrassés (*fig.* 453), vérifier le réglage de l'allumeur et le refaire s'il est nécessaire (voir ci-après).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est probable qu'à ce moment l'avarie aura été trouvée et réparée, à moins que ce ne soit la magnéto elle-même qui soit endommagée et qu'on enverra alors à la réparation.

Carburation. — L'allumage fonctionnant normalement, si le moteur ne part pas, il faut examiner le carburateur et la canalisation d'essence, et notamment vérifier si la commande de l'étrangleur fonctionne bien, s'il y a de l'essence dans le réservoir, si le robinet est bien ouvert et si le trou d'air du bouchon du réservoir n'est pas obstrué.

Si l'essence arrive bien, et si on la voit couler sous le carburateur quand on tire sur la tirette, il se peut qu'elle ne vienne pas au gicleur, mais qu'elle s'écoule par le robinet de vidange; c'est qu'alors, à un endroit quelconque, le carburateur est encrassé. Cela peut provenir, soit du tamis, qu'il faut retirer en enlevant la tubulure du robinet de vidange, et nettoyer, soit des canaux G et H (*fig.* 206), qu'on débouche après avoir démonté la tubulure de l'ajutage, fixée par les deux vis K, et après avoir enlevé le bouchon I. Ce dernier, étant creux et pouvant contenir de l'eau, ne devra être remonté qu'après avoir été vidé.

Ces opérations nécessitent quelques précautions : d'abord agir toujours sans brusquerie et avec les efforts minima, recommandation qui s'applique à tous les réglages ou démontages, mais principalement à ceux qui intéressent le carburateur, dont les organes sont très délicats. Avoir soin de maintenir la tubulure quand on retire les vis qui la soutiennent. Prendre garde au joint et ne pas l'oublier en remontant la pièce, précaution qui s'applique également aux bougies, bouchons de clapet et, en général, à toutes pièces de tuyauterie ou d'obturation. Agir enfin avec précaution en débouchant le conduit G, afin de ne pas crever le flotteur : mieux vaut se servir d'un fétu de paille que d'une aiguille à tricoter.

Si l'essence ne sort ni par le gicleur, ni par le robinet de vidange, c'est qu'une impureté bouche le tuyau, qu'il faut démonter et souffler avec la pompe à pneus.

Si, au contraire, un excès d'essence se produit, on devra

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appuyer sur la tige du pointeau qui dépasse le couvercle du niveau constant; si elle s'enfonce de plus de 3 mm. c'est que le pointeau est déréglé ou le flotteur crevé; si on éprouve une résistance, c'est que le flotteur est coincé. Il faut alors enlever le couvercle, après avoir démonté le tuyau de départ des gaz, et examiner le flotteur. Le trou pouvant être invisible, plonger le flotteur dans l'eau tiède (eau du radiateur), afin de dilater l'air intérieur, et le tourner en tous sens : on verra s'en échapper des bulles, comme d'une chambre à air crevée.

Pour le réglage du pointeau, voir ci-après.

Le coincement du flotteur, s'il est grave, nécessitera l'envoi du carburateur à la réparation ; ce coincement est généralement dû, ainsi d'ailleurs que les accidents précédents, aux mauvais traitements infligés au carburateur par des chauffeurs peu soigneux.

Il ne faut toucher sous aucun prétexte au ressort du clapet d'air additionnel, dont le réglage définitif a été fait à l'usine.

Fonctionnement défectueux, ratés. — Lorsque les explosions ne se produisent pas régulièrement, on dit que *le moteur a des ratés*. Les ratés peuvent intéresser les quatre-cylindres et provenir alors d'un mauvais réglage de l'allumeur ou du pointeau du carburateur (voir ci-après); mais, dans la plupart des cas, c'est un cylindre qui fonctionne mal. Il faut examiner la bougie et les clapets de ce cylindre.

Pour aller rapidement, le mieux est de procéder comme suit :

Vérifier la compression de chaque cylindre en tournant lentement la manivelle de mise en marche : on doit sentir quatre résistances égales et successives, chaque fois que l'on fait faire deux tours au moteur; si une résistance est moindre que les autres, c'est qu'une des compressions est défectueuse. Laquelle? Pour le savoir, on ouvre le robinet de compression, ce qui supprime une résistance et la remplace par un sifflement. Les cylindres numérotés 1, 2, 3, 4, de l'avant à l'arrière,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fonctionnant dans l'ordre 1, 2, 4, 3, on peut déduire de là quel est le cylindre malade. Pour le vérifier, on ferme le robinet précédemment ouvert, on ouvre celui du cylindre soupçonné. On supprime ainsi la résistance plus faible; les trois qui subsistent doivent être égales.

Le manque de compression provient, soit d'un joint défectueux, soit plus souvent d'un clapet dont le siège est piqué ou dont la queue grippe dans son guide.

On commence par les clapets (voir ci-après *Réglage*).

On examine ensuite les joints, et on les change au besoin.

Si toutes les compressions sont bonnes, les ratés sont dus à l'allumage; les bougies peuvent être encrassées : on les dévisse, on les démonte, on les nettoie et on les remplace après les avoir essayées en tournant la manivelle, la monture de la bougie étant placée au contact de la masse.

Le tableau ci-après donne la marche à suivre pour trouver et réparer un accident d'allumage dans les moteurs de Dion types BI et BJ.

Découvrir l'allumeur, le faire fonctionner avec le doigt, après avoir eu soin, au besoin, de tourner la manivelle d'un petit angle, pour dégager le galet qui peut être soulevé par la came :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A

Il ne se produit pas d'étincelle de rupture à l'extrémité de lavis platinée.

Vérifier l'ampérage des piles.

C

Les piles donnent plus de 3 ampères.

Vérifier le circuit primaire : l'état des fils 1, 2, 3, 4 du schéma et de leurs attaches sur les bornes, principalement dans le commutateur (*fig.* 468).

Vérifier le réglage de l'allumeur et y procéder au besoin (voir chapitre *Réglage*). Si, au cours de ces recherches, on pense avoir découvert la cause du mal, y remédier de suite et ausculter de nouveau l'allumeur.

Il se produit des étincelles.

Essayer de mettre en route. Si le moteur ne part pas, on est ramené au cas B.

Les piles donnent moins de 3 ampères, ou même 0 ampère.

Vérifier et réparer au besoin les fils reliant les piles entre elles. Mesurer de nouveau l'ampérage.

Les piles donnent moins de 3 ampères.

Changer les piles qui sont usées, ce qui nous amène au cas D.

Il ne se produit pas d'étincelles.

Détacher le fil 2 de la bobine et toucher à petits coups la masse avec son extrémité libre.

Il se produit des étincelles au bout du fil 2.

Rattacher 2, détacher 3 de la magnéto, et agir de même.

Il se produit des étincelles au bout du fil 3.

Revoir encore le réglage de l'allumeur ; s'il est irréprochable, c'est qu'une connexion intérieure est défectueuse: faire examiner la magnéto par un spécialiste.

Il ne se produit pas d'étincelles au bout du fil 3.

Il y a un court-circuit dans le primaire de la bobine, qu'il faut changer et envoyer en réparation.

D

Les piles donnent plus de 3 ampères.

Ausculter l'allumeur.

Il se produit des étincelles.

Essayer de mettre le moteur en marche ; s'il refuse, on se retrouve au cas B.

Il ne se produit pas d'étincelles.

On se retrouve au cas C.

Il ne se produit pas d'étincelles au bout du fil 2.

Revoir 1, 2, 4, et le commutateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Découvrir l'allumeur, le faire fonctionner avec le doigt, après avoir eu soin, au besoin, de tourner la manivelle d'un petit angle, pour dégager le galet qui peut être soulevé par la came :

B

Il se produit des étincelles de rupture à l'extrémité de la vis platinée.

Examiner le circuit secondaire. Détacher le fil 10 du distributeur. Approcher son extrémité de la masse et faire fonctionner l'allumeur, soit au doigt, soit en tournant la manivelle.

E

Il se produit des étincelles entre le fil et la masse.

Démonter et essayer successivement, la monture à la masse, deux ou trois bougies.

Les bougies ne fonctionnent pas.

Détacher les fils de bougies. Approcher successivement de la masse leurs extrémités.

Il ne se produit pas d'étincelles au bout du fil de bougie.

Examiner les fils 11, leurs attaches. Enlever le couvercle du distributeur dont les touches peuvent être encrassées ou dont la lame peut être faussée.

Il se produit une étincelle au bout du fil de bougie.

La bougie est mauvaise, la traiter comme il est dit au chapitre *Réglage* ou la changer.

Les bougies fonctionnent.

Voir la carburation.

Il se produit des étincelles entre le fil et la masse.

Essayer de mettre en route. Si le moteur refuse, on se retrouve au cas E.

F

Il ne se produit pas d'étincelles entre le fil et la masse.

Vérifier les attaches des fils 7, 8, 10, ainsi que leur isolement, qui doit être irréprochable

Apporter un soin tout particulier aux attaches de fil dans le commutateur où des courts-circuits peuvent se produire par suite de fils mal placés ou trop dénudés. Ne pas hésiter à remplacer un fil douteux. Une fois le circuit en bon état, essayer de nouveau d'obtenir des étincelles.

Il ne se produit pas d'étincelles.

Il y a un court-circuit dans le secondaire de la bobine. La changer et l'envoyer en réparation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Graissage. — C'est principalement du soin et de la méthode apportés au graissage que dépendent la bonne marche et la durée de la voiture.

Les organes enfermés dans des carters: moteur, changement de vitesse et différentiel, sont graissés à l'huile; un graisseur coup de poing, à quatre voies, fixé sur la planche garde-crotte, permet de les graisser sans descendre du siège.

Les principales commandes et les organes de roulement et

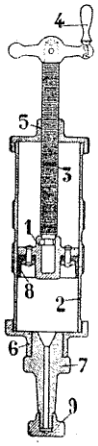


FIG. 469. Seringue à graisse D. B.

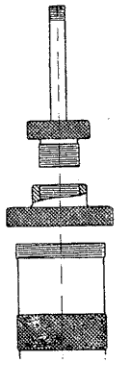


FIG. 470.

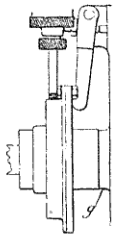


FIG. 471. — Graissage de l'embrayage D. B.

de transmission sont graissés à la graisse consistante, les uns au moyen d'une seringue à graisse (*fig.* 469-470), qui fait partie des accessoires fournis avec la voiture, les autres au moyen de graisseurs « Stauffer » (*fig.* 472) vissés à demeure.

Remplissage des carters. — Les carters doivent contenir de l'huile jusqu'au niveau des orifices de trop-plein. Avant de procéder au remplissage, on enlève les bouchons de trop-plein de l'appareil et du différentiel et on envoie de l'huile avec le graisseur jusqu'à ce qu'elle commence à déborder. On replace alors les bouchons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le cas d'un moteur neuf, il est bon de regarder après quelques tours si le niveau n'a pas baissé, et alors le rétablir afin de remplacer l'huile envoyée par la pompe dans la canalisation.

Graissage en cours de route. — Toutes les heures de marche, il faut envoyer une mesure d'huile au moteur, et environ tous les 90 km une mesure à l'appareil et une mesure au différentiel.

Au bout de 3.000 km, il convient de vidanger complètement la cuvette du moteur en tirant la tringle *ad hoc* sous la traverse avant et la remplir d'huile neuve, comme il a été dit plus haut; même opération doit être faite pour l'appareil et le différentiel.

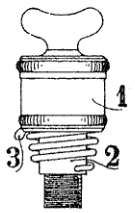


FIG. 472. — Graisseur à graisse *Stauffer*.

1, chapeau; 2, corps du graisseur; 3, pièce d'arrêt qu'il faut abaisser pour dévisser le chapeau.

Graissage à la graisse consistante. — Pour se servir de la pompe, on la remplit d'abord de graisse, puis on la visse, munie d'un ou de deux raccords, si cela est nécessaire, sur l'organe à graisser. On tourne alors la petite manivelle jusqu'à ce que la graisse, suintant par tous les interstices ou par un trou spécial *g*, comme dans le cas de l'embrayage (*fig.* 471), indique la fin de l'opération.

Les trous de graissage, taraudés pour recevoir le petit raccord de la pompe, sont reconnaissables à leurs obturateurs : pour l'embrayage (sur le roulement de poussée) et pour les cardans, c'est une lame pivotante, en acier à ressort, des vis à tête ronde pour les axes de ressort et une vis spéciale pour la boîte de direction. La figure 473 donne d'ailleurs la physionomie de toutes ces pièces. Tous les 500 km on graisse, avec la pompe seule, les quatre moyeux (*fig.* 474) et, avec la pompe munie de son premier raccord, les deux fusées arrière (*fig.* 475) après avoir eu soin d'enlever le bouchon *x* (*fig.* 474); et, tous les 1.000 km, avec la pompe munie de ses deux raccords, l'embrayage (*fig.* 471), les six cardans et la boîte de direction.

Quand l'embrayage est neuf ou qu'il travaille beaucoup (service de ville), il est bon de le graisser plus souvent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On donne quelques tours, à chaque étape, aux quatre Stauffer des chapes de pivotement, un Stauffer plein devant assurer le graissage pendant environ 1.000 km ; on donne aussi de temps en temps un tour à tous les autres Stauffer, surtout par les temps humides.

Par les temps humides, également, il faut verser, au moyen de la burette, quelques gouttes d'huile dans toutes les lumières de graissage, sans oublier celle de la direction, que l'on trouve sous le volant, afin d'éviter la rouille qui rendrait les commandes dures à manœuvrer.

La magnéto, à l'inverse des autres organes, craint l'excès d'huile qui détériore ses charbons ; une petite goutte tous les trois ou quatre jours, dans les trois graisseurs des roulements à billes, suffit largement.

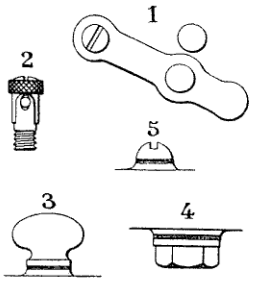


FIG. 473. — Orifices de graissage.

1, trou de graissage des cardans et son obturateur ; 2, obturateur des lumières de graissage de la barre de direction ; 3, bouchon des orifices de trop-plein de l'appareil et du différentiel, et du trou de graissage de la boîte de direction ; 4, bouchon des orifices de vidange de l'appareil et du différentiel ; 5, bouchon des trous de graissage des ressorts.

Il faut enfin tenir plein le godet graisseur à mèche de la came d'allumage.

Même en observant scrupuleusement les indications ci-

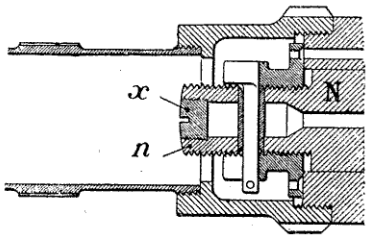


FIG. 474. — Graissage des moyeux.

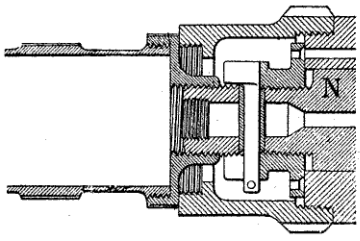


FIG. 475. — Graissage des fusées.

dessus, le graissage ne sera parfait que si les lubrifiants employés sont de bonne qualité, surtout en ce qui concerne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'huile, qui doit pouvoir supporter les températures élevées du moteur. Il convient de n'employer que des huiles minérales américaines de bonne qualité.

Réglage et entretien. — *Cylindres.* — Quand le moteur est dur à tourner, injecter du pétrole par les robinets de décompression et tourner lentement.

Clapets. — Pour démonter un clapet, on commence par dévisser le bouchon supérieur au moyen d'une clef spéciale, fournie avec la voiture, ou même au besoin avec une bande de fer plat d'épaisseur convenable, repliée à angle droit.

On comprime alors le ressort du clapet, qu'on maintient en même temps sur son siège, ce qui permet de dégager la clavette et de sortir le clapet, qui n'est plus maintenu.

Si le siège du clapet présente des piqûres, il faut le roder; pour cela, on l'enduit de potée d'émeri, on remet le clapet en place et on le tourne au moyen d'un tournevis sur lequel on appuie bien verticalement.

L'opération est terminée quand les piqûres ont disparu.

Si la tige du clapet est grippée dans son guide, elle présente des parties brillantes sur lesquelles il suffit de passer quelques coups de toile émeri fine jusqu'à ce que le clapet redescende librement sur son siège.

Il ne faut pas oublier le joint en remontant le bouchon.

Magnéto. — Pour enlever la magnéto, il suffit de défaire la bride en acier à ressort qui la fixe au bâti, puis de démonter le manchon d'entraînement.

Pour que l'allumeur soit bien réglé, il suffit que le contact soit assuré entre la lame et la vis platinée lorsque le galet repose sur le plat de la came.

On doit éviter de trop serrer la vis V (vis platinée), et ne pas oublier de bloquer V′ qui empêche V de se desserrer.

L'avance à l'allumage est convenable quand le plateau qui porte l'allumeur est au milieu de sa course.

Bougies. — Les bougies sont entièrement démontables. Si la porcelaine est cassée, il faut dévisser le collier *c*; si la bou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gie est simplement encrassée, dévisser le serre-fils et l'écrou *e*, et retirer le disque (*fig.* 454).

La porcelaine se nettoie au moyen d'une petite brosse imbibée d'essence, et le tour du disque avec un peu de papier émeri fin. En remontant la bougie, avoir soin de placer le disque bien au milieu et ne pas oublier l'amiante.

Carburateur. — Le pointeau, bien réglé, doit faire au plus 3 mm de course depuis la position d'équilibre jusqu'à l'obturation. S'il est déréglé, voir de combien; enlever le couvercle avec précaution et déplacer la pièce E dans le sens convenable de la même quantité. Bloquer le contre-écrou (*fig.* 206).

Appareil d'air additionnel. — Le réglage du ressort ayant été fait définitivement à l'usine, il n'y aura lieu d'y procéder à nouveau que si le ressort a été cassé ou perdu et par conséquent remplacé par un ressort nouveau.

Quand on marche à l'allure la plus ralentie, la moindre quantité dont on enfonce le clapet doit caler le moteur. Si au contraire le moteur emballe, il faut couper une spire du ressort, qui est trop long et par conséquent trop fort.

Si le ressort est trop court, il y aura à l'allure lente des ratés par manque d'essence. On mettra des rondelles sous le siège du ressort.

Embrayage. — A mesure que l'embrayage s'use, les leviers s'écartent, et il pourrait arriver un moment où, tout jeu disparaissant dans la commande, l'embrayage ne se fasse plus. Il faut desserrer les écrous de blocage et tourner les vis de réglage de manière à ramener les leviers vers l'embrayage de la quantité suffisante pour laisser 1 mm de jeu entre leurs extrémités et le roulement à billes; bloquer ensuite les écrous.

Frein sur appareil. — On rattrape l'usure des sabots en tournant la pièce B (*fig.* 268) dans le sens des aiguilles d'une montre.

Avoir soin de bien la faire retomber dans les crans et ne pas trop rapprocher les sabots, car, après un freinage, la poulie, dilatée, pourrait rester serrée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Frein sur roues arrière. — Pour régler les freins sur roues, soulever la voiture à l'aide d'un vérin placé sous l'essieu arrière, faire tourner les roues à la main, ou même avec le moteur, et pousser sur le levier de frein jusqu'au moment précis où le freinage commence.

Le freinage doit se produire simultanément sur les deux roues ; sinon il faut serrer le ridoir du frein en retard jusqu'à concordance.

Pour modifier le décollage, il suffit de serrer les deux ridoirs de la même quantité en vérifiant la concordance. Ne pas oublier ensuite de bloquer les contre-écrous des ridoirs.

153. *Moteur monocylindre type BG.* — Pour ce moteur, appliqué aussi aux petits omnibus à six, huit et dix places, et dont on a déjà dit quelques mots, il y a lieu de prendre encore les mesures suivantes (provenant des différences du carburateur et de l'allumage).

Mise en marche et conduite. — Placer les manettes dans la position de la figure 457, c'est-à-dire :

Etrangleur ouvert en grand ;

Gaz riche en essence ;

Pas d'avance à l'allumage (cette dernière prescription doit être rigoureusement observée, afin d'éviter un retour de manivelle provenant d'un allumage prématuré) ;

Armer le décompresseur en tirant à soi le bouton molleté qui sort de la traverse avant (côté gauche) ; lui faire faire un quart de tour quand la goupille affleure, afin de le maintenir armé ;

Appuyer par petites secousses sur la tige C du carburateur (*fig.* 456) pour faire venir l'essence ;

Tourner rapidement la manivelle dans le sens des aiguilles d'une montre en poussant dessus fortement pour engrener la dent de loup ;

Aussitôt le moteur parti, abandonner la manivelle, remettre le décompresseur à sa position normale, étrangler les gaz pour éviter l'emballement du moteur, donner un peu d'avance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(la moitié de la course totale de la manette) et autant d'air qu'il est possible sans que le moteur ait de ratés...

En route, également, marcher autant que possible sur l'air tant que le moteur ne donne pas de ratés ni ne faiblit pas. Dès que les manettes du volant occupent des positions qui assurent au moteur une marche satisfaisante, cesser d'y toucher, sauf, cependant, en arrivant au sommet d'une côte, lorsque le moteur commence à peiner et qu'on peut éviter un changement de vitesse en augmentant légèrement la richesse du mélange en essence et en diminuant un peu l'avance.

Cas de non-fonctionnement du moteur. — *Allumage.* — S'assurer encore une fois que l'interrupteur est bien à la position « Marche » et que les piles ne sont pas déchargées, c'est-à-dire qu'elles ne débitent pas moins de 3 amp;

Retirer le couvercle de l'allumeur et faire fonctionner au doigt la lame de contact; une étincelle doit jaillir entre cette lame et la vis platinée:

1° Si l'étincelle ne se produit pas, vérifier tous les contacts et les fils du courant primaire, sans oublier les fils qui relient les piles entre elles et le fil de masse. Si tous ces fils sont en bon état, sans partie dénudée, et si les contacts sont bons, c'est dans le circuit primaire de la bobine qu'il y a quelque chose. Il peut être nécessaire de la changer, mais ce cas est extrêmement rare et, avant, il est bon de se livrer à un supplément d'investigation. Il est quelquefois difficile de vérifier les fils et de les suivre partout, mais, si on a eu la prévoyance d'en emporter quelques mètres de rechange, on peut les monter provisoirement d'une borne à l'autre à la place des anciens et voir ainsi lequel a besoin d'être remplacé;

2° Si l'étincelle se produit à l'allumeur, il faut examiner le circuit secondaire. Pour cela, détacher le fil de la bougie, le présenter à 1 ou 2 mm d'une partie métallique du moteur (le carburateur excepté, à cause du danger d'inflammation de l'essence), et faire fonctionner à la main la lame de contact; il doit se produire une forte étincelle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'étincelle ne se produit pas, examiner le fil de la bougie, qui peut être dénudé, brisé, ou en contact quelque part avec la masse. S'il est en bon état, c'est encore la bobine qui est abîmée, et les observations faites plus haut s'appliquent encore ici.

Si l'étincelle se produit, sortir la bougie, et voir si elle fonctionne ; si la porcelaine n'est pas cassée, la démonter, nettoyer l'endroit d'où jaillit l'étincelle, la remonter, attacher le fil de bougie et mettre la monture en contact avec la masse. L'étincelle doit jaillir, quand on fait fonctionner la lame de contact, entre le disque et la monture, et elle doit être fournie. Si elle est trop faible, elle peut ne plus se produire dans le cylindre au moment de la compression.

Il est nécessaire d'avoir toujours quelques bougies de rechange.

Réglage et entretien. — *Allumeur.* — Cet appareil doit toujours être parfaitement réglé, sinon l'allumage est défectueux. Opérer dans ce cas de la façon suivante :

Desserrer la vis N′ (*fig.* 450), puis la vis platinée N ;

Amener, en tournant lentement la manivelle, la lame D dans la position de la figure ;

Amener la vis N au contact de la lame L en ayant soin de s'arrêter de visser dès que le contact a lieu, serrer encore cependant N d'un demi-tour et bloquer N′. La tension à donner au ressort est de 1/2 tour en partant du repos.

Piles. — Quand les piles donnent moins de 3 amp, il faut les changer.

§ III. — VÉHICULES PANHARD ET LEVASSOR

154. Le ***châssis*** des camions P. L. (*fig.* 476) est constitué par des fers cornières (remplacés par des fers profilés dans les plus gros camions) doublés de bandes de chêne agissant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme amortisseur des vibrations, et par des bandes de tôles

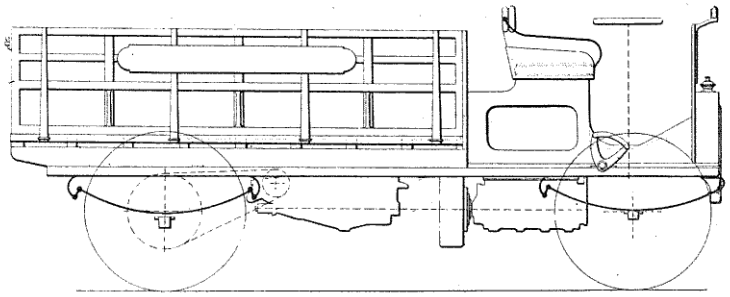


FIG. 476. — Camion P. L.

et des fers plats. La transmission se fait, suivant la puissance

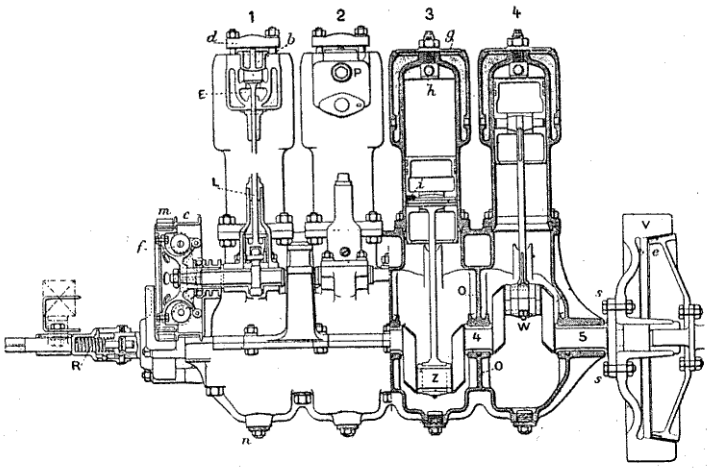


FIG. 477. — Moteur P. L. à 4 cylindres séparés.

1, 2, 3, 4, cylindres ; *d*, *b*, étrier maintenant le couvercle du cylindre *g* ; E, soupape ; L, tige porte-galet ; Z, W, têtes de bielles ; R, arbre de mise en marche : *f*, boules du régulateur ; V, volant ; *e*, embrayage ; *s*, *s*, plateau recevant le volant ; *i*, piston.

des véhicules, par chaînes ou par cardans et engrenages intérieurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

155. Le ***moteur*** (*fig.* 477) est du type à quatre cylindres séparés, le vilebrequin étant soutenu par deux paliers extrêmes et par trois paliers intermédiaires dont les parties inférieures sont rapportées, ce qui permet de démonter la cuvette inférieure du bâti sans enlever le vilebrequin. L'alésage des cylindres varie suivant la puissance entre 80 et 110 mm, et la course des pistons entre 110 et 140 mm. La vitesse de rotation,

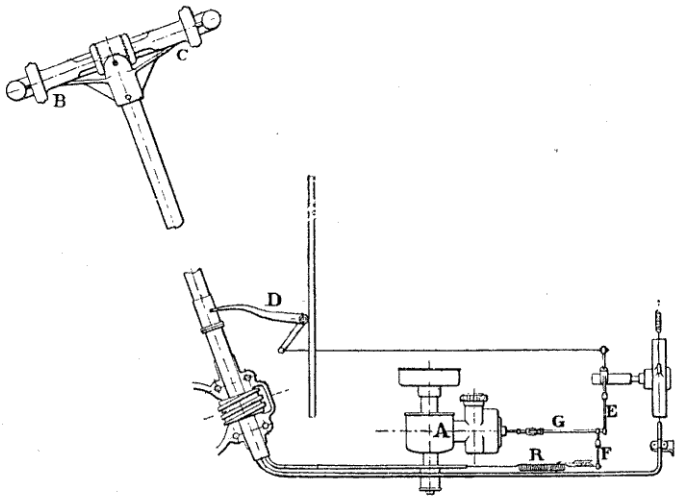


FIG. 478. — Commande du tiroir d'étranglement des gaz.

relativement lente, est comprise entre 720 et 900 tours à la minute. La régulation a lieu sur l'admission, le régulateur actionnant le tiroir du régulateur. A cet effet, sur la roue de dédoublement se trouvent deux olives qui s'écartent dès que la vitesse du moteur dépasse celle de régime. Une pédale D, dite d'*accélérateur* (*fig.* 478), agissant suivant la flèche sur le levier E, permet d'augmenter la vitesse en ouvrant le tiroir du régulateur ; on peut aussi diminuer l'allure du moteur en étranglant l'arrivée des gaz au moyen d'une manette fixée sur le volant de direction, et commandant une biellette G reliée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au tiroir du régulateur par un fil d'acier, attaché au levier F par l'intermédiaire du ressort R. Les figures 479-480 et les lé-

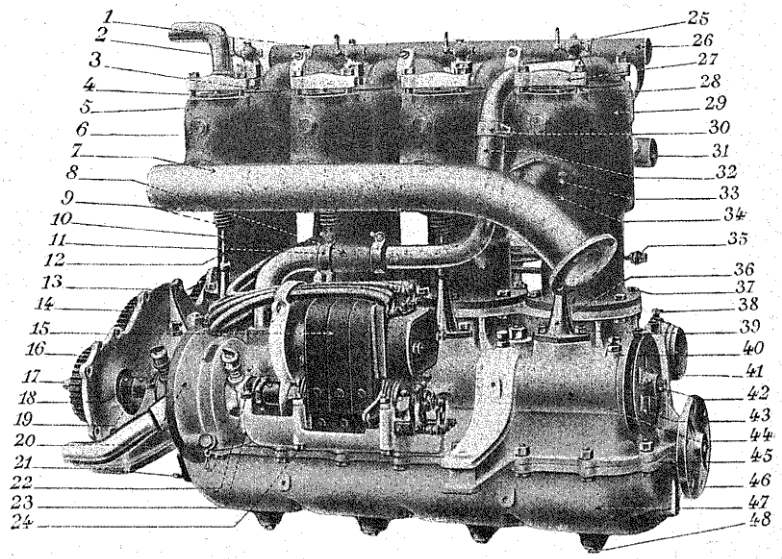


FIG. 479. — Moteur P. L. 4 cylindres type T.

1, support de tube porte-fils ; 2, collier de serrage ; 3, couvercle de cylindre culasse ; 4, goujon fixant la traverse ; 5, bouchon de visite de soupape ; 6, bouchon de visite de circulation d'eau ; 7, collecteur d'échappement ; 8, raccord tube caoutchouc ; 9, ressort d'échappement ; 10, soupape d'échappement ; 11, collier de serrage ; 12, tige porte-galet ; 13, roue de commande (aspiration) ; 14, roue de commande (échappement) ; 15, magnéto ; 16, couronne dentée de commande de pompe et magnéto ; 17, arbre de commande de pompe et magnéto ; 18, douille d'entraînement (mâle) ; 19, douille d'entraînement (femelle) ; 20, pompe ; 21, goujon fixant le couvre-engrenages ; 22, chapeau de fixation de pompe ; 23, boulon de fixation de la pompe ; 24, boulon de fixation de la magnéto ; 25, robinet de décompression ; 26, tube porte-fils ; 27, traverse fixant le bouchon de visite ; 28, bouchon de visite de soupape ; 29, cylindre culasse ; 30, collier de serrage ; 31, collecteur d'aspiration ; 32, raccord tube de caoutchouc ; 33, goujon fixant la bride du collecteur ; 34, ressort d'échappement ; 35, raccord bronze de tuyauterie ; 36, guide de tige porte-galet ; 37, boulon reliant le cylindre au bâti ; 38, vis pointeau de palier d'arbre à came ; 39, goujon fixant le bâti ; 40, vis pointeau fixant le palier ; 41, couvercle arrière du logement d'arbre à came ; 42, arbres à cames d'échappement ; 43, poulie du graisseur Dubrulle ; 44, bâti supérieur ; 45, boulon reliant les 2 bâtis ; 46, plateau du vilebrequin ; 47, bâti inférieur ou cuvette ; 48, bouchon de vidange.

gendes qui les accompagnent montrent les diverses pièces d'un moteur 4-cylindres type T.

Le graissage du moteur est effectué au moyen d'un graisseur DUBRULLE dont la légende, jointe à la figure 481, indique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le mode de fonctionnement, et qui débite automatiquement, en maintenant la hauteur de l'huile constante dans le carter,

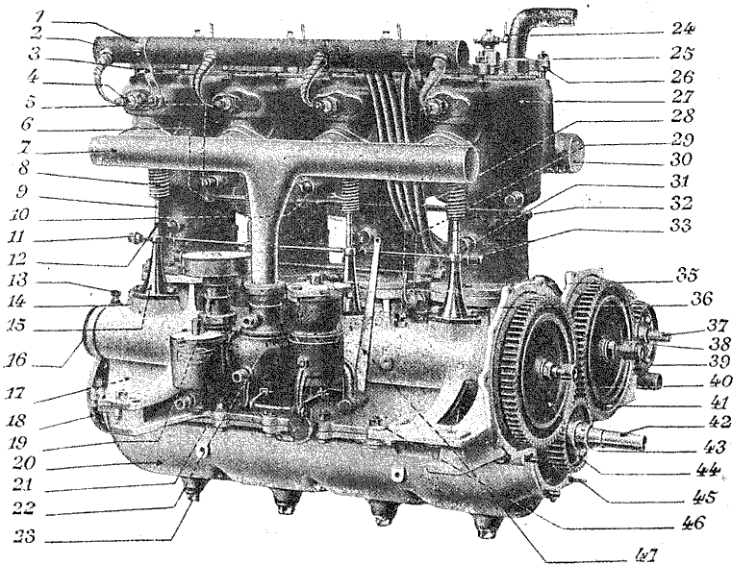


FIG. 480. — Moteur P. L. 4 cylindres type T.

1, tube porte-fils ; 2, bouchon du porte-fils ; 3, support du porte-fils ; 4, bougie d'allumage ; 5, vis percée de raccord de graissage ; 6, raccord de graissage ; 7, collecteur d'aspiration ; 8, ressort d'aspiration ; 9, soupape d'aspiration ; 10, raccord de graissage ; 11, raccord de tuyauterie des cylindres ; 12, tige porte-galet ; 13, vis pointeau de palier ; 14, boulon fixant le cylindre au bâti ; 15, guide de tige porte-galet ; 16, couvercle arrière du logement d'arbre à cames ; 17, bâti supérieur ; 18, plateau du vilebrequin ; 19, lanterne du carburateur ; 20, bâti inférieur ou cuvette ; 21, boulon reliant les 2 bâtis ; 22, carburateur ; 23, bouchon de vidange ; 24, robinet de décompression ; 25, couvercle de cylindre culasse ; 26, traverse fixant le bouchon de visite ; 27, cylindre culasse ; 28, vis pointeau de palier ; 29, écrou avec culasse ; 30, collecteur d'échappement ; 31, 32, écrou bronze non percé ; 33, bouchon de vidange de tuyauterie ; 35, boulon fixant le cylindre au bâti ; 36, goujon fixant le guide ; 37, arbre de commande de pompe et magnéto ; 38, coquilles de freinage ; 39, couronne dentée de commande de pompe et magnéto ; 40, coquilles de décompression ; 41, roue de commande (échappement) ; 42, vilebrequin ; 43, roue de commande (aspiration) ; 44, pignon de régulateur ; 45, goujon fixant le couvre-engrenages ; 46, boulon reliant les 2 bâtis ; 47, levier d'accélération.

suivant le travail du moteur. On peut en outre injecter de l'huile dans le carter au moyen d'un graisseur « coup de poing », qui sert principalement quand on accélère la vitesse du moteur ou quand on veut renouveler l'huile du carter après un certain parcours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La circulation d'eau pour le refroidissement des cylindres s'effectue dans une enveloppe entourant la chambre de compression et les boîtes des soupapes (*fig.* 477), au moyen d'une pompe commandée par engrenages (*fig.* 482). Le radiateur est de l'un des types à ailettes ou cloisonné ; dans certains véhicules, un ventilateur est placé derrière le radiateur et reçoit son mouvement de la roue de dédoublement de l'arbre à cames au moyen d'une courroie.

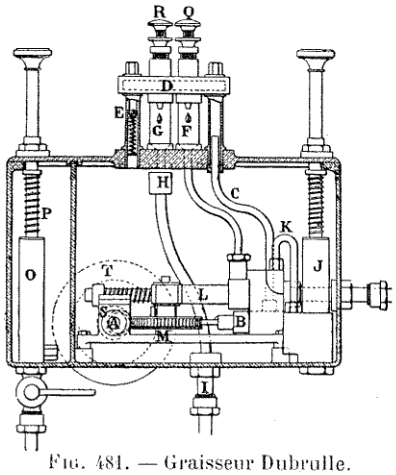


FIG. 481. — Graisseur Dubrulle.

A, axe de commande ; B, pompe de circulation commandée par un excentrique calé sur l'arbre et refoulant l'huile dans la rampe D par le conduit C ; E, bille maintenue par un ressort dans la colonne de trop-plein et donnant une légère pression dans la rampe D ; F et G, compte-gouttes dont le débit est réglé par les pointeaux R et Q : le compte-gouttes F alimente la pompe à jets et G alimente le changement de vitesse par le raccord I. Une vis sans fin S, calée sur l'arbre A, commande la roue de vis sans fin M folle sur l'arbre à un petit vilebrequin T qui, entraîné par un goujon, refoule le piston, et bande en même temps le ressort à boudin. Lorsqu'un demi-tour est fait, le vilebrequin échappe du goujon, et, violemment repoussé par le ressort, le piston refoule l'huile avec force par le raccord N, d'où elle est canalisée pour être projetée sur les têtes de bielles du moteur ; J, pompe auxiliaire à main, reliée par le canal K à la pompe à jets et envoyant l'huile par la tubulure N ; P, compartiment à pétrole ; O, pompe à main pour le pétrole. — *Soins à donner : ne pas laisser glisser la courroie et éviter qu'elle ne frotte sur aucun autre organe.*

156. Le ***carburateur*** (*fig.* 483) est du système KREBS à réglage automatique (**41**) ; il est placé du côté des soupapes d'admission, lesquelles sont commandées dans les moteurs de 15 chx et au-dessus, et automatiques dans les moteurs plus faibles. Les soupapes d'échappement sont disposées en regard de celles d'admission, à côté de la magnéto, montée, avec la pompe de circulation, sur un arbre actionné au moyen d'engrenages par l'arbre à cames.

157. ***Allumage.*** — L'inflammation du mélange comprimé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

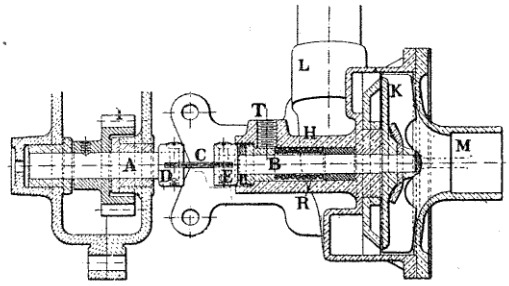


FIG. 482. — Pompe de circulation d'eau de refroidissement P. L.

A, arbre de commande ; B, arbre de la pompe ; C, lames de ressort réunissant les arbres A et B (*Lorsque ces lames se cassent, il suffit pour les remplacer de démonter les deux vis* D *et* E. *Si la pompe, après un démontage, n'était pas bien remise en ligne avec l'arbre* A, *les lamelles se casseraient fréquemment*) ; H, corps de pompe ; I, pignon servant à l'entraînement de la pompe ; K, plateau à ailettes ; L, tubulure de départ d'eau ; M, arrivée d'eau ; R, ressort ; T, bossage sur lequel se trouve le graisseur (*Pour éviter toute fuite d'eau, avoir soin de maintenir la pompe abondamment graissée*).

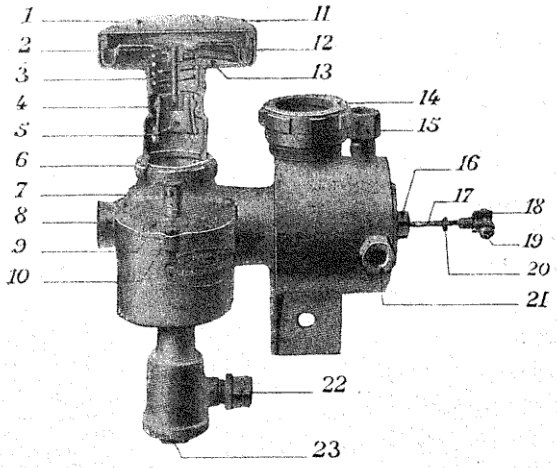


FIG. 483. — Carburateur P. L.

1, couvercle du piston à air ; 2, centre d'attache du piston ; 3, ressort du piston à air ; 4, tige du piston à air ; 5, piston d'admission d'air ; 6, raccord de piston d'air ; 7, bouchon du couvercle du réservoir ; 8, tuyère ; 9, couvercle du réservoir ; 10, vis fixant le couvercle ; 11, piston à air ; 12, membrane ; 13, cuvette du piston à air ; 14, écrou raccord de tuyauterie d'aspiration ; 15, écrou de 17 sans embase ; 16, guide de la tige du piston régulateur ; 17, tige du piston régulateur ; 18, chape de la tige ; 19, axe de la tige ; 20, écrou de la tige du pisfon ; 21, écrou de 17 sans embase ; 22, écrou de 17 avec embase ; 23, raccord de purge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les cylindres est obtenue au moyen d'une magnéto Eisemann à inducteur oscillant, à bougies, qui donne une étincelle très chaude à toutes les allures du moteur. Ce système d'allumage comprend essentiellement les quatre organes ci-après (1) :

a) La magnéto productrice de courant ;

b) La bobine d'induction, ou transformateur ;

c) Le distributeur ;

d) Les bougies.

a) La magnéto produit un courant alternatif brusque et de faible tension (12 v environ), qui est envoyé périodiquement dans l'enroulement primaire de la bobine d'induction.

b) La bobine transforme ce courant primaire de faible tension en un courant dit secondaire de haute tension (15.000 à 20.000 v) et de faible intensité. C'est une bobine de Ruhmkorff ordinaire, qui se compose ici d'un noyau de fer doux central ; d'un enroulement primaire en gros fil autour du noyau et dont l'entrée et la sortie sont les bornes B, B_1 (*fig.* 484-485) ; d'une couche isolante de papier paraffiné ; enfin d'un enroulement secondaire en fil fin dont l'entrée et la sortie sont les bornes M et H. L'ensemble est noyé dans de la résine et renfermé dans une boîte en carton ou en bois. Le courant de la magnéto crée à chacun de ses passages brusques dans l'enroulement primaire de la bobine un courant secondaire de même énergie dans l'enroulement secondaire ; mais ce courant, passant dans un fil de grande résistance, se transforme, sa tension devenant considérable (15.000 à 20.000 v, a-t-on dit) et son intensité très faible au contraire (une petite fraction d'ampère). L'appareil comprend encore un condensateur dont les deux fils sont reliés ici aux bornes B, B_1 de la bobine, et qui emmagasine l'excès d'électricité dû à l'extra-courant produit par la rupture du circuit au moment de l'allumage, pour le restituer ensuite ; il évite en outre

(1) *Conseils sur la conduite et l'entretien des automobiles P.-L.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'attaque des vis par les étincelles, qu'il étouffe, pour ainsi dire.

c-d) Le courant secondaire est envoyé aux différentes

Schéma de l'allumage électrique par magnéto à deux balais P. L.

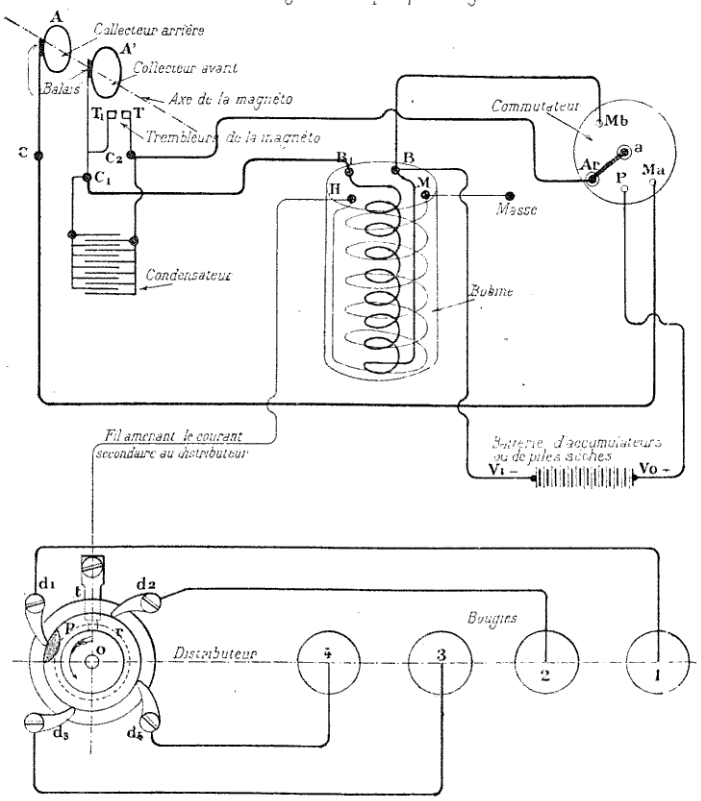


FIG. 484. — Allumage de moteur à 4 cylindres P. L.

bougies par le distributeur, lequel sert pour l'allumage des différents cylindres.

La Société PANHARD-LEVASSOR emploie deux types de magnéto EISEMANN : dans l'une, dénommée magnéto à deux balais, les deux extrémités des fils conducteurs de l'induit sont reliées à deux collecteurs sur chacun desquels frotte un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

balai; dans l'autre, désignée sous le nom de magnéto à un seul balai, l'une des extrémités des fils ci-dessus est reliée à

Schéma de l'allumage électrique par magnéto à un seul balai P. L.

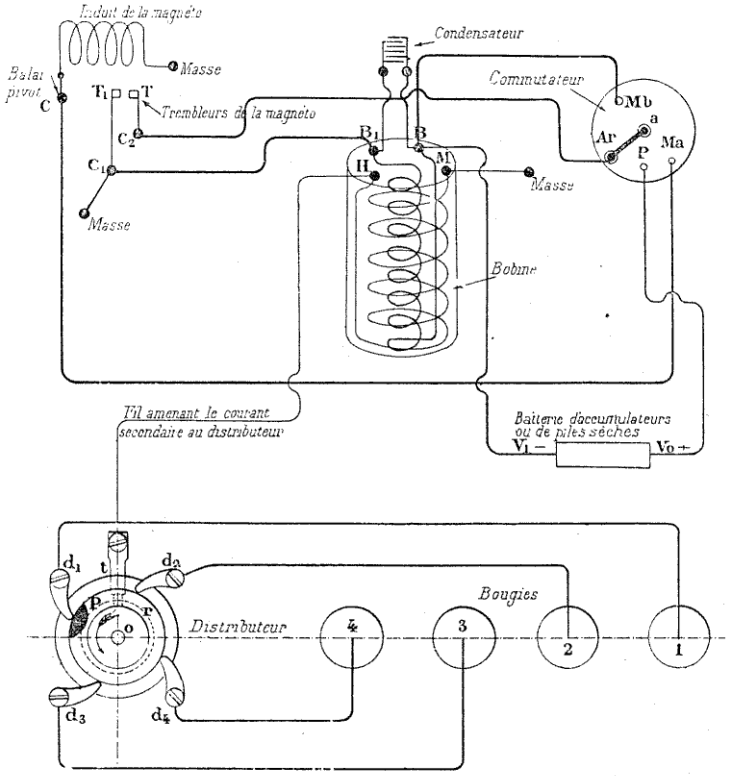


FIG. 485. — Allumage de moteur à 4 cylindres P. L.

la masse, et l'autre à un balai-pivot qui se trouve à l'extrémité de l'arbre de la magnéto.

La *magnéto à deux balais* se compose des pièces suivantes (*fig.* 486) :

1° Un inducteur, formé par un système de 6 aimants en fer à cheval;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Un induit, composé d'un noyau de fer doux autour duquel est enroulé un fil conducteur isolé ; cet induit, placé dans le champ magnétique, entre les pôles N et S de l'aimant, est animé d'un mouvement de rotation donné par l'arbre à cames au moyen d'engrenages ou d'une chaîne. Les deux extrémités du fil conducteur de l'induit aboutissent chacune à une bague en cuivre (collecteur) : ces bagues sont isolées l'une de l'autre et isolées également de l'arbre de l'induit sur lequel elles sont fixées ;

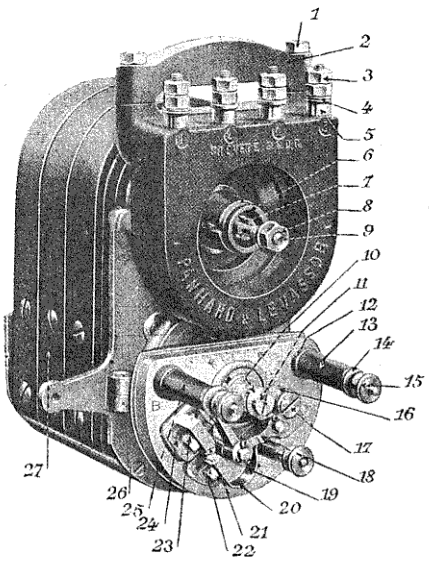


Fig. 486. — Magnéto oscillante type 1907 *Panhard-Levassor*.

1, vis fixant la bride ; 2, bride du corps de connexion ; 3, écrou de prise de courant ; 4, rondelle de prise de courant ; 5, écrou à encoches de prise de courant ; 6, porte-charbon secondaire ; 7, bouchon fixant le pignon ; 8, écrou du distributeur ; 9, axe du distributeur ; 10, came ; 11, vis fixant la came ; 12, écrou de blocage de la colonne ; 13, colonne isolante (noire) ; 14, écrou de la colonne ; 15, contre-écrou de la colonne ; 16, porte-charbon primaire ; 17, vis-bouchon du porte-charbon ; 18, linguet platiné à galet ; 19, ressort de rappel du linguet ; 20, contre-ressort de rappel du linguet ; 21, vis de blocage de la vis platinée ; 22, vis fixant le ressort et le contre-ressort ; 23, vis platinée ; 24, support de la vis platinée ; 25, colonne isolante (rouge) ; 26, demi-collier de fixation ; 27, aimant.

3° Deux balais en charbon frottant respectivement sur chacun des collecteurs et recevant le courant produit dans l'enroulement induit ;

4° Enfin un interrupteur (ou rupteur) commandé par une came calée directement sur l'axe de l'induit et qui permet l'envoi périodique du courant dans la bobine : les touches de ce rupteur sont constituées par deux simples vis platinées réglables, dont l'une est complètement isolée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La *magnéto à un balai* ne diffère de celle à deux balais qu'en ce que l'une des extrémités du fil de l'induit est reliée à la masse par le plot C_1 (*fig.* 485), et l'autre au balai-pivot ou plot C.

Commutateur. — Le courant engendré dans la magnéto est envoyé périodiquement et brusquement dans la bobine à l'aide des trembleurs à vis isolée T (*fig.* 484-485). Les plots P, Ma et Mb du commutateur sont isolés également ; au contraire, le plot Ar et le plot-pivot sont à la masse ; en agissant sur le bouton du commutateur, on fait se déplacer autour du plot a une tige conductrice de longueur égale au diamètre intérieur du commutateur, et par suite capable de toucher à la fois les plots Ma et Mb.

La *marche du courant* est alors la suivante :

Si on suppose le contact poussé sur le plot Ma, la tige ci-dessus est placée sur les plots Ma, a et Mb, et on se trouve dans la position de marche (magnéto). Si, d'autre part, les deux vis platinées T et T_1 ne sont pas en contact, le courant produit dans la magnéto suit le chemin A, C, Ma, a, Mb, B, B_1 (en traversant la bobine), C_1, A_1 avec, enfin, retour à la magnéto ; aucun autre chemin n'est normalement possible et par suite le courant passe nécessairement dans la bobine.

Si au contraire les deux vis T et T_1 sont mises en contact par le trembleur, le courant a le choix entre le circuit précédent et un second circuit : magnéto, A, C, Ma, a, Ar, C_2, T, T_1, A_1 et magnéto ; mais ce dernier chemin ayant une résistance plus faible que le premier et offrant ce que l'on a appelé (**55**) un *court-circuit*, le courant le prendra de préférence et ne passera donc plus dans la bobine.

Pour envoyer le courant périodiquement dans la bobine, il suffit donc de mettre en contact les deux vis platinées T et T_1, et de rompre ce contact périodiquement, également : ce rôle est rempli par une came calée directement sur l'axe de l'induit, et qui rompt le contact des deux vis à chaque demi-tour, en agissant sur un galet qui fait osciller le support de la vis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autour de l'axe o (*fig.* 484). Il est encore nécessaire de caler la came sur l'arbre de l'induit, de manière que la rupture du circuit (2e) ait lieu au moment où le courant, qui est très variable (**67**), passe par un de ses maxima.

On voit que, pour couper l'allumage, il suffit de pousser le contact sur le plot Ar : tous les chemins sont alors interrompus, et le courant ne passe donc plus.

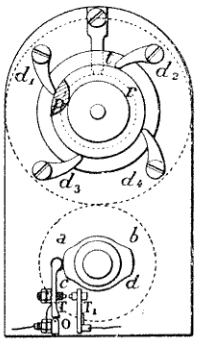


FIG. 487. — Distributeur d'allumage P. L.

abcd, came calée sur l'axe de l'induit agissant sur le levier T_1 (*la tenir légèrement grasse*), T, T_1 vis platinées (*les maintenir toujours propres ; elles doivent être écartées de 3/10 de millimètre lorsque le levier porte-galet se trouve sur le sommet de la came*) ; *t*, départ du courant secondaire ; *p*, pièce métallique servant au passage du courant secondaire (*tenir cette pièce en parfait état de propreté ; la graisser légèrement, éviter qu'il ne tombe de l'eau sur la magnéto*).

Distributeur. — Cet appareil sert à distribuer le courant secondaire produit dans la bobine à chaque cylindre pour l'allumage, et comprend essentiellement un organe se déplaçant autour de l'axe O sur les quatre bougies, alternativement. La borne H de la bobine est à cet effet reliée au balai *t* du distributeur (*fig.* 484-485), maintenu continuellement en contact avec le collecteur r au moyen d'un ressort à boudin ; le courant passe de ce collecteur à une pièce de cuivre P noyée dans un disque isolant en fibre.

Les doigts d'acier d_1, d_2, d_3, d_4 (*fig.* 487), reliés respectivement par des fils à chacune des bougies des cylindres 1, 2, 3, 4, sont maintenus appuyés sur ce disque par des ressorts ; la pièce P, en venant dans son mouvement en contact successivement avec chacun des quatre doigts, établit le circuit suivant : bobine, balai *t*, collecteur *r*, pièce P, l'un des doigts *d*, bougie, masse, et retour à la bobine par la borne M reliée elle-même à la masse du véhicule.

La rupture du courant primaire doit se produire exactement au moment où un des doigts *d* est en contact avec la partie métallique P du distributeur ; à cet effet, l'arbre inférieur de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la magnéto portant la came qui produit cette rupture, et celui du distributeur sont reliés par deux roues dentées.

La came produit une rupture de courant primaire tous les deux demi-tours de son arbre; comme il y a envoi du courant secondaire aux bougies tous les quarts de tour de l'arbre du distributeur, pour un moteur à quatre cylindres, il faut, pour réaliser la coïncidence entre la rupture et l'envoi du courant aux bougies, que l'arbre du distributeur tourne moitié moins vite que celui de la magnéto, donc que les engrenages qui les relient soient dans le rapport de 1/2.

On fait varier, d'autre part, le point d'allumage en faisant tourner d'une fraction de tour par rapport au mécanisme de commande les arbres de la magnéto et du distributeur, ces deux arbres restant toujours dans la même position relative l'un par rapport à l'autre. Si donc on dispose le réglage pour produire l'étincelle dans un cylindre au moment où le piston est à son point mort haut de compression, le décalage fait aux deux arbres permettra de produire l'étincelle plus ou moins avant la fin de la compression. Pour faire ce décalage, on tourne la manette de gauche située sur le volant de direction; le fil flexible agit alors sur une pièce en forme de tire-bouchon placée sur l'arbre de la magnéto : cette pièce fait tourner l'arbre de la quantité voulue.

Le bon point d'allumage une fois trouvé, il n'y a pas lieu de le changer sensiblement lorsque la vitesse du moteur varie : en effet, *plus le moteur tourne vite, plus le courant de la magnéto est intense et plus tôt est produit le courant secondaire donnant l'étincelle*. Il est utile de marquer ce point sur la manette donnant l'avance ou le retard.

Allumage de secours. — Cet allumage est obtenu par l'emploi d'une batterie de piles sèches ou d'accumulateurs qu'on met dans le circuit en poussant le bouton du commutateur sur le plot P (*fig.* 484-485). L'emploi du rupteur de la magnéto, de la bobine et du distributeur est conservé, le courant de la batterie agissant de la même manière que celui de la magnéto;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il est facile de suivre sur le dessin le chemin suivi par le courant. Il suffit également de rompre le contact des deux vis platinées, pour interrompre périodiquement le passage du courant dans la bobine : c'est encore le rôle de la came calée sur la magnéto. Ici, il est utile de faire varier le point d'allumage avec la vitesse du moteur et de donner d'autant plus d'avance que cette vitesse est plus grande. Comme allumage de secours, on peut utiliser un accumulateur de 35 amp-h ou une batterie de piles sèches de huit éléments de 1,4 v, dont l'ampérage est de 13 à 15 amp.

Parafoudre. — Pour éviter des accidents, lorsque, par imprudence, on crée une trop grande solution de continuité dans le circuit secondaire (par exemple en détachant le fil conducteur de la bougie qu'il doit alimenter et en faisant marcher le moteur avec les cylindres restants, — ou encore lorsqu'un fil secondaire se casse, le courant secondaire n'ayant plus d'issue et cherchant à passer par un chemin de moindre résistance, en se frayant quelquefois un passage à travers les isolants de la bobine, qui est alors mise hors d'usage), on place sur les bobines un *parafoudre*. Ce dispositif de protection est constitué par deux lames de cuivre fixées respectivement aux bornes H et M de la bobine, dirigées suivant la droite MH et dont les extrémités libres sont à 7 ou 8 mm l'une de l'autre. Le courant secondaire franchit ces 7 ou 8 mm et se ferme de cette manière chaque fois que son circuit présente une résistance trop forte: la bobine est ainsi protégée.

Recherche rapide et sommaire des causes de mauvais fonctionnement de la magnéto :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'allumage par magnéto ne se fait plus. Il faut essayer de partir avec la batterie.	*L'allumage se fait et le moteur part.*	C'est que la batterie, la bobine, les vis platinées, le distributeur et les bougies sont en bon état, et qu'au contraire la magnéto, ou le commutateur, ou les fils sont en mauvais état.
	L'allumage ne se fait pas.	1° Vérifier la batterie ; 2° Vérifier l'écartement des vis platinées, qui doivent être écartées de 3/10 de millimètre lorsque le levier porte-galet se trouve sur le sommet de la came ; 3° Vérifier le commutateur ; 4° Changer la bobine ; 5° Vérifier le réglage du moteur. Si, après avoir fait ces essais, le moteur repart, on peut remettre le bouton du commutateur sur « magnéto », l'allumage devra se faire.

Causes de picotements au commutateur. — Ces causes peuvent être les suivantes :

1° Boîte de la magnéto touchant une partie métallique chargée d'électricité de la magnéto ;

2° L'induit est à la masse : il faut réparer la magnéto ;

3° Un fil primaire est en contact avec la masse ;

4° La bobine est à changer ;

5° Le fil de la masse est mauvais ;

6° Un fil du condensateur est à la masse.

(Bien entendu, les paragraphes 2 et 3 ne s'appliquent qu'aux magnétos à deux balais.)

Réglage commun aux deux allumages. — Les indications ci-dessous sont à suivre en tous points :

1° Placer la manette de commande de l'allumage au maximum de retard ;

2° Enlever la chaîne de commande de la magnéto ;

3° Placer le piston du cylindre n° 1 au point mort haut (compression) ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Sans plus toucher au moteur, et la chaine de la magnéto étant enlèvée, agir sur le pignon commandant l'induit et le faire tourner de manière que la came soit sur le point de produire la rupture. En même temps, la touche en cuivre P (*fig.* 484) du distributeur devra se trouver engagée de 3 à 6 mm environ sur le doigt d'acier correspondant à la bougie n° 1 ;

5° Replacer la chaîne sans changer la position des deux roues dentées qu'elle conjugue.

Après ces opérations, l'allumage se trouve réglé.

158. L'eau de ***refroidissement*** des cylindres, refoulée par une pompe centrifuge (*fig.* 210), passe dans un radiateur disposé à l'avant du capot et composé d'un tube en serpentin garni d'ailettes, entre lesquelles le mouvement de la voiture assure une rapide circulation d'air frais. Un ventilateur, placé derrière le radiateur et mû par le moteur au moyen d'une courroie, aide à ce refroidissement, principalement en marche lente et dans les courts arrêts.

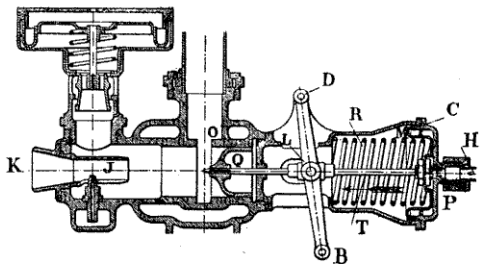


FIG. 488. — Régulateur hydraulique P. L.

B, point d'attache du câble servant à commander le tiroir du carburateur ; D, levier de commande du tiroir Q d'étranglement des gaz ; E, chambre communiquant par le tuyau H avec la pompe de circulation d'eau ; L, axe du levier de commande ; M, membrane en caoutchouc formant joint élastique entre le piston P et la chambre E (*si la membrane se crève, obstruer le tuyau H*) ; P, piston régulateur relié au tiroir d'étranglement des gaz ; Q, tiroir d'étranglement des gaz ; R, ressort ; T, tige reliant le tiroir d'étranglement des gaz au piston régulateur.

159. *Régulateur hydraulique.* — Le régulateur (*fig.* 488) se compose de deux parties : une chambre dans laquelle se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déplace un tiroir circulaire Q destiné à obturer plus ou moins l'orifice du mélange carburé, et un appareil destiné à actionner ce tiroir. Cet appareil comprend un piston P logé dans un cylindre et relié au tiroir d'étranglement des gaz, le joint de ce piston avec le cylindre étant obtenu par une membrane en caoutchouc M, et un ressort R venant appuyer sur le piston.

Un tuyau H, branché sur la canalisation d'eau du moteur, à la sortie de la pompe, permet à cette eau de transmettre sa pression sur le piston P; lorsque la vitesse de rotation du moteur dépasse la vitesse de régime pour laquelle la tension du ressort R a été calculée, la pression de l'eau arrive à vaincre la résistance du ressort, et par suite à déplacer le piston P et le tiroir Q dans le sens de la flèche : ce déplacement a pour effet de diminuer la section de passage des gaz et par suite de réduire la vitesse du moteur.

Un levier D, placé sur la commande du tiroir d'étranglement des gaz, est relié d'une part à la manette du volant (*fig.* 478) par un fil d'acier souple, d'autre part à la pédale d'accélérateur par une tige rigide : on peut, par ces deux organes, régler à volonté la position du tiroir Q et annuler l'action du régulateur.

Les causes de mauvais fonctionnement du régulateur peuvent provenir d'une rupture du tuyau d'eau ou de la membrane. Dans le premier cas, on bouche le tuyau d'arrivée d'eau au régulateur et on se sert de la manette et de l'accélérateur; pour remplacer la membrane, on dévisse le tuyau d'arrivée d'eau au régulateur, on enlève la contre-goupille et la goupille de jonction du levier de commande d'étranglement des gaz, de la tige du tiroir et de la tige du piston; enfin on dévisse les vis du couvercle du régulateur et on sort la membrane, la tige et le ressort à boudin.

160. L'***embrayage*** employé est celui qui est représenté figure 489; cet embrayage ne nécessite aucun réglage; il suffit, au montage, de laisser entre l'écrou G et la fourchette de dé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brayage un jeu de 3 mm environ. Le graissage demande à être fait tous les deux ou trois jours, quelquefois plus fréquemment,

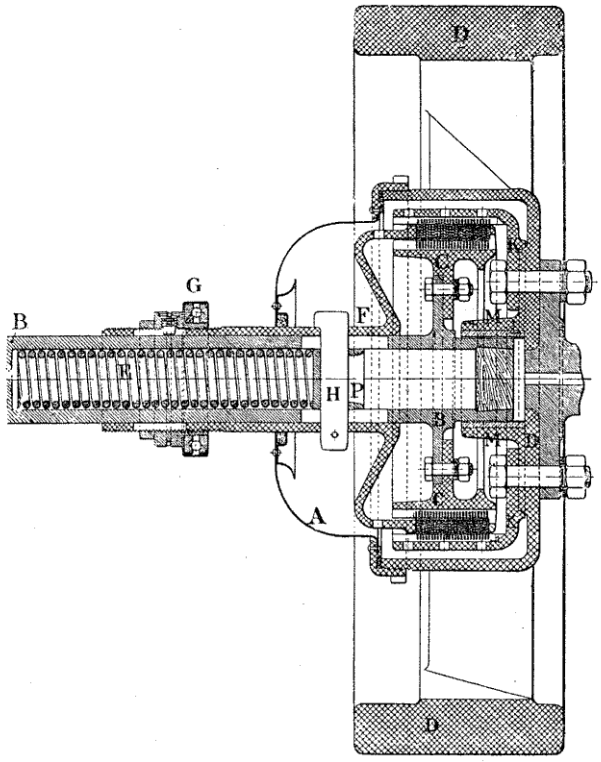


FIG. 489. — Embrayage métallique à plateaux lisses P. L.

A, calotte en cuivre ; B, arbre d'embrayage ; C, plateau d'entraînement de l'arbre d'embrayage, portant les rainures dans lesquelles s'engagent les rondelles servant à l'embrayage ; D, volant du moteur ; E, ressort d'embrayage ; F, plateau de poussée des rondelles ; G, roulement à billes d'appui de la fourchette d'embrayage ; H, clavette d'embrayage ; K, cuvette portant les rainures dans lesquelles s'engagent les rondelles servant à l'embrayage ; P, douille traversée par la clavette d'embrayage sur laquelle s'appuie le ressort E (le graissage s'effectue par le trou central de l'arbre-vilebrequin ; un excès d'huile rend le débrayage difficile ; l'huile trop épaisse gêne également le fonctionnement, et il convient d'ajouter de temps à autre un peu de pétrole pour éviter l'épaississement).

en envoyant deux ou trois seringuées d'huile et une de pétrole par le trou qui se trouve sur le carter en cuivre A. L'huile nécessaire à ce graissage est envoyée par le moteur lui-même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les moteurs où la pompe est commandée par engrenages, et il n'est nécessaire que de mettre de temps à autre dans le carter une ou deux seringuées de pétrole pour dégommer les rondelles.

Le *changement de vitesse* employé dans les camions est celui à engrenages droits décrit à l'article **37**. Il est utile de vérifier assez fréquemment si le graissage ne fait pas défaut et si les engrenages ne s'usent pas d'une façon exagérée; en cas de bruit anormal, il faut aussitôt ouvrir la boîte pour empêcher une avarie grave.

161. ***Causes de mauvais fonctionnement du moteur.*** — En dehors de celles provenant du carburateur et de l'allumage, il faut ajouter les suivantes :

1° Une fuite peut exister dans le moteur;

2° Une soupape peut être cassée;

3° La goupille de mise en marche peut être cassée également;

4° Le vilebrequin peut avoir trop de jeu latéral;

5° La circulation peut être défectueuse.

1° et 2°. Les fuites à l'échappement se reconnaissent très facilement à leur sifflement caractéristique; elles ne gênent pas outre mesure le fonctionnement du moteur, néanmoins il est bon d'y remédier sans trop tarder, car on risque de produire une explosion à l'extérieur du moteur susceptible de communiquer le feu au véhicule. En examinant les joints et les bouchons de soupapes, on arrive facilement à trouver la fuite.

Les fuites à l'aspiration nuisent au bon fonctionnement du moteur, et il faut y remédier sans retard. Il peut y avoir ou perte de gaz ou rentrée d'air, et par suite carburation faussée; il convient de vérifier avec soin les joints de soupapes et ceux de la tuyauterie d'aspiration, puis les soupapes elles-mêmes, qui peuvent avoir besoin d'être rodées. Pour cette opération, il faut d'abord démonter entièrement la soupape, délayer de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la poudre fine d'émeri dans du pétrole et en mettre une petite quantité sur la partie à roder ; on appuie ensuite la soupape en la tournant d'un mouvement de droite à gauche et de gauche à droite avec un rodoir ou un tournevis. On reconnaît que la soupape est bien rodée lorsqu'elle présente un filet brillant sans solution de continuité, après avoir été soigneusement nettoyée et frottée légèrement à sec. On met ensuite la soupape bien à sa place en tenant compte du repère. Les soupapes d'échappement doivent commencer à s'ouvrir avant que le piston soit arrivé au bas de sa course descendante ; pour un moteur de 15 à 20 chx, cette fraction de course doit être de 11 à 15 mm. Si l'on veut donner plus d'avance ou de retard à l'échappement, il faut démonter la roue de dédoublement et la déporter d'une ou de plusieurs dents à droite ou à gauche. Pour la fermeture de ces soupapes, elle doit s'opérer au moment où le piston a déjà parcouru de 0 à 4 mm de sa course d'aspiration.

Les soupapes d'aspiration doivent s'ouvrir lorsque le piston a également parcouru de 0 à 4 mm de sa course d'aspiration, et se fermer lorsqu'il a parcouru une fraction de sa course de compression comprise entre 10 et 14 mm ; pour démonter ces soupapes lorsque le besoin s'en fait sentir, il suffit de retirer la bride *d* (*fig.* 477) en dévissant les deux boulons qui la maintiennent, puis d'enlever le bouchon *b*, enfin de détacher le ressort qui retient chaque soupape sur son siège.

3° Lorsque la goupille de mise en marche est cassée, on se trouve dans l'impossibilité de faire partir le moteur. Pour la remplacer, on démonte le tablier du véhicule, puis la chaîne, en la détendant ; si l'on n'y arrive pas, il faut démonter l'arbre portant le pignon de la chaîne et la manivelle de mise en marche. On retire ensuite le couvre-engrenages et le pignon ; on met ainsi à découvert l'extrémité du vilebrequin et on peut enlever la goupille cassée au moyen d'un chasse-goupille. On ajuste la nouvelle goupille dans son trou légèrement conique, puis on lime chacune de ses extrémités, de manière qu'elle ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépasse pas la hauteur de l'épaulement en bronze du pignon de commande de la roue de dédoublement.

4° On appelle *jeu latéral* d'un moteur le jeu qui se produit entre l'extrémité du vilebrequin et le grain de butée. On doit tolérer au plus 2/10 de millimètre de jeu ; s'il y en avait davantage, le vilebrequin se déplacerait d'un mouvement de va-et-vient suivant son axe, en entraînant dans ce mouvement les bielles et les pistons, lesquels, ne se déplaçant plus verticalement, auraient tendance à se coincer.

Dans ce cas, on démonte le couvre-engrenages et on le lime d'une quantité suffisante pour que le jeu soit ramené à 2/10 de millimètre. Lorsque le grain de butée est usé et qu'on est obligé de le changer, on met des rondelles entre le couvre-engrenages et le bâti du moteur : on peut ensuite, pour retirer un nouveau jeu, limer sur ces rondelles, au lieu de limer sur le couvre-engrenages.

5° Les principales causes pouvant provoquer un mauvais fonctionnement de la pompe sont les suivantes :

a) L'arbre et le manchon sont grippés par manque de graissage, ce qui oblige parfois à les démonter pour les réparer, mais le plus souvent un bon graissage suffit.

b) De petits morceaux d'étain provenant du radiateur peuvent être amenés dans le corps de pompe par la circulation de l'eau et empêcher les ailettes de tourner : il faut alors démonter la pompe et enlever le plateau recouvrant les ailettes.

c) La pompe a du jeu latéral, les ailettes peuvent s'user ; pour y remédier, il suffit de resserrer l'écrou et le contre-écrou fixant le volant de la pompe sur son arbre.

d) Le volant de la pompe est trop serré sur son arbre ; il faut écarter le volant du moteur, desserrer l'écrou et le contre-écrou jusqu'à ce que le volant tourne librement, sans jeu latéral cependant, puis faire de nouveau adhérer les deux volants.

e) Le volant de la pompe n'est pas assez fortement main-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tenu contre le volant du moteur : il faut simplement serrer l'écrou destiné à rapprocher les deux volants.

f) L'ergot qui sert à maintenir le volant de pompe sur son arbre peut être rompu, le volant tourne alors fou sur son arbre et ne l'entraîne plus.

g) La goupille fixant le disque à ailettes sur l'arbre peut se casser; il suffit de la changer après avoir démonté le plateau.

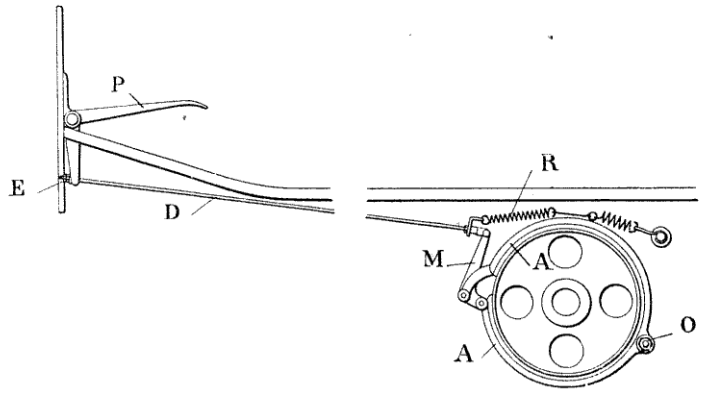


FIG. 490. — Frein P. L. à mâchoires sur la transmission.

A, A, colliers de frein ; O, axe d'articulation ; P, pédale ; E, écrou de réglage (*à serrer pour rattraper l'usure*) ; D, tige de frein ; M, levier de frein ; R, ressort de rappel.

h) La tuyauterie peut être bouchée par un corps étranger, ce qu'il est facile de vérifier.

i) Enfin, dans le cas de commande par engrenages, un pignon peut être déclaveté, il suffit de démonter le couvre-engrenages pour remplacer la clavette tombée.

162. Les ***freins*** employés sur les camions P.-L. sont au nombre de deux : un frein à pédale et à mâchoires agissant sur la boîte du différentiel, et un frein extérieur à levier agissant sur les roues. Le premier frein comporte (*fig.* 490) une sorte de collier mobile formé de deux mâchoires A, A, articulées en O et entourant une poulie fixée sur la boîte du dif-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

férentiel. Pour que ce frein soit bien réglé, il faut, lorsqu'il est desserré, qu'il y ait une distance de 1/2 à 1 mm entre les segments du collier et la poulie : il suffit pour cela de placer la mâchoire supérieure à une distance convenable de cette poulie. Il faut aussi s'assurer que la position en hauteur de la pédale de frein permet de serrer ; le serrage complet doit être obtenu lorsque, la pédale étant abaissée, elle se trouve encore

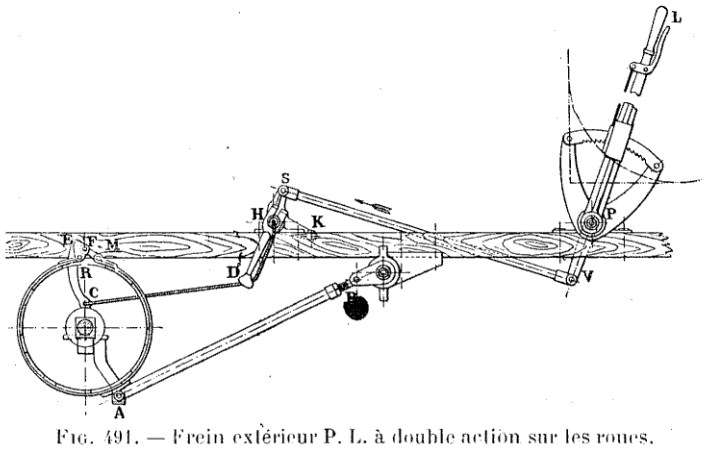


FIG. 491. — Frein extérieur P. L. à double action sur les roues.

RM, ruban métallique garni de segments de fonte ; AB, tige de frein *à régler chaque fois qu'on modifie le réglage de la bielle de tension de chaîne ;* F, biellette ; D, corde ; H, levier à corde ; VS, bielle de commande ; L, levier de commande ; A, équerre supportant le point d'attache de la tige.

à 4 ou 5 mm du plancher. Ce réglage s'effectue facilement au moyen de l'écrou E.

Le frein de roues (*fig.* 491) est à double action, c'est-à-dire qu'il agit aussi bien pendant la marche arrière que pendant la marche avant ; son action s'exerce par serrage extérieur sur une poulie fixée aux roues motrices.

Le ruban métallique M possède un point d'attache A, relié au support de pignon de chaîne B par une tige AB, et qui le divise en deux secteurs inégaux ; dans la marche avant, c'est la partie AR du ruban qui vient frotter sur la poulie, et, dans la marche arrière, c'est la partie AM, la tige AB travaillant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le premier cas à la traction, et dans le second à la compression.

Pour que ce frein soit bien réglé, il faut que la tige AB soit tangente au cercle formé par le ruban métallique : on agit sur l'écrou B pour obtenir ce résultat, en tenant compte que le ruban métallique RM ne doit pas, d'autre part, porter sur la poulie lorsque le frein est desserré.

On sait qu'il faut que le débrayage du moteur s'opère avant que le freinage commence. Pour obtenir ce résultat, le réglage doit être fait de la façon suivante :

On pousse le levier à main suffisamment en avant pour débrayer, c'est-à-dire pour que le cône d'embrayage tourne librement dans le volant du moteur (en cas d'embrayage à cône), ou que les rondelles solidaires du moteur n'entraînent plus dans leur mouvement celles solidaires de la transmission (embrayage métallique). A ce moment, on tend la corde D reliant les deux leviers de frein, de façon qu'elle soit prête à agir sur eux dès qu'on poussera le levier plus à fond.

Il faut aussi, dans le réglage du frein, que, le serrage étant effectué à fond, le levier à main ne soit pas poussé jusqu'au dernier cran de son secteur.

163. ***Direction.*** — Le mécanisme de direction est à vis sans fin et secteur denté enfermés dans une boîte fixée au châssis et remplie de graisse consistante. Les articulations du mécanisme doivent être convenablement graissées, également, et les deux extrémités de la bielle de commande munies de guêtres de cuir pour éviter l'entrée de la poussière dans les amortisseurs.

L'entretien consiste à maintenir l'ensemble sans jeu excessif, et notamment à remplacer le secteur avant qu'il n'ait trop d'usure, à régler ou à remplacer également le grain de butée, à remplacer les ressorts d'amortisseurs de la bielle de direction lorsqu'ils sont rompus ou qu'ils ont perdu leur bande, enfin à rattraper le jeu qui peut se produire aux différentes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

articulations de la bielle de direction, de la bielle d'accouplement et des moyeux.

164. ***Graissage et entretien.*** — Le graissage des divers organes du moteur, de la transmission, etc., a une très grande importance sur la marche régulière et économique du véhicule et la conservation des pièces ; il se fait avec de l'huile minérale dite oléonaphte, et de la graisse consistante.

L'huile est employée pour les parties suivantes :

1° Le moteur ;

2° La boîte de vitesses et le différentiel ;

3° Les chapeaux des roues ;

4° L'extrémité du cône d'embrayage ;

5° Le régulateur ;

6° Les tiges de commande des soupapes ;

7° Tous les trous de graissage ménagés sur les diverses articulations et parties frottantes : leviers, bielles, pédales, glissières, etc.

La quantité d'huile à mettre dans le carter d'un moteur de 15 chx est de 3/4 de litre, cette huile devant être changée après un parcours de 1.000 km environ. Pour la boîte des vitesses, le compartiment renfermant le différentiel doit contenir 1 l à 1/2 l d'huile, et celui renfermant les engrenages de changement de vitesse une quantité suffisante pour que la plus grande roue d'engrenage de l'arbre inférieur puisse y barboter et en envoyer dans toute la boîte. Il faut renouveler cette huile environ tous les 1.000 km ; celle contenue dans les chapeaux des roues doit être renouvelée deux fois plus souvent, c'est-à-dire tous les 500 km ; à cet effet, on dévisse les chapeaux avec la clef *ad hoc*, on vide la vieille huile, on passe les chapeaux à l'essence, si c'est nécessaire, puis on les remplit d'huile propre environ jusqu'à leur partie filetée, enfin on les revisse bien à fond.

La graisse consistante est employée dans le graisseur monté sur le garde-crotte, et qui lubrifie à la fois l'extrémité de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'arbre supérieur et les coussinets des paliers du différentiel ; puis dans d'autres plus petits, montés :

Sur les supports du pignon de chaînes ;

Sur l'arbre de la pompe de circulation d'eau, ce graisseur ne devant jamais manquer de graisse, car l'arbre risquerait de gripper ;

Sur le distributeur d'allumage (dans l'allumage par accumulateurs), où la graisse doit être mise en très petite quantité, car un excès risquerait d'encrasser les balais ;

Sur la douille de mise en marche pour le graissage de l'extrémité du vilebrequin, endroit qui travaille beaucoup et qu'il faut avoir soin de ne pas laisser manquer de graisse ;

Enfin sur l'essieu d'avant de chaque côté du véhicule.

Ces divers graisseurs ne doivent jamais être complètement vides. La direction est aussi graissée à la graisse consistante ; la boîte doit en être remplie et, si elle vient à en manquer, il faut en ajouter avec un graisseur monté provisoirement à sa partie supérieure à la place du boulon qui s'y trouve. La bielle de direction, le yatagan, les axes de la barre d'accouplement doivent être aussi soigneusement lubrifiés.

Pour les chaînes, il faut de temps en temps les démonter, les laver à l'essence, puis les tremper dans du suif fondu, les laisser égoutter et les remonter. On peut aussi, après les avoir bien brossées, les enduire au moyen d'un pinceau d'une dissolution saturée de suif dans du benzol, lequel fait pénétrer le suif à l'intérieur des rouleaux et donne un très bon résultat. On ne doit jamais mettre extérieurement ni huile ni graisse sur les chaînes.

Autres soins à donner au véhicule. — Si l'on veut éviter les accidents et avoir un véhicule toujours en bon état, il est nécessaire, chaque fois que l'on s'en est servi, de procéder aux opérations indiquées ci-dessous, dès la rentrée à la remise si c'est possible :

1° Mettre le changement de vitesse au point mort ;

2° Mettre le bouton de contact du commutateur à l'arrêt

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et profiter des quelques tours que fait encore le moteur pour injecter du pétrole dans les cylindres au moyen du coup-de-poing disposé sur le graisseur Dubrulle (côté pétrole) ; cette opération a pour but d'empêcher l'encrassement des cylindres, des pistons et des soupapes, et de faciliter la prochaine mise en marche du moteur ;

3° Desserrer le frein à main en ramenant le levier en arrière ;

4° Mettre la manette d'allumage complètement un retard ;

5° Ouvrir les gaz en grand au moyen de la manette de réglage ;

6° Fermer le robinet d'essence pour éviter toute fuite possible ;

7° Passer une visite minutieuse de tous les organes : on évitera souvent ainsi bien des pannes et des accidents ;

8° Laver le véhicule et profiter de ce qu'il est sur crics pour s'assurer que les roues tournent librement ;

9° Faire le graissage, en serrant les graisseurs, à graisse

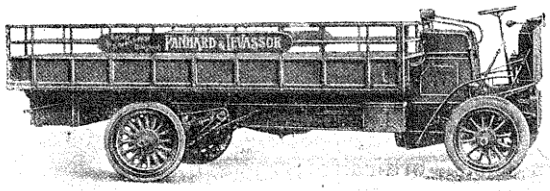


FIG. 492. — Camion P. L.

consistante et les emplissant à nouveau s'ils sont presque vides, en mettant de l'huile partout où cela est nécessaire et faisant notamment le plein du graisseur Dubrulle ;

10° Faire le plein d'essence et le plein d'eau.

En hiver, si le véhicule doit rester plus de quinze jours sans rouler, il faut vider complètement l'eau de circulation du moteur, en ayant soin qu'il n'en reste aucune goutte pour ainsi dire dans le radiateur ni dans la pompe, pour éviter qu'en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se congelant cette eau ne fasse éclater quelque partie de la tuyauterie ou fendre les culasses. Il faut également faire la vidange de l'eau de circulation du carburateur. On démonte ensuite les soupapes et on les suiffe convenablement, ainsi que les chaînes, qu'on graisse comme ci-dessus et qu'on met ensuite dans un lieu sec. Pour le dispositif d'allumage, on enlève les balais, on graisse abondamment la magnéto et le distributeur, on débranche les piles ou les accumulateurs et on vide l'eau acidulée de ces derniers, pour la remplacer par de l'eau distillée pure ou de l'eau de pluie.

Quand le véhicule doit sortir plus souvent, on ne vide pas l'eau de circulation, on l'additionne de préférence de 1/10 de glycérine brute non raffinée, mais neutralisée ; on s'assure qu'elle est bien neutre en y plongeant un fragment de papier de tournesol rouge, qui doit virer au bleu : s'il n'en était pas ainsi, on neutraliserait la glycérine en y ajoutant 250 g environ de carbonate de soude.

Outils qu'il faut avoir dans la voiture. — Un gros marteau ;
Un petit marteau ;
Une paire de pinces universelles ;
Un étau à main ;
Une clef anglaise ;
Une clef tricoise pour écrou du carburateur ;
Un jeu de clefs ordinaires ;
Un jeu de clefs à tube ;
Un burin ;
Deux chasse-goupilles ;
Plusieurs limes : plate, tiers-point, queue-de-rat, demi-ronde, demi-douce ;
Une clef ergotée pour bielle de direction ;
Une clef pour chapeaux de roues ;
Deux tournevis ;
Un rodoir ;
Une boîte de potée d'émeri ;
Toile d'émeri ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une seringue ;
Une burette d'huile ;
Une burette de pétrole ;
Un entonnoir à essence avec filtre ;
Un entonnoir à eau avec filtre ;
Un entonnoir à huile ;
Une pompe à pneus ;
Un nécessaire de réparation pour pneus ;
Un cric ;
Un tournevis double pour les cames ;
Un tournevis double coudé pour les serre-fils ; } de la magnéto.
Une clef double pour vis platinées et boulons de chaîne.

Pièces de rechange qu'il faut avoir dans la voiture. — Un bec de carburateur ;
Un flotteur ;
Une soupape d'aspiration ;
Deux ressorts de soupape d'aspiration ;
Deux clavettes ;
Deux chapeaux de soupapes ;
Une soupape d'échappement ;
Un ressort de soupape d'échappement ;
Deux ressorts de régulateur ;
Un volant de pompe ;
Un cuir d'embrayage ;
Trente rivets de cuivre rouge ;
Un ressort d'embrayage ;
Une chaîne complète ;
Deux maillons de chaîne ;
Trois mètres de corde à freins ;
Plusieurs chambres à air ;
Une enveloppe ;
Trois mètres de corde d'amiante ;
Cinquante centimètres carrés de carton d'amiante ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cinquante centimètres carrés de toile d'amiante ;
Vingt mètres de fil de fer recuit ;
Tuyaux de caoutchouc de différents diamètres ;
Différents joints ;
Rondelles, écrous, boulons, goupilles de toutes sortes ;
Clous, clinquant, basane ;
Un verrou de mise en marche ;
Une goupille de mise en marche ;
Deux cosses ; } Frein à corde.
Deux pinces ; }
Deux charbons primaires ;
Un charbon secondaire ;
Un maillon raccord de chaîne de magnéto ;
Un ressort à gauche pour contact de distributeur ;
Un ressort de came d'allumage ;
Un ressort de charbon primaire ;
Un ressort de charbon secondaire ;
Une vis platinée supérieure ;
Une vis platinée inférieure ;
Une vis de came ;
Une vis de collecteur ;
Une vis pour contact de distributeur ;
Une vis de porte-charbon secondaire. } Allumage par magnéto

§ 1. — VÉHICULES DES CHANTIERS DE LA BUIRE

165. ***Automobiles postales de Paris.*** — Depuis le 1er octobre 1908, des véhicules à pétrole, au nombre de 150 environ, construits par les Chantiers de la Buire, a Lyon, font le transport des dépêches dans Paris pour le service des Postes. Ces véhicules sont de trois types ; la capacité de la caisse y est respectivement de 2 m³, 3 m³ et 4,5 m³, et le poids des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lettres transportées de 800, 1.200 et 1.800 kg. C'est un véhicule de cette dernière catégorie qui est représenté figure 493.

Le châssis des divers types est en tôle d'acier emboutie, et les roues sont garnies de bandages en caoutchouc plein, avec amortisseurs pneumatiques Patoureau (**46**) placés entre les extrémités des ressorts arrière et les longerons pour atténuer les vibrations dues aux cahots de la route.

Les moteurs des trois catégories de véhicules sont à quatre cylindres, — fondus en une seule pièce dans le type le plus

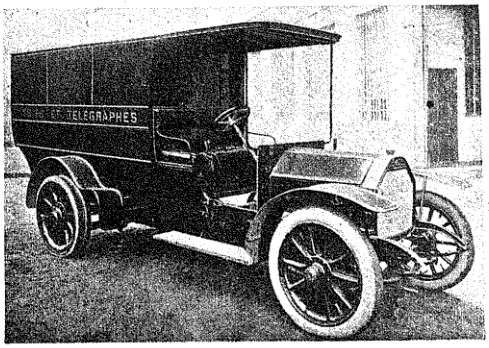


Fig. 493. — Automobile postale à pétrole des *Chantiers de la Buire*.

faible, qui a une puissance de 10-14 chx avec 75 mm d'alésage de cylindres et 120 mm de course de pistons, — et par paires dans les deux autres types, qui ont même puissance, soit 18-25 chx, avec un alésage de 95 et une course de 120 comme ci-dessus. Les soupapes sont toutes du même côté dans le type 10-14 chx, tandis qu'elles sont placées symétriquement de chaque côté du moteur dans les deux autres. Le graissage s'opère au moyen d'une pompe à huile sans engrenages ni clapets, disposée à l'extrémité de l'arbre à cames d'admission; le graisseur comporte trois compte-gouttes réglables chacun par une vis-pointeau, un robinet permettant encore d'arrêter momentanément tout débit d'huile sans toucher à ce réglage.

Le carburateur est vertical, avec une chambre de carbura-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion conique, étudiée pour donner un mélange convenable aux vitesses les plus lentes. Le réglage, établi à l'atelier pour les circonstances de fonctionnement les plus habituelles, peut être modifié par la simple manœuvre d'un bouton moleté, suivant la densité de l'essence, la température et la pression atmosphérique. On a, d'autre part, la faculté, au moyen de la came de commande réglant l'étranglement des gaz, d'intro-

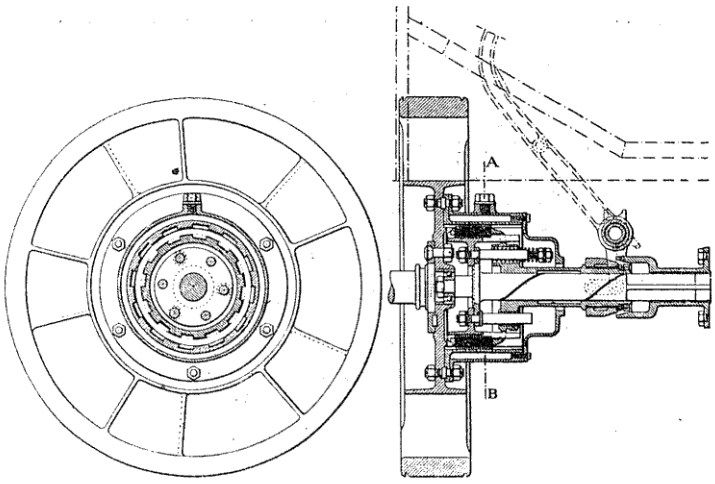


Fig. 494. — Embrayage.

duire de l'air pur dans les cylindres pour produire, à la descente des fortes côtes, par exemple, une sorte de freinage d'un fonctionnement très doux et pouvant être prolongé autant qu'on le désire et sans aucun inconvénient.

Le levier de commande des gaz est placé sur le volant avec un secteur lisse.

L'allumage est effectué par une magnéto à bougie Simms-Bosch; il est coupé par le retour d'une petite pédale fixée sur la planche-tablier, et qui supprime le contact à la masse.

Le refroidissement s'opère à l'aide d'un radiateur du type nid d'abeilles (*fig.* 212), dans lequel l'eau est refoulée par une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pompe centrifuge à grand débit commandée par engrenages; un ventilateur placé derrière le radiateur aide à ce refroidissement, et le volant porte encore des ailettes destinées à refouler au dehors l'air chaud renfermé sous le capot du moteur (1).

L'embrayage (*fig.* 494) est du type à disques métalliques, et le graissage en est assuré par un réservoir d'huile annulaire. Un cône-frein, disposé sur l'arbre de transmission au change-

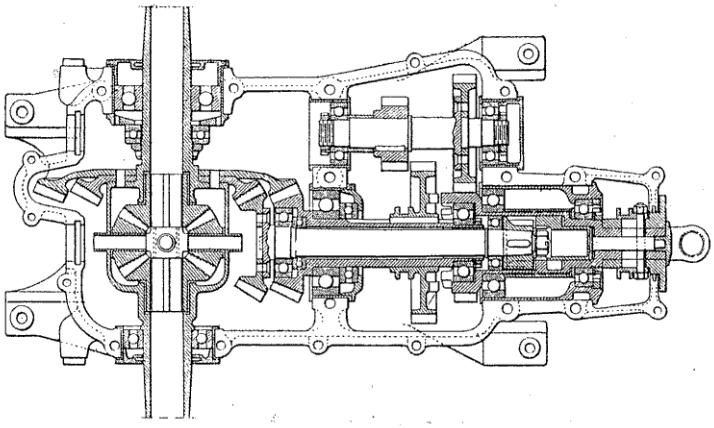


FIG. 495. — Changement de vitesse.

ment de vitesse, détruit presque instantanément l'inertie des pièces en mouvement pour permettre un passage rapide et facile des vitesses. Le débrayage est obtenu par la manœuvre d'une pédale qui étrangle automatiquement l'admission des gaz pour éviter l'emballement du moteur.

Le changement de vitesse (*fig.* 495) est à trains balladeurs, et donne trois vitesses, dont deux en prise directe, pour la marche avant, et une vitesse pour la marche arrière. Les deux prises directes augmentent le rendement du véhicule en parcours accidenté et permettent de franchir la plupart des

(1) *L'Automobile*, numéro du 2 mai 1908, auquel on a aussi emprunté les trois figures relatives à ces véhicules.

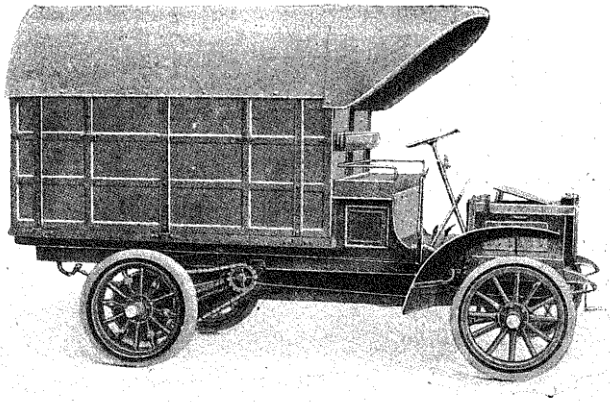
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fortes déclivités sans trop ralentir l'allure. La transmission du mouvement du différentiel aux roues s'effectue au moyen de chaînes.

Les véhicules possèdent trois freins, dont un sur le différentiel, extérieur et commandé par une pédale, et deux sur les roues, intérieurs et actionnés par un levier à main.

Les voitures en service, au nombre de 120 environ, effectuent journellement chacune un parcours atteignant pour la plupart 100 à 120 km, et qui n'est inférieur pour aucune à 65 km, c'est donc une moyenne journalière, pour l'ensemble, de 1.200 km environ.

Les établissements de la Buire ont construit également, pour le service des voyageurs des gares P.-L.-M., d'Orléans et de l'Est, à Paris, des sortes de petits omnibus dont le châssis-moteur est établi sur les données ci-dessus.



Fourgon militaire *Peugeot*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VIII

TRACTION ÉLECTRIQUE

166. ***Systèmes divers.*** — La traction électrique présente plusieurs variétés d'applications.

Dans le système par ***conducteur,*** le courant produit dans une usine par une dynamo génératrice, qui peut être actionnée par un moteur quelconque : hydraulique, à vapeur, à gaz ou même électrique, est envoyé, parfois après transformation, dans un conducteur métallique : aérien, au niveau du sol, ou souterrain, parallèle à la voie, qui le transmet aux véhicules par l'intermédiaire d'une perche à roulette (trolley), d'un archet ou d'un frotteur. Le système à conducteur aérien est le plus employé pour les tramways et les chemins de fer (dans ce dernier cas le conducteur est généralement disposé au niveau ou un peu au-dessus du ballast), et il est aussi utilisé dans quelques installations d'omnibus électromobiles ; les systèmes à conducteur souterrain ou à plots ne sont employés que pour les tramways.

Dans un deuxième procédé, dit à ***transmission électrique,*** l'énergie électrique est produite directement sur le véhicule même au moyen d'un moteur à vapeur ou à essence actionnant, à vitesse variable, une génératrice dont le courant, proportionnel au couple résistant, c'est-à-dire à la résistance à vaincre, est envoyé en entier dans un ou deux moteurs action-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nant les essieux. Ce système, utilisé dans des véhicules sur routes et sur rails, a été employé pour la première fois en France, en 1893, par M. HEILMANN, sur la locomotive électrique *la Fusée*.

Dans un troisième procédé, dit ***système mixte,*** un moteur à vapeur ou à explosion actionne encore, mais à vitesse généralement constante, une génératrice dont le courant est employé en partie ou en totalité à actionner le véhicule (par un ou deux moteurs électriques) ou à charger une batterie d'accumulateurs, laquelle peut elle-même restituer l'énergie ainsi emmagasinée pour actionner les moteurs, soit seule, soit en parallèle avec la dynamo génératrice. Ce système, assez en faveur pendant quelques années, tend à céder le pas au précédent.

Dans le système à ***accumulateurs***, le courant produit par la dynamo est employé à charger une batterie d'accumulateurs portée par le véhicule; cette batterie fournit ensuite aux moteurs électriques du véhicule, par l'intermédiaire d'appareils divers : câbles, coupleurs, commutateurs,..., le courant nécessaire à leur fonctionnement. La plupart des véhicules électriques sur route et les automotrices d'un certain nombre de lignes de tramways et de chemins de fer sont actionnés par ce procédé.

A. — TRAMWAYS A TROLLEY ET A CANIVEAU

167. Dans cette ***méthode***, dite ***directe,*** une dynamo, placée dans une station centrale et commandée comme on vient de le dire par un moteur quelconque, produit un courant qui est canalisé le long des voies par des câbles aériens ou souterrains et transmis aux voitures à l'aide d'un contact glissant sur ces conducteurs. Dans le système aérien, une roulette ou *trolley* court le long du conducteur en cuivre, ou un frotteur appuie contre le rail de courant (chemins de fer). Dans le système

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

souterrain, un frotteur glisse dans une conduite ouverte et est pressé contre le conducteur de courant.

Le conducteur est relié au pôle positif de la dynamo, l'autre pôle est mis en communication avec les rails de la voie, ou quelquefois avec un deuxième conducteur et une deuxième perche ; les voitures, au moyen de la prise de courant, établissent un pont entre le conducteur et la voie de roulement. Le courant arrive donc aux voitures par le

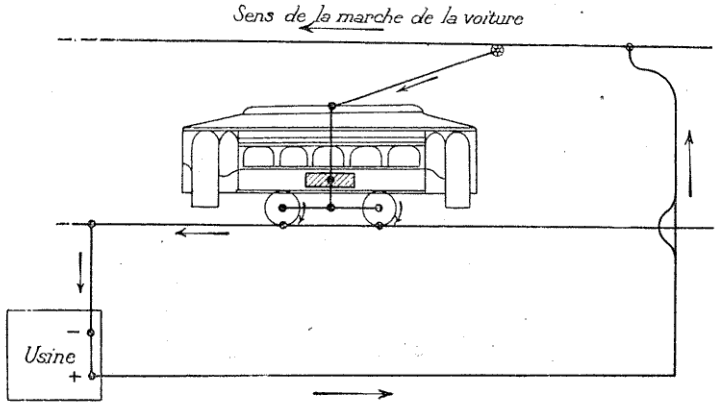


Fig. 496. — Alimentation d'une voiture électrique à trolley.

fil (*fig.* 496) ou le rail conducteur (1), où il est recueilli, dans le système à trolley, par la roulette qui passe sous le fil ; il chemine ensuite par la perche métallique et sa base, par un câble reliant cette base à l'interrupteur principal de la voiture, et il traverse les appareils de sûreté (parafoudre et coupe-circuits), le contrôleur, les appareils de réglage et les moteurs, pour retourner à l'usine par le truck, les roues et la voie de roulement (2), bien éclissée (*fig.* 356) pour faciliter ce

(1) On trouvera aussi, au chapitre *Chemins de fer et Métropolitains électriques*, des descriptions ou instructions pour la conduite et l'entretien, dont beaucoup pourront également se rapporter aux tramways.

(2) *Bulletin* Thomson-Houston, nos 1 et 15.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

retour et éviter les perturbations et les effets d'électrolyse dus aux courants vagabonds. Dans des cas particuliers, le retour s'effectue par un conducteur spécial (*fig.* 497).

Le fil aérien a habituellement un diamètre de 8 ou 9 mm ; lorsque la ligne est un peu longue (10 km et plus), ou qu'une même usine dessert plusieurs lignes, on divise le réseau en plusieurs sections, et l'on alimente le fil de travail de chacune d'elles par un feeder spécial, afin de rendre les sec-

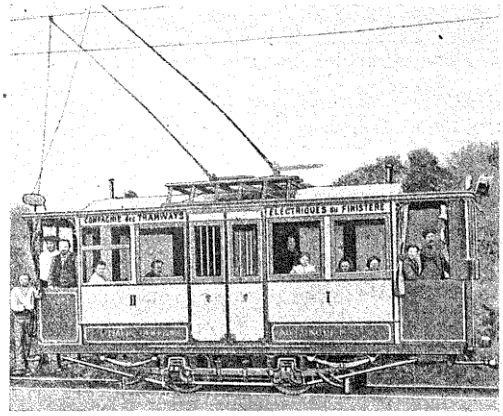


Fig. 497. — Ligne de tramway avec fil conducteur de retour.

tions indépendantes ou diminuer la perte de voltage dans les sections les plus éloignées ; on peut aussi, pour ces dernières, faire usage de survolteurs, qui élèvent la tension au départ de 15 à 20 volts et plus. Le retour du courant peut se faire dans ces divers cas par des feeders enterrés ou par les rails de roulement.

En cas d'emploi de conducteur souterrain, le caniveau peut être de l'un des deux types : axial ou latéral (*fig.* 354) ; c'est ce dernier qui est le plus adopté actuellement, le système axial étant toutefois utilisé aux diagonales. Le caniveau et le trolley, dans les tramways ; et le trolley (ou l'archet) et le conducteur, au niveau du sol ou un peu au-dessus, dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

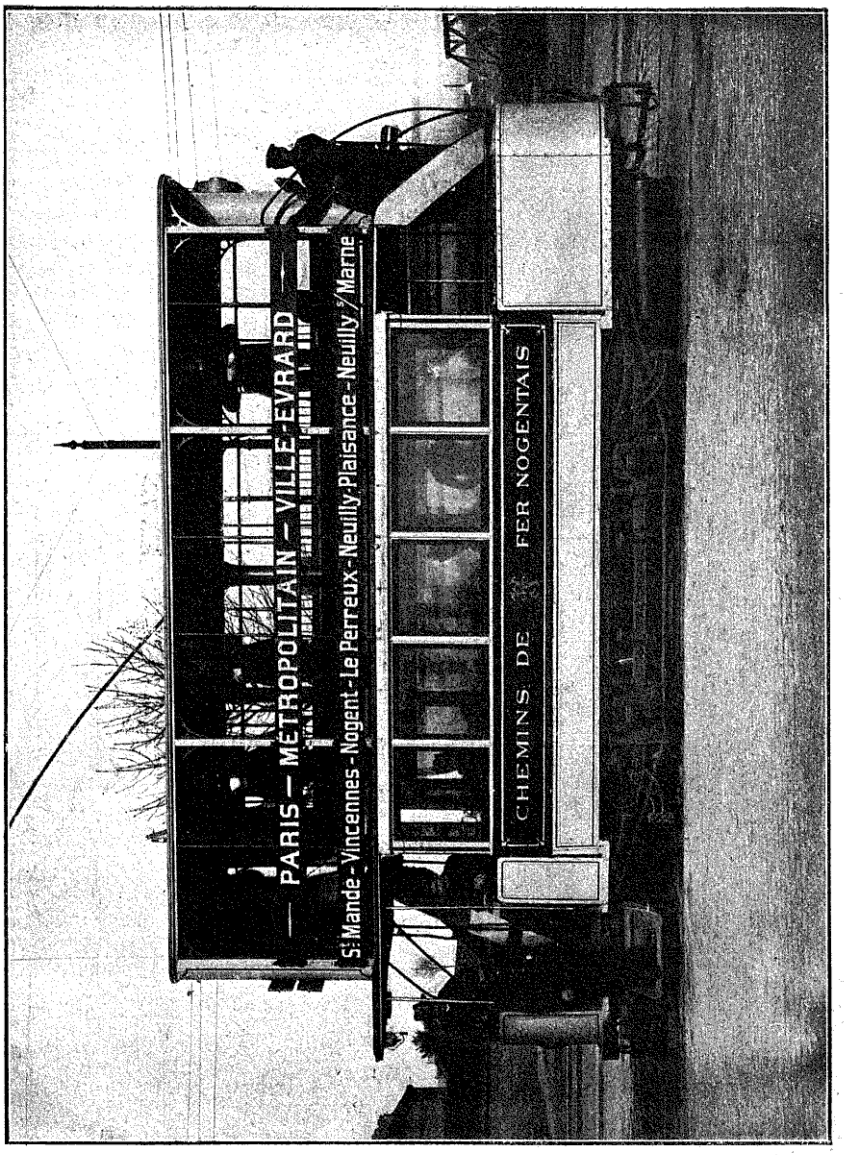


Fig. 498. — Automotrice électrique à trolley, à deux essieux moteurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chemins de fer, peuvent être employés ensemble sur une même ligne ou section de ligne, suivant les nécessités ou commodités de la circulation.

168. Les voitures ***automotrices de tramways,*** qu'elles soient à deux essieux simples ou à deux bogies, comportent généralement deux moteurs d'une puissance variant de 15 à 60 chx, tournant normalement à 500 tours, et attaquant les

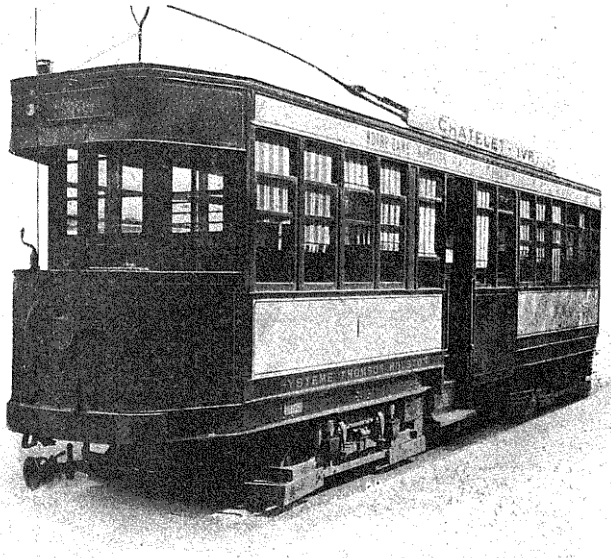


Fig. 499. — Automotrice électrique des lignes du Châtelet.

essieux par un simple harnais d'engrenages réduisant la vitesse dans la proportion de 5 à 1 environ.

Les automotrices de la Compagnie parisienne de Tramways (Tramways-Sud) et des Chemins de fer Nogentais sont équipées de matériel Thomson-Houston : moteurs, coupleurs, appareillage, etc. Pour le frein, un grand nombre sont munies du frein à air comprimé système Lipkowski ou du Christensen décrits d'autre part.

Les voitures des lignes du Châtelet (*fig.* 499) sont à deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

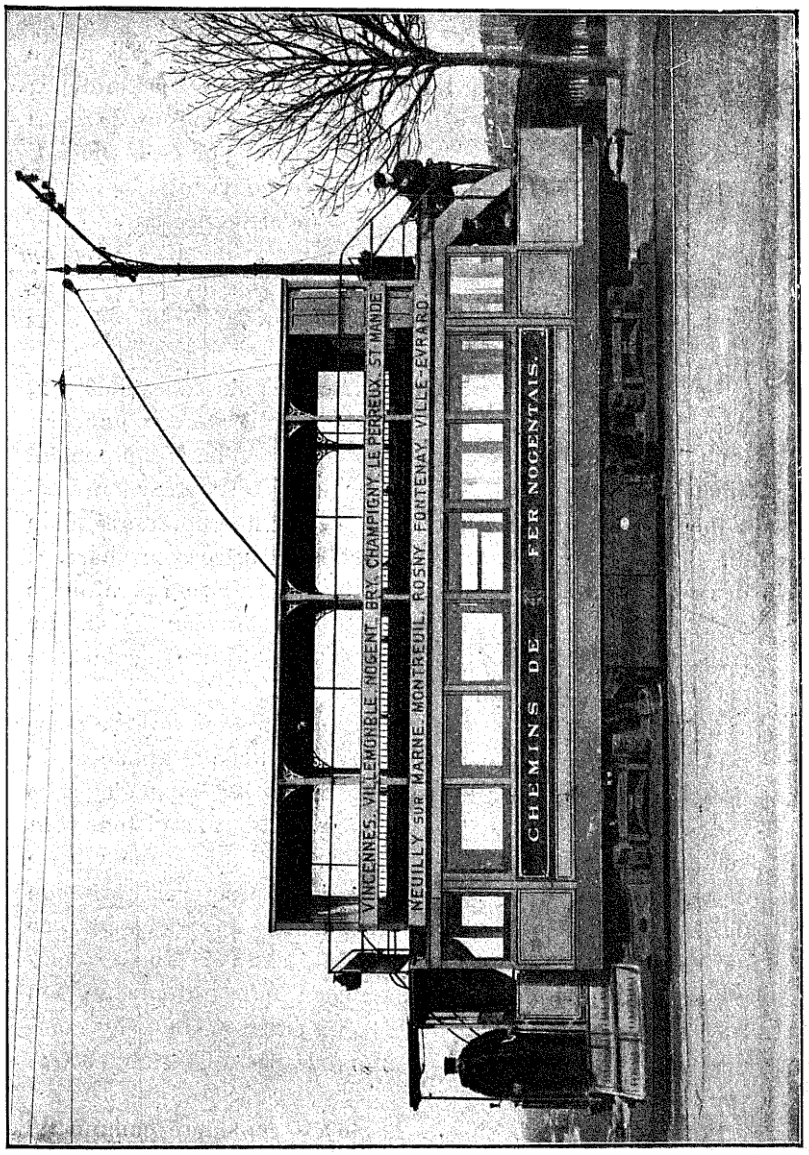


FIG. 500. — Automotrice électrique à trolley et caniveau, à deux bogies à un essieu moteur chacun.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bogies à roues égales, dont un seul, celui supportant la partie de la caisse renfermant les places de 2e classe, est moteur ; cette disposition facilite dans une certaine mesure la visite des moteurs électriques. Le poids reposant sur ce bogie est, en charge complète, les 3/5 environ du poids total de l'automotrice ; l'adhérence est ainsi généralement suffisante.

Les places de 1re classe sont au nombre de 19 et celles de seconde classe de 39. Les bogies ont leurs axes ou pivots espacés de 6,428 m, et peuvent s'inscrire avec facilité dans les courbes de 18 m de rayon.

Les moteurs sont du type GE 74, d'une puissance de 60 chx, décrit ci-après ; les contrôleurs, du type KZ, comportent cinq crans de série et cinq crans de parallèle. L'équipement électrique comprend, en outre, un interrupteur automatique MR-5 toujours en circuit, deux interrupteurs à main MS-8, l'un pour la marche avec trolley, l'autre avec charrue ; deux coupe-circuits MA-13 ; trois rhéostats GF ; un parafoudre ME-2 ; enfin un commutateur trolley-caniveau TC-3. Le freinage électrique s'obtient comme d'habitude par la mise en court-circuit des moteurs.

Le frein continu est à air comprimé, automatique ; le compresseur est à commande électrique avec régulateur de pression. Il comprend deux cylindres de 132,5 mm d'alésage et de 76,2 mm de course placés en regard, dont les pistons sont actionnés par un même arbre-vilebrequin ayant une vitesse de rotation de 200 tours par minute. Lorsque la pression de régime est atteinte (6 à 7 kg), le moteur prend 4,7 amp, ce qui correspond à une puissance de 7 chx 1/2. Mais le compresseur ne marche que d'une façon intermittente, et son travail moyen est seulement de 3 chx environ. (Dans les compresseurs dont le piston est commandé par un essieu, ce travail est de 2 chx.)

Pour le freinage, chaque bogie est considéré comme un véhicule indépendant et muni d'un cylindre de frein agissant sur une timonerie propre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

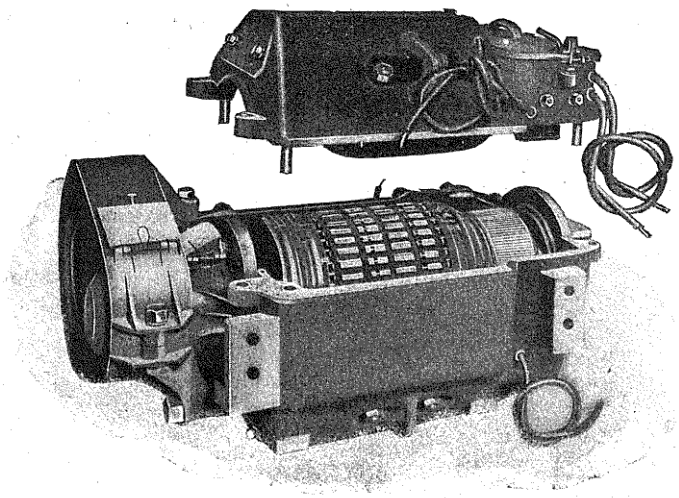


Fig. 501. — Moteur T. H. (la partie supérieure de la carcasse enlevée).

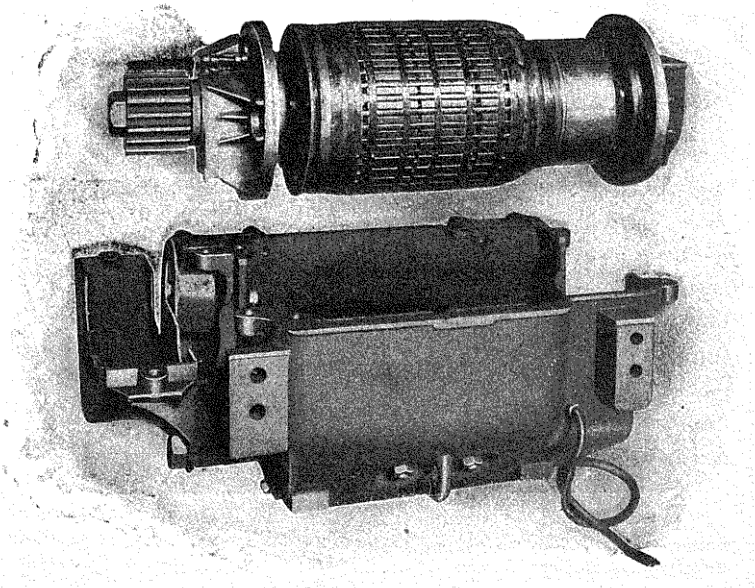


Fig. 502. — Moteur T. H. (l'induit retiré de la carcasse).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

169. Un bon ***moteur de tramway*** doit présenter une utilisation convenable de l'énergie, et n'exiger d'autre part qu'un faible entretien. Les conditions d'établissement d'un semblable moteur ont été exposées dans le *Bulletin* THOMSON-HOUSTON, au sujet de la description du moteur GE 74 (*fig.* 501-503) de cette société, appliqué notamment aux automotrices du groupe des lignes du Châtelet de la COMPAGNIE DES TRAMWAYS-SUD de Paris. Nous reproduisons cette note en partie ici.

Tout l'espace laissé libre par les organes électriques a été utilisé dans ce moteur au profit de la robustesse et par suite de la durée. C'est ainsi que les paliers (1) et leurs coussinets ont été calculés largement et qu'une grande importance a été donnée aux sections de ventilation. Au point de vue électrique, ce moteur joint un isolement excellent à une bonne commutation et à un grand rendement ; sa *puissance normale* est de 70 chx avec l'induit à deux tours et de 60 chx avec l'induit à trois tours : c'est la puissance qu'il peut développer sur l'essieu durant une heure de marche continue à 500 v, sans que l'échauffement dépasse la température ambiante de plus de 75° C. La puissance ainsi définie donne une première indication sur le service pouvant être demandé au moteur dans la pratique : c'est celle qu'il pourra fournir pendant une partie du parcours pour permettre à la voiture de franchir les passages les plus durs ; elle pourra être un peu dépassée pendant quelques instants (dans les démarrages par exemple), mais elle devra rester très sensiblement supérieure à la puissance que le moteur aura à fournir sans échauffement exagéré pendant tout le temps où il sera mis en service. L'indication de la *puissance permanente*, qui est celle que le moteur peut développer indéfiniment, donne une autre notion permettant de mieux apprécier cette dernière condition ; la puissance perma-

(1) Des paliers à billes (marque D. W. F , *fig.* 168), appliqués au commencement de 1908 à une voiture de tramway à accumulateurs de la ligne *Malakoff-les Halles* à Paris, et depuis 1904 à des voitures de Marseille, ont donné de bons resultats pour les arbres d'induits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nente du moteur GE 74 est de 30 chx. Il faut remarquer que la *puissance moyenne* qu'on peut demander au moteur en service, développant un travail variable, est encore inférieure à la puissance permanente, car l'échauffement résultant d'un débit variable est supérieur à celui qui doit provenir du régime permanent correspondant à la moyenne du débit : cette puissance moyenne est ici de 25 chx environ.

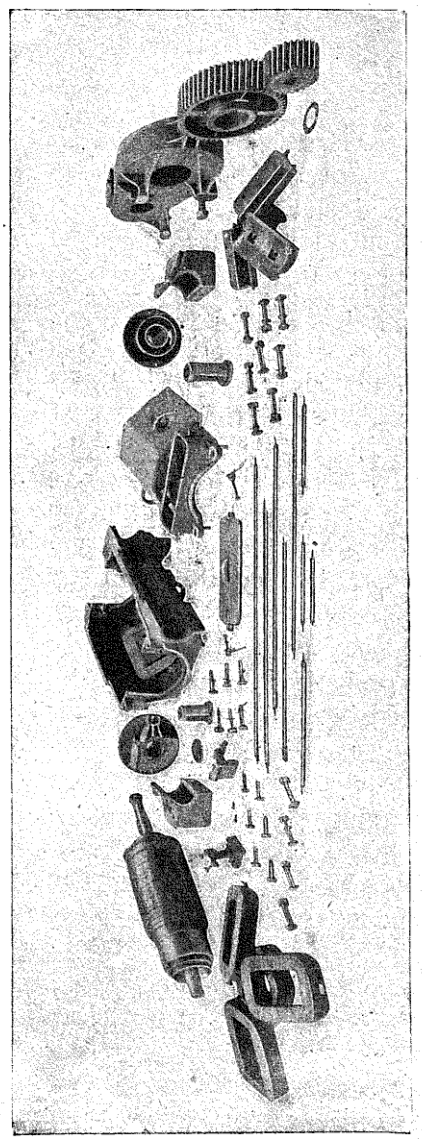


Fig. 503. — Moteur électrique complètement démonté.

La *carcasse* du moteur a une forme octogonale ; les pièces polaires, qui sont feuilletées, c'est-à-dire composées de feuilles d'acier doux de très faible épaisseur, sont disposées sur les faces à 45°, où elles sont fixées par deux boulons traversant le noyau ; les écrous sont noyés dans des évidements au-dessus desquels sont les oreilles de levage du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moteur. La carcasse est en deux parties; la partie inférieure comprend les deux côtés verticaux et les paliers; sur la partie supérieure, une grande ouverture, fermée par un verrou à came avec interposition d'un joint feutré, permet de visiter et de nettoyer le collecteur. Les coussinets d'induit, très longs, sont en bronze phosphoreux garni d'une couche mince d'antifriction, qui, si elle venait à fondre, n'entraînerait pas le portage de l'induit sur les masses polaires inférieures. Le graissage, enfin, est très bien assuré sans qu'il y ait à craindre que l'huile puisse pénétrer à l'intérieur du moteur.

De grands soins ont été apportés à la détermination des *bobines inductrices* pour réduire la tendance des balais à cracher, lorsque le courant subit de brusques interruptions ; ces bobines sont faites en deux sections avec du cuivre plat maté sur une forme appropriée. L'isolement est maintenu entre les spires par du ruban, et les sections, qui sont disposées en deux couches superposées, sont soigneusement séparées entre elles par des plaques de mica pur. Une fois matée et préparée ainsi, chaque bobine est recouverte d'une étoffe isolante spéciale qu'on enroule à mi-recouvrement et qu'on imprègne ensuite totalement avec un composé isolant et durcissant; on obtient de cette façon une bobine robuste et compacte, pratiquement inaccessible à l'humidité, la radiation de la chaleur y étant encore aussi favorisée que possible. La carcasse est elle-même peinte intérieurement, ainsi que dans les ouvertures de passage des câbles et leurs parties avoisinantes extérieures, avec un enduit très isolant pour empêcher les pertes de courant.

Les sections de l'*induit* sont façonnées et matées sur forme par groupes de trois, puis recouvertes d'un bon isolant. La partie centrale de l'armature est complètement protégée contre les projections d'huile, de poussière et de charbon, qui tendraient à créer des courts-circuits. Les développantes latérales sont recouvertes d'une garniture de forte toile goudronnée; elles sont vigoureusement appliquées sur le manchon et la flasque d'induit à l'aide d'un frettage de fil d'acier. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frettage du corps de l'induit est encastré, de façon à ne pas désaffleurer sur le diamètre extérieur des tôles.

La Compagnie Thomson-Houston emploie pour le bobinage des induits l'enroulement Eickemeyer, qui permet de préparer à l'avance des bobines dont le montage et le remplacement s'opèrent très facilement (*fig.* 303). Ce genre d'enroulement est composé d'une série de bobines exactement semblables comme forme et comme dimensions ; elles sont superposées, et il est ménagé entre elles un intervalle laissé libre qui leur assure un isolement parfait.

Le *collecteur* est formé de lames de grande hauteur en cuivre étiré dur ; elles sont isolées entre elles par des plaques de mica pur comprimé, celles devant s'user uniformément avec le cuivre étant d'une qualité plus tendre. Une bonne commutation est assurée par ces dispositions et par les soins pris dans le montage.

Les *porte-balais* sont en bronze et comportent chacun deux charbons à calage fixe pressés uniformément contre le collecteur; leur réglage s'effectue d'après l'état d'usure de ce dernier. Pour éviter autant que possible la traversée des ressorts et des axes par le courant, un shunt en fil de cuivre tressé est disposé entre chaque charbon et le corps du balai. — Les balais en charbon, pour différentes raisons, et notamment parce que les moteurs doivent tourner dans les deux sens sans qu'il soit possible de changer le calage des balais, sont seuls employés dans les moteurs de tramways. Il y en a de différentes qualités. Les balais en graphitoïde, à base de graphite pur, ont un aspect luisant, gras et d'un gris métallique, et sont bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité. Ils laissent passer 20 à 25 amp par centimètre carré de section, contre 6 à 7 amp seulement pour les balais en charbon de cornues à gaz ordinaires et 15 amp environ pour ceux de fabrication supérieure. Les balais en graphitoïde s'usent moins aussi ; ils restent polis et ne rayent ni n'usent autant les collecteurs.

Le pignon d'entraînement de l'essieu est en acier forgé avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dents taillées, la roue est en acier coulé; ils sont enfermés dans un carter en fonte malléable ou en acier coulé nervuré, en deux parties qui sont boulonnées à la partie inférieure de la carcasse du moteur. Le rapport des engrenages est de 4,56 dans l'induit à deux tours et de 3,68 dans l'induit à trois tours. Les armatures à deux tours donnent une vitesse plus grande sur profil facile, celles à trois tours possèdent un couple moteur plus élevé et conviennent pour les lignes à rampes moyennes où la vitesse exigée est encore assez élevée et le service pénible. Les induits à quatre et six tours conviennent pour les faibles vitesses et les grands efforts.

Les moteurs de tramways sont habituellement du type à excitation en série (**62**) et à quatre pôles et quatre bobines inductrices (tétrapolaire); certains moteurs de quelques maisons de construction n'ont que deux bobines, les deux pôles qui n'en sont pas munis étant alors des pôles auxiliaires, ou conséquents.

Les moteurs reposent, d'une part, sur l'essieu par deux coussinets en bronze qui peuvent être antifrictionnés; ils sont suspendus d'autre part à une traverse en fer ⌴ du châssis, par une tige munie d'un écrou et d'un contre-écrou, par l'intermédiaire d'un ressort à boudin donnant de l'élasticité à la suspension.

Les engrenages, qui peuvent être droits ou à chevrons (ces derniers sont plus silencieux), et en acier ou en fonte, sont généralement renfermés dans des carters qui facilitent le graissage et réduisent l'usure et le bruit. Les résistances de démarrage sont habituellement disposées sous les plates-formes du wattman. Les câbles sont soigneusement enveloppés et maintenus, pour éviter une détérioration de l'isolement qui occasionnerait des pertes et courts-circuits. Dans les villes, les voitures appelées à faire de la remorque sont munies d'un frein à air continu et automatique, en plus du frein à main; le frein continu est souvent du type dénommé « direct et automatique » qui permet de freiner l'automotrice seule au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frein direct (lequel est plus modérable), pour les simples ralentissements, et l'ensemble du train à l'automatique pour les arrêts en vitesse ou d'urgence. On sait que la disposition d'automaticité est caractérisée par l'application immédiate et à fond du frein lorsqu'une fuite d'air importante se déclare à la conduite générale, par exemple lors du décrochage ou de la rupture du boyau d'accouplement entre les deux véhicules.

170. La figure 334 représente un ***coupleur*** Thomson-Houston de tramways du type série-parallèle, convenant pour les voitures lourdes équipées de deux moteurs de 35 chx (tramways à accumulateurs de la ligne « Louvre-Vincennes » de la Compagnie générale des Omnibus de Paris, par exemple). Un modèle un peu différent est appliqué à des voitures plus légères en service au Havre sur des lignes à fortes pentes; ces voitures sont munies d'un système de freinage électrique dont il a déjà été dit quelques mots (**75**) et dont il convient de rappeler le principe ici.

Dans ce mode de freinage, la puissance électrique, fournie par les moteurs tournant comme génératrices dans les fortes descentes, est réglée au moyen des mêmes résistances qui servent à modifier la marche des moteurs dans le fonctionnement normal; le contrôleur habituel est muni à cet effet de contacts supplémentaires qui servent à envoyer une partie du courant dans un frein magnétique (*fig.* 338). Ce dernier se compose d'un disque en fonte solidement fixé sur chaque essieu et d'un électro-aimant qui, lorsqu'on y lance un courant, vient s'appliquer énergiquement contre le disque, en contribuant à l'arrêt de la voiture par son frottement et par les courants de Foucault très intenses qui prennent naissance dans le disque. Ce type de contrôleur série-parallèle, comme la presque totalité de ceux construits aujourd'hui, est muni d'un système de soufflage magnétique qui étouffe en quelque sorte, dès leur formation, les arcs qui s'amorcent dans les manœuvres du coupleur, empêchant ainsi la détérioration des contacts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

171. L'***appareillage*** des voitures électriques à conducteur comprend, on le sait (**76**), le dispositif de prise de courant (perche avec trolley, archet ou frotteur inférieur), des boîtes de résistances pour le réglage de la vitesse, des interrupteurs de sûreté à main et automatiques, des fusibles, parafoudres, enfin l'installation d'éclairage électrique avec dispositif de commutation et fusible.

172. Le système de traction dit à ***unités multiples***, permettant d'actionner les moteurs de deux automotrices accouplées par la manœuvre d'un seul contrôleur série-parallèle, et n'exigeant par suite qu'un seul wattman est parfois employé (tramways du littoral de Nice). Ce système sera décrit à propos des trains du chemin de fer métropolitain de Paris, où il est employé sur une large échelle.

173. ***Conduite.*** — Les interrupteurs principaux étant ouverts et la perche de trolley abaissée, on doit manœuvrer et examiner les coupleurs pour s'assurer qu'ils jouent librement, que les contacts sont propres et que les balais portent bien sur les segments des cylindres (coupleur T.-H). Si la voiture est symétrique, on fait la même constatation au coupleur d'arrière, dont on met la manette au cran d'arrêt. On visite aussi les circuits, les interrupteurs et les plombs fusibles, les collecteurs des moteurs, qui doivent être propres et sur lesquels les balais doivent appuyer avec une pression convenable, et enfin le câblage; on vérifie les organes et le fonctionnement du frein, les sablières, les lampes, les signaux sonores, puis on graisse les paliers des moteurs et des induits, les engrenages, les boîtes d'essieux et leurs glissières.

On appuie ensuite le trolley contre le fil conducteur, les interrupteurs étant toujours ouverts; le wattman place ses manettes sur les carrés des cylindres du régulateur avant, ferme l'interrupteur, met la manette de changement de marche dans la position de marche avant, desserre le frein,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et pousse enfin de la main gauche la manette de marche sur le cran 1, ce qui fait démarrer la voiture ; presque aussitôt, il passe au cran 2, puis aux suivants, pour s'arrêter seulement sur le dernier cran de la marche en série, en tenant à la main la poignée du frein pour pouvoir ralentir ou s'arrêter si la voie est engagée par des voitures en manœuvre. Lorsque la voiture est sortie du dépôt, et si la voie est libre, le wattman passe successivement sur les crans de la marche en parallèle (rapidement de la position série au premier cran de la marche en parallèle), de manière à supprimer les résistances du circuit ; et il s'arrête sur le dernier cran le temps nécessaire pour obtenir la vitesse qu'il juge nécessaire ; s'il veut laisser la voiture courir en vertu de la vitesse acquise, il ramène vivement la poignée de la manette de marche au cran d'arrêt (en évitant de dépasser ce point), ce qu'il fait aussi au préalable chaque fois qu'il veut se servir du frein à air ou à main. Le freinage électrique par changement de marche, qui échauffe les moteurs et risque de faire repartir la voiture en arrière dès qu'elle est arrêtée, ne doit être employé qu'en cas d'absolue nécessité, et lorsque les autres freins sont insuffisants ou hors d'usage.

Au début des manœuvres que l'on vient d'indiquer, si la voiture ne démarre pas, le frein étant desserré, après qu'on a poussé la manette de marche sur les crans 1 et 2, il faut ramener la manette à l'arrêt, puis vérifier le circuit aux points où il peut se couper par suite de :

a) Rupture du fil de contact (1) ;

b) Déraillement du trolley ;

c) Fusion d'un plomb ou mauvaise position de la clef du commutateur ;

d) Défaut de serrage des vis de connextion des câbles conducteurs avec le régulateur ou le moteur ;

e) Présence, sur les rails, de boue ou de saleté empêchant

(1) Tramways de Zurich, *Instructions aux mécaniciens.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le contact avec les roues, ce dont on est averti par la production d'étincelles abondantes sous ces dernières ;

f) Passage du trolley sous un isolateur de section.

Ces défauts peuvent se reconnaître rapidement ; pour éviter la formation (dans le cas de passage du trolley sous un isolateur) d'étincelles nuisibles aussi bien pour le trolley que pour les isolateurs, le mécanicien doit toujours couper le courant un instant en ces points.

Pendant la marche, il ne faut sous aucun prétexte enlever la manivelle du frein ou la manette du régulateur pour la replacer dans une autre position. Ce changement ne peut se faire que la voiture arrêtée, le cliquet ayant encore été mis en prise pour la manivelle du frein. Le mécanicien doit s'assurer fréquemment que ces organes, ainsi que la poignée de l'interrupteur de sûreté, sont solidement fixés dans leur position.

On doit veiller avec grand soin à ce que, dans chacune de ses positions, la manette du régulateur se trouve bien en face du repère correspondant ; il faut éviter notamment de laisser la manette entre le cran 1 et le cran d'arrêt.

Le mécanicien doit s'attacher, tout en n'occasionnant pas de retard dans la marche, à économiser le plus possible le courant, — qu'il doit couper totalement, par exemple, dans les pentes d'une inclinaison suffisante, et aussi un temps convenable avant chaque arrêt pour permettre l'utilisation du « lancer » de la voiture. Les démarrages occasionnant généralement une grande dépense d'énergie, on doit éviter, dans la mesure du possible, par un examen attentif de la voie, les arrêts complets en dehors des points où on doit laisser ou prendre des voyageurs. — Pour la même raison, encore, il faut signaler les défectuosités ou échauffements des moteurs, afin qu'on les répare rapidement au dépôt pour que le fonctionnement de la voiture soit toujours économique.

Dès qu'il s'aperçoit que le trolley a déraillé, le mécanicien doit, en général, sans s'arrêter, interrompre le courant et ne le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rétablir que lorsque le conducteur a enraillé le trolley et donné le signal du départ.

Par les temps d'orage, on laissera les lampes en circuit toute la journée. Il est absolument défendu, sauf lorsque la manette du coupleur ne peut être ramenée à zéro, d'abaisser le trolley tant que le circuit n'est pas arrêté.

Pendant la marche, la perche du trolley doit toujours être inclinée vers l'arrière. Il ne peut être fait exception à cette règle que lorsqu'il s'agit de reculer seulement de quelques mètres, et encore faut-il marcher très doucement. Au passage des aiguilles, on doit toujours, même dans ce dernier cas, retourner le trolley.

Lorsque, dans une voiture symétrique, il y a lieu de changer le sens de marche de la voiture, le wattman doit, avant de quitter la plate-forme qu'il abandonne, effectuer les diverses opérations nécessaires dans l'ordre suivant :

a) Ouvrir l'interrupteur de sûreté ;

b) Mettre le régulateur à l'arrêt et enlever ensuite la manette.

En prenant place sur l'autre plate-forme, le mécanicien doit effectuer les mêmes opérations, mais dans l'ordre inverse, et avec cette différence qu'avant de fermer l'interrupteur de sûreté, il s'assurera que la manivelle du frein et la manette du régulateur se manœuvrent bien.

Le retournement du trolley est opéré par le conducteur.

174. Parmi les ***dérangements*** les plus fréquents, il faut noter le manque d'arrivée de courant aux moteurs. Lorsque ce fait se produit, le mécanicien doit d'abord rechercher s'il existe un des défauts mentionnés dans l'énumération faite plus haut à ce propos. Il peut aussi arriver que l'interrupteur automatique se soit simplement ouvert (lorsque, par exemple, on a marché avec le frein serré). Si l'équipement de la voiture est en bon état, c'est que le manque de courant vient d'un dérangement à l'usine ou sur la ligne ; il n'y a alors qu'à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fermer le circuit des lampes : ces dernières, en s'allumant, indiqueront le retour du courant.

En cas d'avarie à l'un des moteurs, les instructions des dépôts indiquent les précautions à prendre pour marcher avec l'autre moteur seul, au moyen d'une fiche d'isolement, d'un interrupteur spécial, etc.; si dans l'intervalle on est rejoint par la voiture suivante, il conviendra de se faire pousser dans les rampes un peu fortes pour ne pas occasionner de retard, et aussi pour ménager le moteur restant, qui devrait trop travailler, et pourrait s'échauffer d'une façon dangereuse pour les isolements.

Si, dans une manœuvre de la manette du coupleur pour la ramener à zéro, on était arrêté par une résistance anormale, on ouvrirait l'interrupteur de sûreté pour pouvoir examiner les cylindres et les plots : en cas de non-fonctionnement de l'interrupteur, il resterait encore la ressource d'abaisser le trolley.

La présence de saletés ou de sable sous les roues, en les isolant des rails, peut, dans les systèmes de traction à conducteur, gêner et même empêcher le démarrage, en s'opposant au retour du courant : le circuit n'est plus fermé, le courant ne circule plus et les moteurs ne peuvent se mettre en marche. Le cas est assez analogue à celui d'un moteur à vapeur sous pression dont la vanne d'admission sur le cylindre serait fermée. Les diverses parties métalliques de la caisse et du châssis tendent à s'électriser pendant que les roues restent sur le sable, et il peut en résulter des accidents, si par exemple une personne, pour monter en voiture ou en descendre, prend avec la main une rampe en fer non garnie d'un isolant, cuir ou caoutchouc.

Dans les véhicules à accumulateurs, le courant revenant à la batterie, le même inconvénient ne peut pas se produire, et un tas de sable sous les roues ne peut que produire une certaine résistance que les moteurs peuvent vaincre facilement. Dans les voitures à conducteur, pour permettre le démarrage,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il faut retirer le sable qui est sous les roues ou mouiller abondamment les rails au portage des roues au moyen d'un seau ou d'un arrosoir (voir note IV en *Appendice*).

175. Les ***avaries*** suivantes peuvent encore se produire en cours de route. Lorsque les résistances métalliques s'allongent et se déforment, elles peuvent venir toucher la masse et créer un court-circuit, en occasionnant un dégagement de chaleur suffisant pour mettre le feu aux boiseries de la voiture, si elles en sont assez rapprochées; un coup de feu peut en même temps se produire au coupleur. Pour continuer à marcher, il faut isoler ces résistances, mais on ne peut plus faire un service normal, car on risquerait de brûler les moteurs dans les démarrages; on doit alors revenir en haut-le-pied au dépôt, en évitant les arrêts en cours de route (pendant que les moteurs tournent à une certaine vitesse, la force contre-électromotrice empêche une trop grande quantité de courant de pénétrer dans l'induit et limite par conséquent l'échauffement), ou accoupler l'automotrice à la suivante. Dans ce dernier cas, la marche à employer est celle-ci dans les véhicules à accumulateurs : les démarrages, jusqu'à la vitesse de 10 km, et les reprises de vitesse après les ralentissements sensibles, doivent être effectués par le mécanicien de la deuxième voiture, et la marche en vitesse par celui de l'automotrice avariée; on pourra arriver ainsi dans de bonnes conditions au terminus sans épuisement excessif des batteries des deux voitures.

Les moteurs peuvent prendre feu, également, soit par un échauffement électrique, soit par suite d'un échauffement mécanique. Les fils ou les sections d'induits, et aussi les barres des collecteurs, peuvent être mis en court-circuit par la destruction de l'isolement, par l'humidité ou par des poussières métalliques agglutinées par l'huile venant des paliers, ou encore par les bavures provenant du frottement de l'induit contre les masses polaires inférieures, par suite d'une usure excessive des coussinets de palier ou d'une torsion de l'arbre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les pertes par défaut d'isolement se manifestent fréquemment dans les moteurs et les circuits : elles donnent lieu à une augmentation de dépense de courant et à des échauffements; il faut vérifier fréquemment l'isolement au moyen de lampes ou d'une sonnerie. Les paliers de l'arbre peuvent chauffer fortement par manque de graissage, et le régule des coussinets arriver à fondre. Il faut alors faire rentrer la voiture au dépôt en haut-le-pied et avec un seul moteur, ou la faire pousser par l'automotrice suivante, si le trajet restant à faire n'est pas trop considérable, sans cela la faire garer sur la voie d'évitement la plus proche et l'envoyer chercher par la voiture de réserve. Il peut encore se produire des coups de feu au coupleur par des résistances venant au contact ou par suite de touches ne pénétrant pas bien dans leurs logements, ou encore par une « masse » ou une « terre » se déclarant, par exemple, entre le tablier sur lequel repose le coupleur et le premier plot, par suite d'un défaut d'isolement. A ce propos, un incendie produit par le passage du courant ne doit pas être éteint avec de l'eau, mais avec du sable ou des chiffons secs, en évitant de toucher les parties électrisées avec les mains si on n'a pas de gants en caoutchouc (**72**); si l'incendie continue, il faut ouvrir les interrupteurs avant et arrière et couper quelques connexions en des points différents de la batterie dans les voitures à accumulateurs. — Un induit étant à la masse (par suite, par exemple, de défrettage, les fils venant frotter sur les masses polaires), si l'on isole le moteur correspondant par le moyen des combinaisons du coupleur, il faut avoir soin de relever en même temps les balais; sans cela, dans la marche en série, l'autre moteur se mettrait également à la masse, s'échaufferait, et l'induit éprouverait une résistance qui réduirait sa vitesse de rotation.

176. ***Entretien.*** — Pour réduire la dépense d'énergie et aussi celle d'entretien, il faut que les moteurs, les coupleurs et tout l'appareillage soient maintenus constamment en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bon état. En plus des soins journaliers indiqués plus haut, les moteurs doivent être descendus environ tous les deux mois, les induits retirés de leurs paliers, examinés et essayés, ainsi que les inducteurs, au point de vue de l'isolement électrique ; l'entrefer vérifié, les balais et les porte-balais réglés et remplacés si c'est nécessaire, le collecteur nettoyé, les câbles examinés, principalement dans les parties coudées ou venant frotter contre une partie quelconque du châssis et susceptibles ainsi d'avoir leur isolant détérioré.

Les avaries les plus habituelles et en même temps les plus graves proviennent de mises à la terre ou à la masse, par suite de contact entre les parties devant être isolées électriquement. Pour l'induit et le collecteur, des poussières métalliques venant de l'usure du collecteur, ou de l'humidité due à des projections d'huile, peuvent produire des courts-circuits entre les lames ou les sections ; il en est de même des bavures aux collecteurs faites au tournage par un outil suffisamment coupant. Cette dernière cause d'avarie est assez fréquente, et elle se manifeste habituellement dès la mise en service de cet organe. D'ailleurs, fréquemment, des avaries de toute sorte surviennent à la suite d'un travail effectué aux organes, ou même d'une simple visite : c'est que le montage ou la réparation ont été mal exécutés, et on en trouve généralement la cause **en examinant les parties visitées ou retouchées.**

L'humidité est une autre cause de court-circuit, et les câbles, notamment, doivent être fréquemment examinés sous ce rapport ; le coton, la soie, la toile ou les autres matières composant l'isolement se détériorent par le frottement, les échauffements et même sans cause apparente, sous la seule influence du temps ; il importe donc, lors de certains démontages nécessités par des visites ou des réparations périodiques, de vérifier l'isolement et de remplacer les conducteurs présentant une défectuosité sous ce rapport.

C'est principalement aux coupleurs et aux induits, c'est-à-dire aux organes qui travaillent le plus, que se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manifestent les dérangements et les avaries ci-dessus.

Une manœuvre trop lente des coupleurs entraîne d'abord la formation d'étincelles aux balais et la détérioration progressive des contacts ; le mauvais fonctionnement des ressorts ou la non-pénétration d'une touche dans son logement (suivant le type de coupleur) peuvent produire des courts-circuits et des étincelles qui obligent à réparer la partie défectueuse avant de pouvoir continuer la marche.

Le jeu existant entre l'induit et les masses polaires étant faible, 3 mm environ, il importe qu'il soit bien réglé et vérifié assez fréquemment, afin qu'il ne puisse y avoir contact et frottement entre ces pièces, ce qui détériorerait l'induit, mettrait les sections de cet organe en court-circuit et produirait l'échauffement électrique de l'ensemble du moteur. Lors de la visite ou de la réfection des moteurs, on règle l'entrefer (l'expression d'entrefer ne désigne ici que l'épaisseur de la couche d'air résultant du jeu existant entre les pièces polaires et l'induit, ou plus simplement ce jeu ; mais, au point de vue du fonctionnement électrique, l'entrefer comprend aussi l'épaisseur du fil induit), de manière qu'il soit un peu plus grand à la partie inférieure de l'induit, et qu'il tende ensuite à s'égaliser par l'usure des coussinets de paliers. Un entrefer un peu plus faible à la partie supérieure a encore l'avantage de donner lieu à une plus forte attraction par les inducteurs correspondants — qui sont, on le sait, de puissants aimants — à alléger pour ainsi dire l'induit et à réduire le frottement de l'arbre dans les coussinets.

Pour la même raison, les ouvriers qui travaillent à la réparation où à la visite des moteurs et des balais doivent bien prendre garde de laisser tomber des outils dans la carcasse ; ces outils pourraient être attirés par les inducteurs et occasionner des avaries s'ils s'introduisaient entre ces pièces et l'induit.

Si l'on se trouvait dans la nécessité, pour éviter le frottement de l'induit contre les masses polaires, d'augmenter l'en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trefer en interposant une cale entre les deux parties de la carcasse, il faudrait disposer de chaque côté de la cale une feuille de papier d'étain pour améliorer la conductibilité magnétique de la carcasse.

Un affaissement excessif de l'induit, par suite de l'usure de la partie inférieure du coussinet, se reconnaît généralement à ce fait que la vitesse de la voiture est augmentée sous l'influence de l'accroissement du champ magnétique par le rapprochement de l'induit et des inducteurs inférieurs. Un court-circuit, ou seulement une diminution de l'isolement des spires des inducteurs, donne également une augmentation du champ et de la vitesse ; avec un bon isolement et un bon centrage de l'induit, le champ est réduit et la vitesse est sensiblement plus faible, notamment lors des démarrages dans la marche en série.

Comme matières isolantes, on doit préférer celles qui, après séchage, deviennent résistantes et ne se désagrègent pas sous l'effet des trépidations ; elles sont préférables à la gutta et à la gomme laque employées habituellement, tout en étant plus économiques.

Pour réduire l'usure des coussinets, on leur donne une grande longueur et on leur assure un bon graissage, en évitant encore que l'huile ou la graisse qui s'échappent par la partie inférieure des paliers puissent se répandre sur le collecteur et l'induit, en agglutinant les poussières métalliques et risquant de produire des courts-circuits entre les sections. Le régule s'usant parfois rapidement, suivant sa qualité, on préfère souvent employer des coussinets entièrement en bronze et non antifrictionnés ou régulés.

Quand la surface de portée des coussinets est insuffisante, l'usure qui en résulte oblige à employer un entrefer élevé. L'emploi de roulement à billes est encore avantageux sous ce rapport, à condition de les garantir contre l'éclaboussure de la graisse des engrenages et contre la poussière et la boue, qui les détérioreraient rapidement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les voitures munies de deux moteurs, il importe que l'entrefer, d'où dépend en partie la valeur de l'excitation et par suite la puissance des moteurs, soit le même pour les deux moteurs, afin que leur puissance soit aussi égale ; il faut encore, pour que cette égalité se réalise, que les inducteurs soient également en bon état, et que les balais soient calés bien également par rapport à la ligne neutre et appuyés bien également aussi sur le collecteur. Si l'un des moteurs travaillait plus que l'autre, il pourrait patiner dans les démarrages et s'échauffer outre mesure après un certain temps de marche. Il est facile de se rendre compte dans les terminus et garages si les deux moteurs s'échauffent également et normalement, ce qui est généralement le signe d'un travail égal. L'usure des coussinets et la valeur de l'entrefer doivent être vérifiées toutes les cinq à six semaines, si possible.

177. Les induits et inducteurs réparés ou refaits à neuf doivent être soigneusement ***séchés*** avant leur remontage dans la carcasse. Ce séchage s'opère dans une étuve portée à une température élevée par une circulation de vapeur dans des tuyaux convenablement disposés, par un chauffage au gaz ou par un courant électrique envoyé dans des résistances ; suivant la température atteinte, il peut durer plusieurs jours. Avant le remontage du moteur sous la voiture, on fait encore tourner l'induit dans la carcasse pour s'assurer qu'il ne frotte pas sur les inducteurs, que le frettage tient bien et que rien d'anormal ne se manifeste. On peut utiliser à cet effet du courant de 500 v dont on abaisse la tension à 150 v au moyen d'une résistance liquide ; l'intensité au démarrage est environ de 4 ou 6 amp et ne s'élève qu'exceptionnellement à 8 ou 10 amp ; elle s'abaisse d'ailleurs immédiatement à 2 ou 3 amp, le travail correspondant étant de 1/2 ch environ, pour un moteur de 35 chx tournant à 530 t. En prolongeant ce fonctionnement, il peut aider un peu au séchage de l'induit.

L'isolement des inducteurs et des induits doit être vérifié

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

après le séchage et ne doit généralement pas être inférieur à 1 méghom (1.000.000 d'ohms).

Un excellent séchage des induits peut être encore obtenu en faisant passer un courant d'intensité et de durée suffisantes dans l'armature, par le collecteur et des balais appropriés. L'intensité de début peut être d'environ 20 amp; on l'augmente progressivement jusqu'à 80 ou 90 amp. La durée de l'opération doit être telle que, l'induit étant refroidi (1), la résistance entre le collecteur et l'arbre de l'induit soit au moins, avons-nous dit, de 1 mégohm.

La dépense d'énergie pour un induit entièrement refait est voisine de 40 kw-h au tableau après un temps de séchage de 6 h environ; pour un prix du kilowatt de 7,5 c, cela représente 3 f sans la main-d'œuvre, qui peut s'évaluer elle-même à 2 f.

Avec des balais ordinaires, il faut imprimer à l'induit, à la main ou autrement, un mouvement de rotation, pour que toutes les lames du collecteur viennent au contact successivement avec les balais, afin que les spires de l'induit reçoivent toutes, sensiblement, une même quantité de courant. Mais avec des balais spéciaux venant en contact avec au moins trois barres, la lame du collecteur au milieu du balai + étant la correspondante de celle milieu du balai —, le collecteur peut être laissé au repos. Un thermomètre serré entre deux spires de l'induit, en différents points successivement de son pourtour, donne bien, en effet, une même température dans toutes les positions.

La vérification et le séchage des induits réparés peuvent encore être effectués de la façon suivante. — L'armature étant enroulée et prête à être réunie au collecteur, on relie avec un petit fil tous les conducteurs supérieurs entre eux, les conducteurs inférieurs restant séparés. Avec une magnéto, ou

(1) La chaleur diminue l'isolement électrique : à 80°, à la fin du séchage, l'isolement n'est pas sensiblement plus élevé qu'au début du séchage, l'induit étant dans ce dernier cas à la température ambiante (15°).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tout autre instrument approprié, on constate, par exemple, que l'isolement de l'ensemble de l'armature laisse à désirer. Tout d'abord on coupe en plusieurs endroits le petit fil de connexion et on essaye chacune des parties pour déterminer laquelle contient le défaut ; enlevant ensuite entièrement le fil, on essaye séparément chaque section de cette partie, de manière à reconnaître celle qui est défectueuse. Avec un transformateur, on produit alors un courant alternatif de 3 à 4.000 v, que l'on applique à cette section ; si elle résiste, on peut la laisser en place, sinon on devra la changer.

Si l'on reconnaît que le défaut d'isolement s'étend à une grande partie de l'armature, ce qui provient généralement alors d'humidité dans l'isolement, on peut, par l'emploi du même transformateur, obtenir une tension de 25 à 30 v et, en réunissant l'armature au collecteur, à l'exception d'une extrémité d'une des sections, puis en reliant cette extrémité à l'un des pôles du circuit à 25 v et l'autre pôle à la lame correspondante du collecteur restée libre, on pourra envoyer le courant dans l'armature pour la sécher. Avec cette méthode, la chaleur étant engendrée dans l'enroulement, le séchage se fera de l'intérieur à l'extérieur. Le courant peut être pris sur un tableau d'éclairage avec interposition de résistances ; pour le séchage d'un induit de moteur de tramway, l'intensité du courant est de 30 amp et la durée de l'opération de 4 h environ.

Il est nécessaire de vérifier fréquemment l'isolement des diverses parties des moteurs des voitures en service : c'est ce que l'on appelle « sonner les moteurs », expression que l'on emploie même lorsque l'on effectue cette opération avec des lampes au lieu d'une sonnerie.

On prend à cet effet un câble souple dont on dénude les extrémités, et l'on introduit l'une de ces extrémités (après avoir enlevé le coupe-circuit arrière) à la place d'une lampe de la voiture, l'autre extrémité étant reliée à une lampe mobile disposée sur une planchette en bois ; des pôles de cette lampe partent deux pointes en fer munies de poignées en bois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on tient à la main, et qu'on met en contact, d'une part avec une partie bien nettoyée de la carcasse du moteur, et d'autre part avec l'organe dont on veut vérifier l'isolement : un porte-balai, par exemple, dont un fil dénudé venant du coupleur peut toucher la masse. Si la lampe de la planchette s'allume, la partie essayée est à la masse ; elle est bien isolée, au contraire, si la lampe ne s'allume pas. (Un collecteur réparé ou refait et non encore relié à l'induit peut s'essayer de la même façon pour s'assurer que deux lames ne sont pas en court-circuit.)

Pour vérifier l'état des câblages, celui des inducteurs, par exemple, on met l'une des pointes en contact avec le cuivre du câble, perforé à dessein pour cet essai, et l'autre avec le collecteur ; si le câble est coupé, la lampe ne s'allume pas.

Pour le ***séchage*** des inducteurs, on peut les mettre par trois ou quatre dans un petit four en tôle revêtue intérieurement de carton d'amiante, et chauffé au gaz à la température de 80°. L'opération doit durer environ 12 h ; le four doit être disposé pour que les vapeurs d'essence dégagées par la gomme laque ou les autres isolants sirupeux puissent s'échapper sans crainte de venir exploser au contact de la flamme du gaz. La quantité de gaz dépensé par opération est environ de 8 m^3, soit 2 m^3 par inducteur ; en ajoutant pour la main-d'œuvre et les frais généraux 0,60 f par inducteur, le prix de revient total de séchage de chaque bobine revient à 1 f.

Parmi les réparations faites le plus fréquemment aux induits, inducteurs et collecteurs, on peut noter les suivantes (relevées sur un livre d'atelier de bobinage) :

Changer des lames de collecteur en court-circuit ;

Remplacer une section d'induit brûlée ;

Refaire une partie de l'isolement d'un inducteur et les épissures correspondantes ;

Remplacer les toiles capotes de l'induit ;

Refaire le frettage de l'induit (la soudure d'étain ne doit pas exister sur toute la longueur des fils, ce qui empêcherait la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dilatation de ces fils et les rendrait cassants, mais seulement en un certain nombre de points, huit ou douze par exemple, également espacés) ;

Refaire l'isolement d'un inducteur, souder les câbles;

Remplacer des barres supérieures d'induit ;

Remplacer des barres inférieures d'induit, redresser les tôles de l'armature, nettoyer les cannelures ;

Changer des fils souples, isoler les bouts de fils souples d'induit ;

Changer des lames de mica au collecteur, souder des fourches, redresser des ailettes ;

Refaire un collecteur à neuf, le ligaturer et le plâtrer ;

Passer un collecteur au tour, le rectifier et enlever les bavures à la meule émeri...

Comme on l'a indiqué plus haut, un induit dont on a remplacé un certain nombre de sections, et à plus forte raison qu'on a refait à neuf, doit être séché au four ou électriquement jusqu'à ce que l'isolement, mesuré à froid, soit au moins de 1 mégohm.

178. ***Accidents dus à l'électricité.*** — Les wattmen et conducteurs de tramways électriques peuvent être victimes d'accidents du fait du courant d'alimentation des voitures : ces accidents ne sont généralement pas graves si les soins nécessaires sont donnés aussitôt.

On trouvera en appendice les prescriptions concernant les premiers soins à donner en pareil cas, et qu'il est utile que tous les agents de la traction connaissent et sachent appliquer sans hésitation. Les wattmen et conducteurs sont généralement interrogés à cet effet, d'abord lorsqu'ils passent l'examen d'aptitude à conduire du service du contrôle des Tramways et Métropolitains, puis chaque mois par le chef mécanicien ou le chef wattman de la ligne.

179. La figure 504 représente une ***voiture à deux bogies***

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la Compagnie de l'Est-Parisien, équipée au début pour

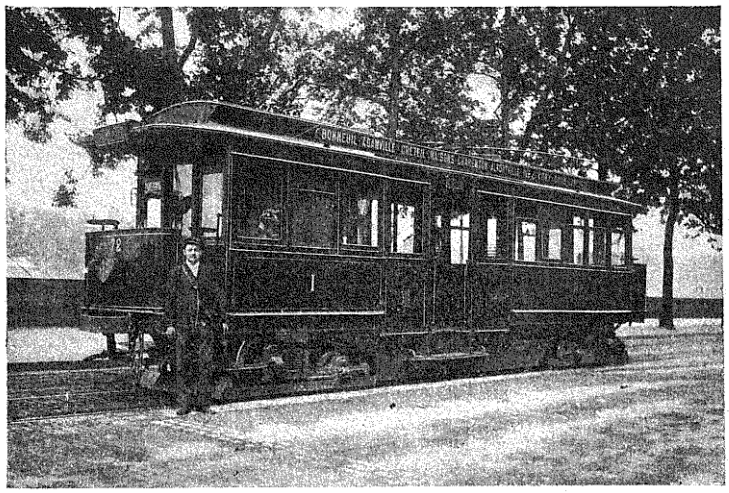


Fig. 504. — Automotrice électrique de l'*Est-Parisien*.

fonctionner suivant le système Diatto : ces voitures ont été depuis munies d'une perche à trolley pour prendre le courant

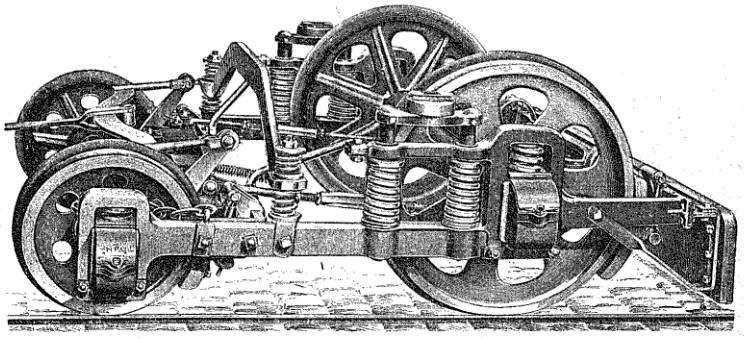


Fig. 505. — Bogie ou truck dit « à traction maxima ».

à des lignes aériennes. Les bogies sont à roues inégales et du type dit à *traction maxima* (*fig.* 505), dans lequel les grandes roues (qui sont seules attaquées par les moteurs)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

portent les 3/4 environ de la charge reposant sur le truck. Les deux moteurs, du type Westinghouse, ont une puissance nominale de 30 chx chacun. La carcasse en est en acier et comporte quatre masses polaires formées de tôles minces d'acier doux, qui sont prises dans le métal même de la carcasse, avec laquelle elles font ainsi complètement corps; les inducteurs sont maintenus sur les pièces polaires au moyen de boulons.

L'induit est du type SIEMENS à tambour; il commande l'essieu par l'intermédiaire d'engrenages réduisant la vitesse dans le rapport de 3 à 1 environ.

Les voitures sont symétriques et comportent un contrôleur sur chaque plate-forme. Les contrôleurs sont du type série-parallèle avec frein électrique. Ils donnent sept positions de marche en série ou en parallèle avec trois positions intermédiaires : en dépassant le point zéro après qu'on a coupé le courant, on produit le freinage électrique, qui comporte cinq degrés d'intensité croissante.

L'appareillage comprend, en plus de la perche du trolley, qui est du système mobile DICKINSON, un rhéostat d'excitation, un interrupteur principal du courant, un coupe-circuit fusible, un parafoudre avec bobine d'amortisseur, enfin un interrupteur d'éclairage.

Les bogies ont entre eux un écartement d'axe en axe de 6,675 m et les essieux d'un même bogie sont écartés eux-mêmes de 1,070 m. La contenance des voitures est de 48 voyageurs et leur poids à vide environ de 11 t; elles peuvent, sous l'action des moteurs, atteindre la vitesse de 25 km permise par les règlements de police dans les parcours hors traverses.

L'automotrice comporte un frein à main à chaîne et un frein à air comprimé avec commande des deux plates-formes.

180. Le ***frein à air*** est du système CHRISTENSEN automatique. Il comprend :

1° Un *compresseur* (*fig.* 506 à 508), mû par un excentrique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

calé sur l'un des essieux moteurs, et réuni aux *réservoirs principaux* A, A, par la tuyauterie EE. L'aspiration du compresseur se fait par la tuyauterie JJ ; le tuyau d'aspiration est

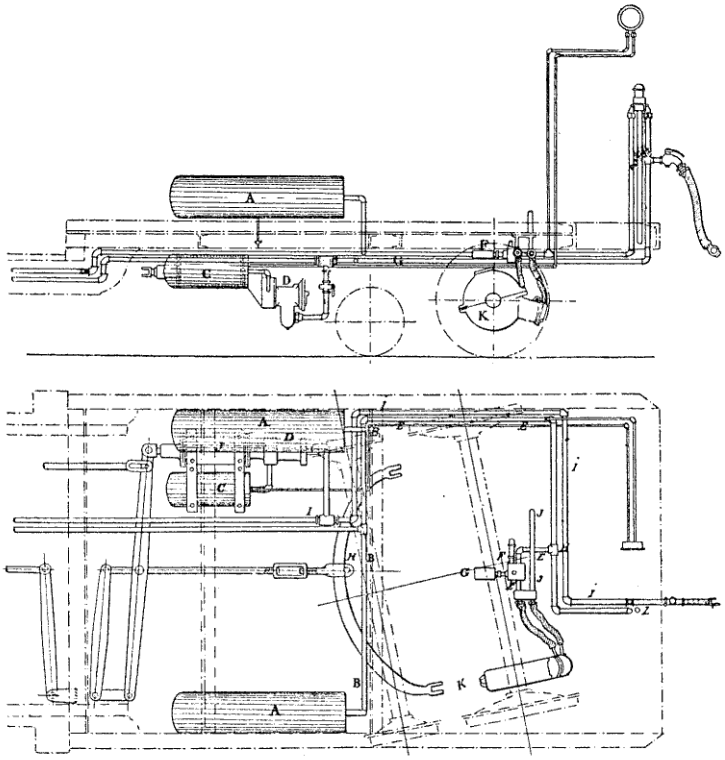


Fig. 506-507. — Ensemble du frein *Christensen*.

K, compresseur actionné par un essieu ; A, A, réservoirs principaux ; C, réservoir auxiliaire D, triple valve ; F, régulateur de pression ; T, cylindre de frein.

conduit sous les banquettes afin d'éviter l'introduction de poussière dans les organes du frein ;

2° Le *régulateur* F (*fig.* 510-511) est placé immédiatement après le compresseur, sur la tuyauterie qui va aux réservoirs principaux ; l'air refoulé par le compresseur alimente les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux réservoirs principaux et la tuyauterie qui y aboutit, tant que la pression est inférieure à 6 kg ; aussitôt cette pression atteinte, le régulateur ferme automatiquement la communication entre les réservoirs principaux et le compresseur, en même temps qu'il ouvre l'orifice G. Dès lors, l'air refoulé par le compresseur est rejeté à l'air libre par l'orifice G. Mais, aussitôt que la pression est descendue à 5 kg, automatiquement l'orifice G se ferme, et la communication entre les réservoirs principaux et le compresseur est de nouveau rétablie. Sur la tuyauterie qui va du compresseur aux réservoirs principaux sont placées deux prises d'air aux points H, H ; ces deux prises ont pour but d'amener l'air des réservoirs principaux aux deux robinets de mécanicien ;

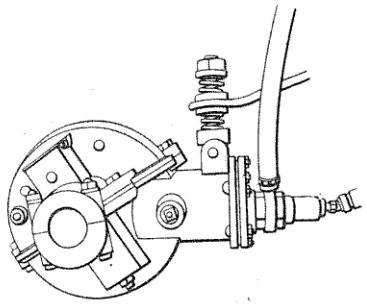


Fig. 508. — Compresseur d'air actionné par un essieu.

3° Le *réservoir auxiliaire* C, le *cylindre de frein* J (*fig.* 509)

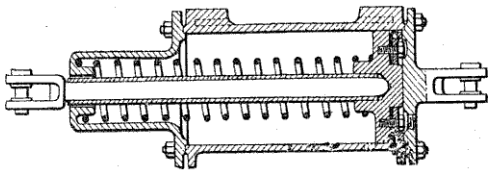


Fig. 509. — Cylindre de frein.

et la *triple valve* D (*fig.* 512-513) ; cet ensemble communique par la tuyauterie II avec les robinets de mécanicien ;

4° Les deux robinets de mécanicien (*fig.* 514 à 517), placés sur les deux plates-formes, et dont le rôle est de mettre en communication la tuyauterie II soit avec la tuyauterie HEEB, soit avec l'air extérieur ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° Un manomètre à double indication sur chaque plateforme permettant de connaître la pression dans la conduite des réservoirs principaux et dans le cylindre de frein.

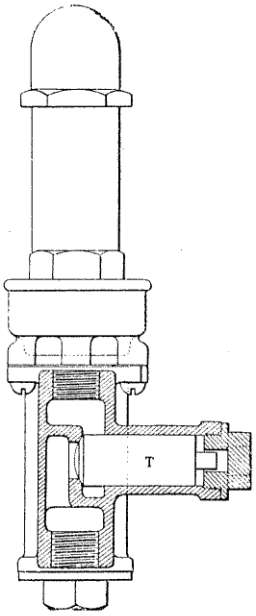


Fig. 510. — Régulateur *Christensen*.

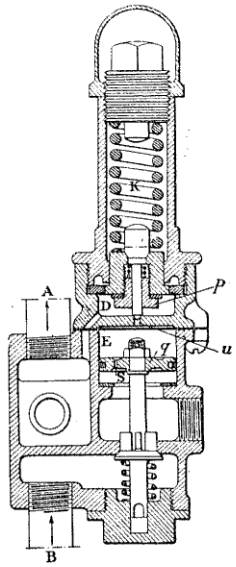


Fig. 511. — Régulateur. Coupe.

B, arrivée d'air au régulateur ; A, sortie de l'air ; D, conduit; E, chambre ; K, ressort antagoniste du piston p ; T, valve soulevée par l'air venant de B ; p, piston commandant le pointeau u ; q, piston de la chambre E ; s, orifice pour l'échappement de l'air de la chambre E ; u, orifice découvert ou fermé par le pointeau du piston p.

Dans la marche normale, la manette du robinet de manœuvre est dans une position telle qu'il existe un libre passage entre la tuyauterie du réservoir principal et la tuyauterie de train ; l'air comprimé accède à la triple valve D (représentée à grande échelle et en coupe figure 512) et passe ensuite au réservoir auxiliaire F. — Sur la remorque, l'air, passant au travers des robinets de l'accouplement et de la triple valve, accède au réservoir auxiliaire C.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour produire le serrage ou blocage du frein, la manette du robinet du mécanicien est poussée vers la droite et met ainsi en communication, au moyen des ouvertures disposées dans chacune de ses parties et raccordées aux conduites ou aux autres organes, la tuyauterie de train avec la tuyauterie d'échappement à l'air libre; il se produit ainsi une dépression sur l'une des faces du piston de la triple valve D, qui met en communication le réservoir auxiliaire C avec le cylindre de frein T. Le piston de frein se trouve pressé avec plus ou moins de force suivant la quantité d'air admise d'après le déplacement plus ou moins grand de la manette, et produit ainsi un ralentissement plus ou moins rapide du train.

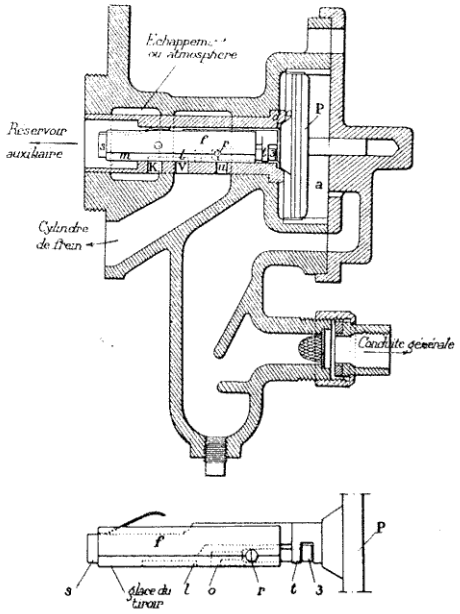


FIG. 512-513. — Triple valve *Christensen*.

a, orifice d'arrivée d'air sur le piston; *d*, siège de butée du piston P, dans la position de marche; *f*, tige du piston; *m*, tiroir; *l*, *o*, lumières percées dans le tiroir; *k*, *v*, ouvertures au-dessus desquelles se déplace le tiroir *m* et pouvant être mises en communication entre elles par *l*; *u*, autre ouverture percée dans la glace du tiroir; *r*, autre ouverture percée dans le tiroir; *s*, *t*, butées de la tige *f*.

Pour le desserrage ou déblocage, la manette doit être ramenée à sa position extrême gauche; on remet ainsi en communication la tuyauterie de train avec la tuyauterie du réservoir principal : il en résulte un déplacement de la triple valve qui met le cylindre de frein en communication avec une ouverture à l'air libre, permettant l'évacuation de l'air comprimé et le retour du piston de frein à la position du des-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

serrage ; en outre, la tuyauterie de train est mise en communication avec le réservoir auxiliaire et s'emplit ainsi d'air comprimé. Cette position de desserrage de la manette est également celle de marche.

La *marche des aiguilles du manomètre* du frein, dans les trois périodes ci-dessus, est la suivante :

En marche, l'aiguille indiquant la pression dans la tuyauterie des réservoirs principaux se déplace d'une façon continue jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à la pression maxima fixée (6 kg par exemple) ;

Pendant la période de freinage, l'aiguille indiquant la pression de l'air admis dans le cylindre de frein se déplace en partant du zéro jusqu'à ce qu'elle marque la pression de l'air admis dans le cylindre de frein ;

Enfin, pendant le déblocage, cette dernière aiguille revient presque instantanément au zéro, et la seconde subit un léger déplacement également vers le zéro.

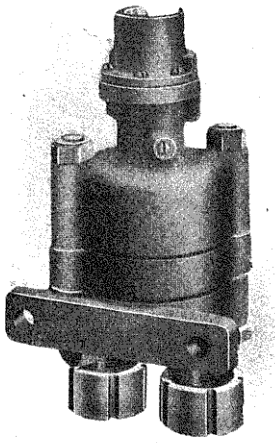


Fig. 514. — Robinet de mécanicien *Christensen*.

Le *robinet de manœuvre* (*fig.* 514-517) se compose de deux parties essentielles :

1° Une pièce inférieure fixe munie de trois ouvertures, *s*, *t*, *u*, qui, par l'intermédiaire de tuyaux aboutissant à la partie inférieure du robinet, sont en communication respectivement avec la tuyauterie du réservoir principal, avec la tuyauterie du train et avec l'échappement ;

2° Une pièce mobile supérieure se déplaçant sur la glace ci-dessus et munie de deux ouvertures *j*, *i*, communiquant entre elles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suivant la position de la manette du robinet, on a les trois temps suivants :

1° *Manette au centre* (*fig.* 517). — L'ouverture *j* se trouve entre les ouvertures *s* et *t*, et l'ouverture *i* entre les ouvertures *t* et *u*, de sorte qu'il n'y a aucun passage d'air dans le robinet du mécanicien.

La manette doit occuper cette position lorsque le mécanicien veut conserver une pression moyenne dans le cylindre à frein, c'est-à-dire un blocage modéré de la voiture.

2° *Manette vers la droite.* — Dans le cas où la manette est poussée à fond vers la droite, les ouvertures *t* et *u* communiquent entre elles par l'intermédiaire des ouvertures J et *i* de la partie supérieure mobile P du robinet. La conduite du train est en communication avec l'atmosphère, et le blocage s'effectue instantané-

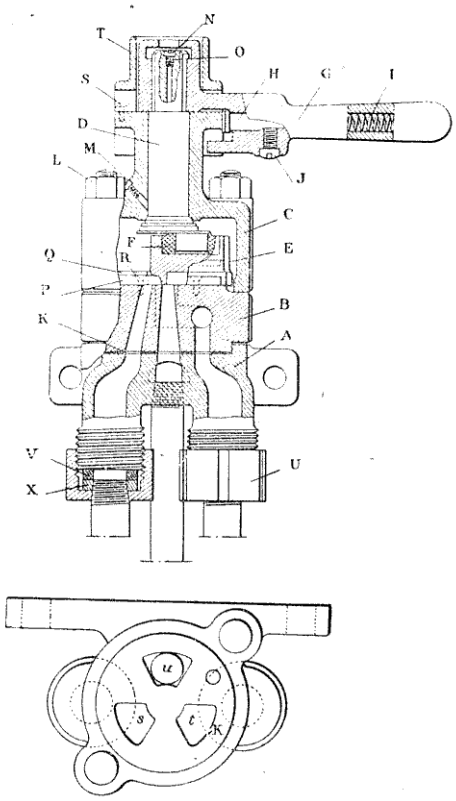


FIG. 515-516. — Frein *Christensen*. Robinet du mécanicien en coupe, et vue en plan de la glace.

A, B, parties formant la base du robinet ; C, couvercle ; D, tige ; E, valve ; F, tiroir ; G, poignée ; H, verrou ; I, ressort ; J, vis ; K, joint ; L, écrou ; M, vis ; O, joint ; P, Q, guides ; R, S, vis ; T, douille ; V, écrou raccord ; V, X, tuyau et couronne de joint. Les 3 conduits disposés à la partie inférieure de la vue en coupe correspondent avec la conduite générale, l'échappement et la conduite au réservoir principal par les orifices *t*, *u* et *s* représentés dans la vue en plan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment (1) si on laisse la manette du robinet dans la position indiquée. Si, par un mouvement brusque, on ramène la poignée à sa position milieu, on peut arriver à mettre la tuyauterie de frein en communication avec l'atmosphère pendant un temps assez court seulement, de manière à obtenir un serrage modéré du frein.

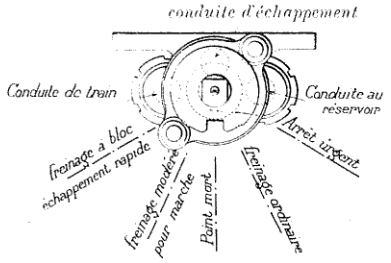


FIG. 517.— Orifices. Positions de freinage

3° *Manette vers la gauche.* — Les ouvertures *s* et *t* sont mises en communication entre elles par l'intermédiaire des ouvertures *j* et *i* de la partie mobile du robinet, permettant ainsi à l'air comprimé de la conduite du

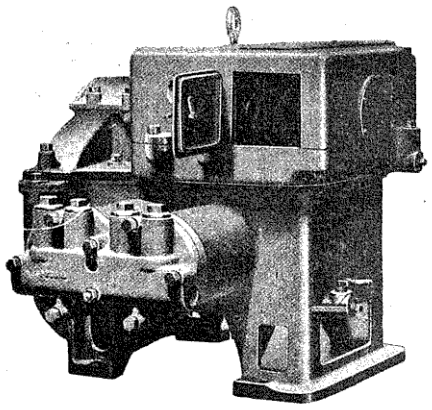


FIG. 518. — Compresseur à commande électrique *Christensen*.

réservoir principal de passer dans la tuyauterie de train pour produire le desserrage du frein.

En résumé, dans le frein CHRISTENSEN, le compresseur d'es

(1) C'est le principe de tous les freins automatiques, où c'est l'échappement de l'air de la conduite générale qui produit le serrage des freins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sieu [ou électrique (*fig.* 518) dans d'autres voitures (1)] refoule de l'air dans un réservoir principal jusqu'à ce que sa pression atteigne 6 kg ; à ce moment le régulateur automatique (*fig.* 511) fonctionne, et le compresseur refoule dans l'atmosphère l'air aspiré par le piston.

Le mécanicien doit marcher normalement avec son robinet disposé vers la gauche. Lorsqu'il veut faire un serrage progressif, il déplace le robinet brusquement vers la droite et le

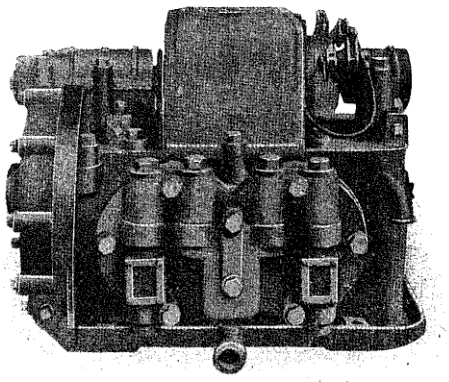


Fig. 519. — Compresseur *Christensen* à commande électrique installé à poste fixe.

ramène aussitôt à la position milieu ; pour un serrage plus rapide, il répète cette manœuvre deux ou trois fois. Le déblocage s'obtient en ramenant le robinet tout à fait à gauche ; un fonctionnement paresseux de la triple valve (*fig.* 512), par suite d'une lubrification insuffisante, pourrait retarder le desserrage : dans ce cas, il suffira d'ouvrir le robinet de purge du réservoir auxiliaire (*fig.* 507), pendant quelques secondes, pour que la pression venant du réservoir principal agisse d'une façon

(1) Sur certaines lignes, l'air est comprimé dans les dépôts par un compresseur électrique auto-moteur (*fig.* 519) et chargé dans des réservoirs portés par les voitures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus énergique sur la triple valve et en provoque immédiatement le fonctionnement.

Entretien du frein. — 1° Tous les huit jours, le compresseur d'essieu doit être lubrifié en versant jusqu'à refus (sans cependant en renverser sur le sol) de l'huile propre dans l'ajutage qui se trouve sur les côtés du corps de pompe, le débit de la mèche étant réglé en conséquence;

2° Tous les quinze jours, il est nécessaire que les parties frottantes du robinet de manœuvre soient lubrifiées avec de la vaseline; les boulons, lors du remontage du chapeau, doivent être serrés de manière à permettre un mouvement suffisamment doux de la manette du robinet;

3° Tous les mois, les glaces de la triple valve doivent être lubrifiées avec de l'huile de bonne qualité (huile minérale); d'autre part, il est utile de purger la triple valve tous les quinze jours, en dévissant l'écrou qui se trouve à sa partie inférieure.

Tous les mois, également, il faut enlever la bride du cylindre à frein et graisser le cylindre avec du dégras;

4° Dans le cas où le régulateur de pression n'agirait pas au chiffre voulu, il faudrait dévisser le capuchon pour mettre à découvert un écrou qui serait vissé légèrement si la pression maxima atteinte n'était pas assez élevée, ou au contraire dévissé si cette pression était trop élevée ;

5° Tous les ans environ, lors d'une grande réparation des voitures, il peut être nécessaire de refaire les garnitures qui se trouvent entre les deux moitiés du carter du compresseur pour compenser le jeu qui a pu se produire dans les coussinets; on en profite pour examiner aussi l'excentrique et la garniture du piston de la pompe. Si les ressorts formant secteur et composant cette garniture sont un peu usés, ils doivent être remplacés par de nouveaux ressorts, car leur rupture entraînerait une diminution considérable du rendement.

On profite également de l'arrêt de la voiture pour examiner attentivement le régulateur automatique, et notamment les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sièges des valves : un rodage de ces organes améliorera généralement le rendement du compresseur.

Enfin, on remet en état les diverses pièces de la commande du frein, dont la timonerie devra toujours être réglée de façon que la course maxima du piston de frein ne dépasse en aucun cas 200 mm, une course de 100 à 140 mm devant habituellement suffire. A cette valeur de longueur de la course correspond le minimum de dépense d'air.

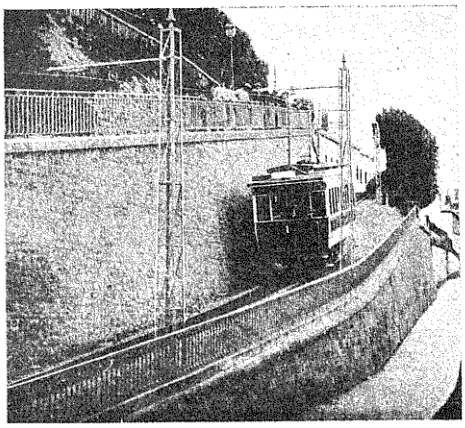


Fig. 320. — Tramway électrique à crémaillère de *Laon*.

181. D'autres automotrices semblables des Tramways Nord-Parisiens, et aussi d'autres réseaux : Tramways de Lille, Voies ferrées du Dauphiné, sont munies du frein à air comprimé automatique système ***Lipkowski à distributeur***, dont le fonctionnement est le suivant :

En marche normale, l'air du réservoir principal se rend d'abord au robinet du mécanicien et de là dans la conduite générale ; il arrive ainsi jusqu'au distributeur, qui permet le passage de l'air au réservoir intermédiaire. Pendant ce fonctionnement, le distributeur maintient aussi le cylindre de frein en communication directe avec l'atmosphère.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour opérer un serrage, le mécanicien produit au moyen de son robinet une certaine dépression dans la conduite générale ; le distributeur fonctionne alors de manière à établir la communication entre le réservoir auxiliaire et le cylindre de frein, ce qui amène l'application des sabots contre les bandages des roues.

Pour produire le desserrage, il faut rétablir la pression de marche dans la conduite générale en laissant revenir le robinet du mécanicien dans sa position de repos ; le distributeur reprend alors sa première position, en mettant le cylindre de frein à l'échappement et le réservoir auxiliaire à l'alimentation.

Le frein LIPKOWSKI SANS DISTRIBUTEUR (*fig.* 521) est employé sur les voitures de la COMPAGNIE GÉNÉRALE PARISIENNE DE TRAMWAYS, de la COMPAGNIE DES TRAMWAYS DE ROUBAIX-TOURCOING, des TRAMWAYS DE NICE ET DU LITTORAL.

Cette disposition diffère de la précédente par la suppression du distributeur et par l'emploi d'un cylindre à deux chambres, où les deux faces du piston sont, pendant la marche, soumises constamment à la pression de la conduite générale. L'air, introduit du côté du chapeau du cylindre, arrive sur le piston, rabat les lèvres du cuir et pénètre dans le réservoir auxiliaire.

Le fonctionnement s'opère comme dans le cas précédent. La dépression dans la conduite générale a pour effet de faire baisser la pression dans la chambre avant du cylindre : l'air contenu dans la partie arrière et dans le réservoir auxiliaire peut alors pousser le piston avec un effort qui est fonction de la différence de pression entre les deux chambres du cylindre, d'où le nom de *différentiel* donné à ce type de frein.

Le desserrage se produit par une réadmission d'air dans la conduite générale.

182. Les trucks des ***automotrices à trolley*** de la ligne LOUVRE-VERSAILLES représentées figure 522 proviennent de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transformation de trucks Fives-Lille d'anciennes voitures à

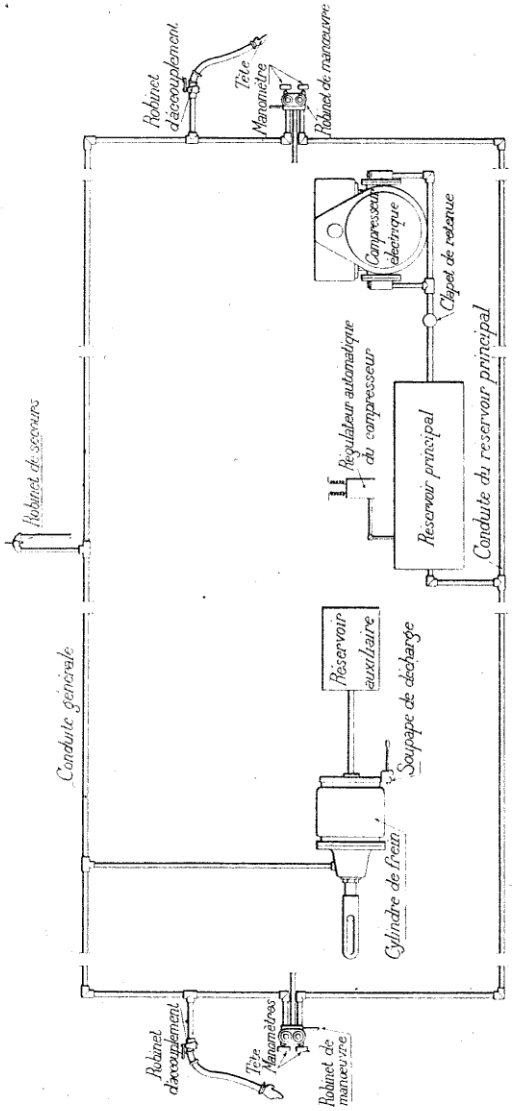


Fig. 321. — Ensemble du frein Lipkowski.

accumulateurs de la ligne Louvre-Vincennes ; les nouvelles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

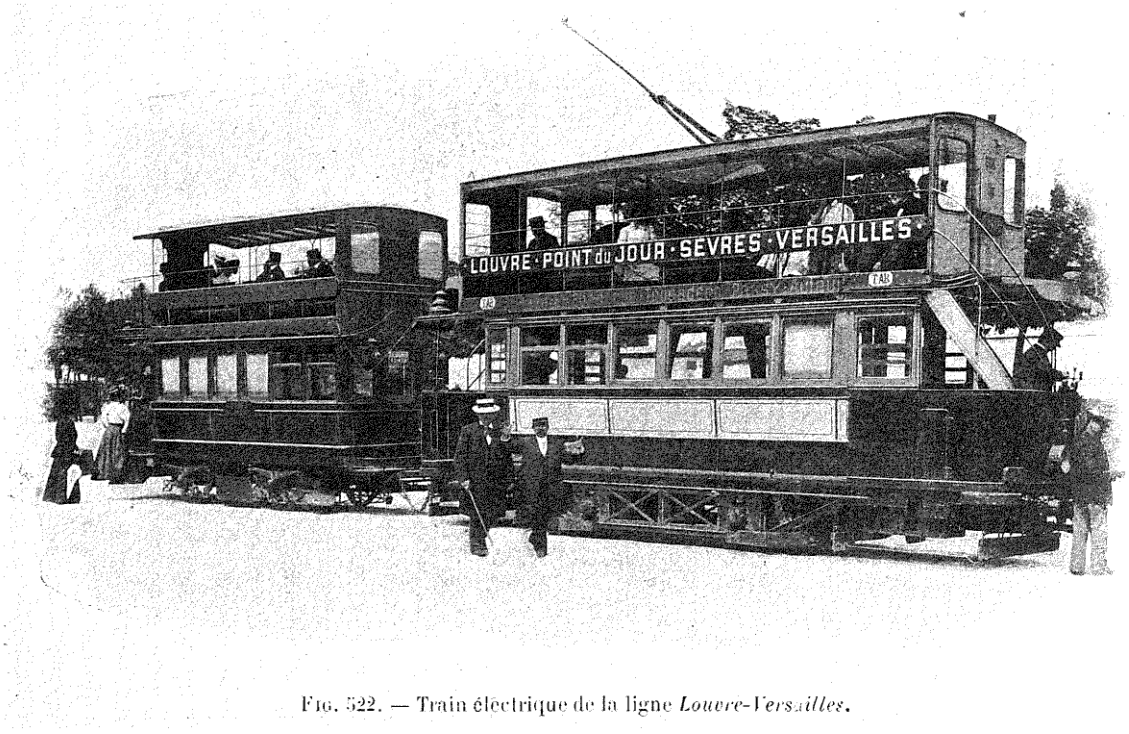


Fig. 522. — Train électrique de la ligne *Louvre-Versailles*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

caisses sont symétriques, et il y a un poste de manœuvre à chaque extrémité pour éviter tout retournement aux terminus.

Les essieux sont fixes et écartés de 2,10 m ; ils sont attaqués chacun par un moteur TH2 de 35 chx (*fig.* 502) au moyen d'engrenages de réduction d'un rapport de $\frac{1}{4}$ renfermés dans un carter. Ces engrenages sont graissés à la graisse adhésive et l'usure des dents est très faible. Pour une vitesse tolérée de 25 km par heure ou 6,94 m par seconde, le nombre de tours de l'induit est de 660 environ par minute.

Le coupleur est également du système THOMSON-HOUSTON, série-parallèle, et du type K 11 ; il comporte cinq positions pour la marche en série et quatre pour la marche en parallèle ; l'inverseur permet la marche arrière et le freinage électrique, les moteurs étant mis en court-circuit et fonctionnant comme génératrices sur les inducteurs.

Pour le freinage normal, le wattman dispose d'un frein à main sur les deux plates-formes et d'un frein continu à air comprimé système SOULERIN, dont on a donné plus haut la description. Le compresseur d'air, du système CHRISTENSEN, est actionné par une petite génératrice dont la mise en marche et l'arrêt sont commandés par un régulateur automatique (*fig.* 523), qui coupe le courant lorsque la pression maximum est atteinte et le rétablit lorsque cette pression est descendue de 1/2 kg environ. La figure 518 montre les dispositions et les organes du compresseur et de la génératrice.

Le *compresseur* comprend deux cylindres à simple effet (**18**) dont les pistons, du système dit plongeur, sont munis d'une garniture plastique spéciale ; les bielles sont actionnées par un arbre coudé à deux manivelles disposées à 180° l'une de l'autre, de manière à uniformiser le travail du moteur et à équilibrer autant que possible les efforts des organes en mouvement. L'arbre est prolongé d'un côté pour recevoir une roue dentée qui engrène directement avec le pignon calé sur l'arbre de l'induit : les engrenages sont à denture hélicoïdale

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et à chevrons et soigneusement taillés pour réaliser un entraînement très silencieux. Les soupapes d'aspiration et de refoulement sont indépendantes et placées dans des chambres séparées portées par le fond même du cylindre.

Le *moteur electrique* est à excitation série (**62**), et il peut être mis en route en charge et sans l'emploi de résistances d'aucune sorte. Le système inducteur est boulonné sur le bâti du compresseur et forme couvercle; il est en deux pièces réunies

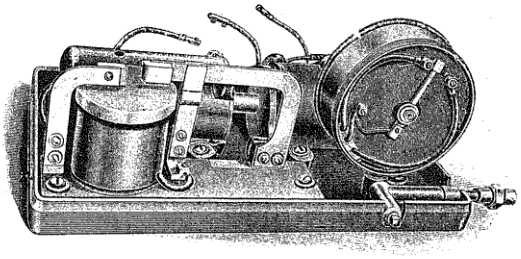


Fig. 523. — Bobine d'enclenchement et de déclenchement.

seulement par trois boulons, ce qui facilite l'enlèvement de la partie supérieure permettant d'examiner l'armature sans démonter aucune autre partie de l'appareil. L'induit tourne dans les paliers dont les coussinets, en bronze, très longs et munis d'un graissage à bague, automatique, ne prennent ainsi presque pas de jeu. Le bobinage, en tambour, est formé de sections doubles enroulées sur gabarit et soigneusement isolées.

La partie inférieure du bâti communique avec le carter, qui est maintenu empli d'huile à une hauteur suffisante pour lubrifier la roue dentée qui graisse elle-même le pignon, lequel à son tour graisse le coussinet voisin. Le palier du côté du collecteur est graissé séparément.

Le moteur électrique est commandé par un régulateur de pression automatique, qui détermine la mise en marche et l'arrêt à des pressions fixées. Ce régulateur est ici du type

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ordinaire (1), et il se trouve commandé par un manomètre pourvu d'une aiguille spéciale mobile entre deux plots (*fig.* 523); lorsque, le compresseur étant arrêté, la pression baisse par suite de fuites ou d'un freinage et qu'elle descend à la pression minimum fixée, l'aiguille ci-dessus vient en contact avec le plot de gauche et envoie le courant à travers un solénoïde; ce solénoïde actionne alors un plongeur qui établit le contact entre deux pièces fermant le circuit du moteur, et celui-ci démarre aussitôt.

La pression augmentant dans le réservoir et dans la conduite, l'aiguille quitte peu à peu le plot de contact en se déplaçant de gauche à droite; lorsque la pression maximum fixée est atteinte, l'aiguille se trouve en communication avec le plot de droite, le courant passe alors à travers un second solénoïde, qui attire le plongeur dans la direction opposée à celle ci-dessus, et rompt ainsi le circuit du moteur, qui s'arrête aussitôt.

On comprend qu'avec ce dispositif il soit possible de maintenir un très faible écart entre les pressions extrêmes: en général cet écart est de 3/4 de kilogramme.

Le régulateur est pourvu d'un souffleur magnétique, dans le but d'éteindre l'arc qui se forme à chaque rupture du courant et de prévenir la détérioration des pièces de contact; toutes les parties en mouvement sont facilement accessibles pour une bonne inspection, et un couvercle amovible protège l'appareil.

Le montage du régulateur est indiqué sur la figure 523: le fil médian est relié à l'une des bornes du moteur, et les deux fils extrêmes aux deux bornes de l'interrupteur du circuit principal. Il est protégé par un coupe-circuit fusible bipolaire de 1 amp (pour un courant de 550 v).

Au sujet du graissage et de l'entretien du moteur électrique, les prescriptions suivantes doivent être observées.

(1) Le régulateur *Christensen* pour unités multiples (système du Métropolitain) est d'un modèle spécial.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les paliers de l'induit doivent être régulièrement inspectés et garnis d'huile quand cela est nécessaire. Le palier du côté du pignon se graisse en enlevant le bouchon de remplissage; en marche, le compresseur n'a plus besoin d'être alimenté d'huile, le graissage des engrenages et du palier voisin s'effectuant par barbotage dans le carter : le palier du côté du collecteur devra seul être lubrifié de temps en temps, en enlevant le bouchon de remplissage ou en versant avec une burette à bec quelques gouttes d'huile dans l'orifice disposé à l'extrémité du palier.

Le collecteur sera maintenu constamment propre et les balais auront un bon contact; leur pression sur le collecteur peut être augmentée ou diminuée en faisant tourner le carré différentiel dans sa fourche. Quand, par suite de l'usure du collecteur, il est nécessaire de le mettre sur le tour, il faut avoir soin de chanfreiner l'angle à l'extrémité des lames : si cet angle était coupé en biseau aigu, le mica s'effriterait plus facilement, et il pourrait en résulter un court-circuit de lame à lame.

Avant d'enlever le collecteur, il faut retirer le protecteur d'huile, qui est emmanché à force sur l'arbre, en le chauffant; le nouveau protecteur devra être placé à force, puis tourné et ajusté de la même façon que l'ancien.

Si le calage des balais est bien fait, il ne doit pas se produire d'étincelles. Le réglage s'en effectue aisément en déplaçant le porte-balai et en le fixant dans la position la plus favorable au moyen de la vis qui le bloque sur le palier. Mais il n'y a pas ordinairement à refaire ce réglage, puisque le support des porte-balais étant fixé seulement sur le chapeau du palier, toute la machine peut être enlevée sans y toucher.

Enfin, quand on aura besoin d'enlever le pignon de l'induit, il faudra toujours se servir du tire-pignon spécial et ne jamais employer de marteau pour ce travail.

Les automotrices de la ligne *Louvre-Versailles*, d'un poids de 11,8 t à vide, ont une contenance de 52 places et remorquent une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voiture d'attelage de 8 t en charge, en effectuant le trajet du Point-du-Jour à Versailles (11,7 km) en 45 min. Entre le Point-du-Jour et le Louvre, les trains sont remorqués par des locomotives à vapeur à générateur système Purrey, provenant de la transformation d'anciennes locomotives à air comprimé de la ligne. Pour ce parcours, le robinet du distributeur de frein sur l'automotrice doit être disposé de manière à fonctionner en distributeur de remorque.

Les automotrices sont aussi munies du chasse-corps à déclenchement automatique dont la description a été donnée plus haut (**87**); au lieu d'agir sur la poignée du robinet de frein pour produire l'arrêt du train, le chasse-corps, lorsqu'il s'abaisse, ouvre ici une petite soupape disposée sur la conduite générale.

Comme appareillage électrique, ces voitures comportent encore un parachute, un coupe-circuit, un interrupteur à main et automatique sur chaque plate-forme. Leur consommation d'énergie par kilomètre converti est de 1,2 kw-h environ à l'usine, soit 75 w-h par tonne-kilomètre.

183. ***Tramways à caniveau et systèmes mixtes*** (*fig.* 524-525). — Dans les différents systèmes à **caniveau souterrain** (lignes Charenton-Bastille, Bastille-Montparnasse, etc.), le conducteur du courant est formé par des fers à ⊢ dont l'âme est disposée horizontalement, et qui sont supportés dans le caniveau par des isolateurs en porcelaine (*fig.* 354); les frotteurs articulés (ou charrues), portés par les voitures, sont pressés par des ressorts contre la face verticale, sur laquelle ils glissent sans frottement excessif en produisant un contact continu. Pour que la charrue n'ait pas tendance à se coincer, il faut que la rainure de passage dans le rail soit bien à l'aplomb des conducteurs de courant et, d'autre part, que la vitesse dans les courbes et les diagonales soit modérée. La figure 354 montre les positions que prend la charrue dans le système axial et dans le système latéral. Cette charrue con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

siste en deux frotteurs en fonte supportés par des bielles

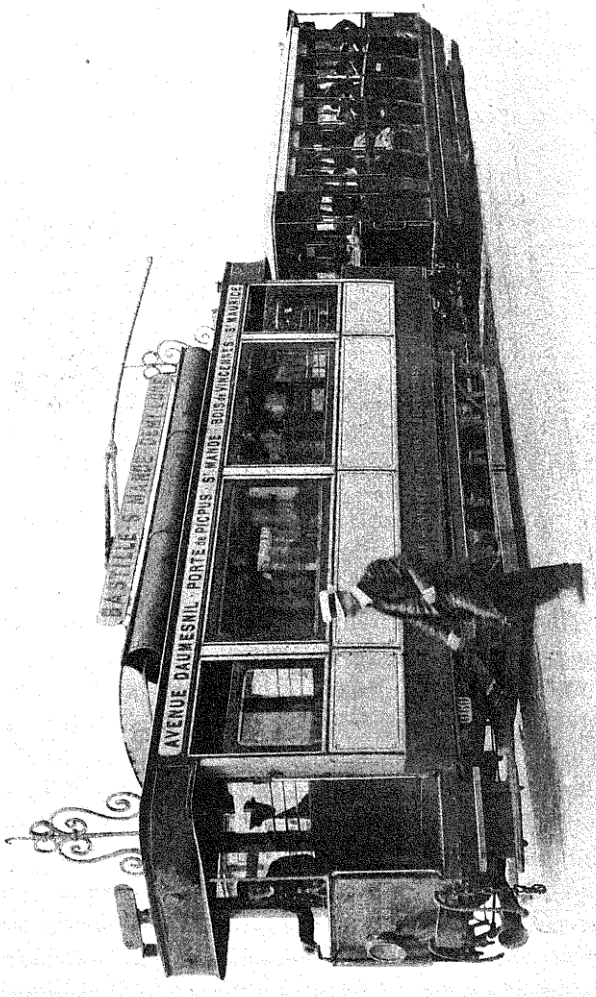


Fig. 324. — Automotrice et balladeuse de la ligne *Charenton-Bastille*.

latérales limitant leur jeu dans le même sens, et auxquelles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les frotteurs transmettent les efforts et les chocs reçus en marche.

La charrue est introduite dans le caniveau ou retirée en des endroits spéciaux de la voie munis de trappes, qu'on ouvre ou qu'on referme, avant l'introduction ou l'enlèvement de la charrue, par la manœuvre d'un levier. La charrue peut se déplacer latéralement d'un côté à l'autre de la voie, et aussi en hauteur, lors du passage du caniveau ordinaire à une par-

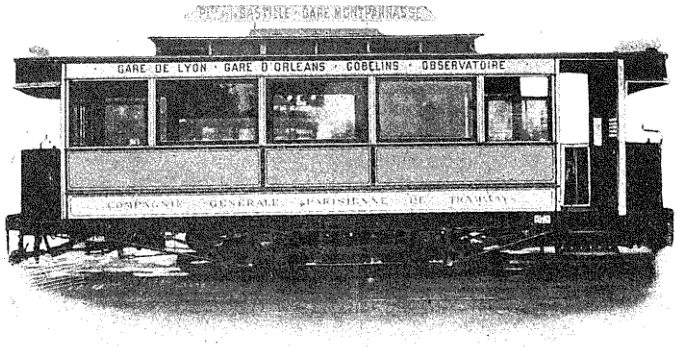


Fig. 525. — Automotrice de la ligne à caniveau *Bastille-Montparnasse*.

tie de profondeur moindre ; les circuits s'établissent d'eux-mêmes avec le mouvement de la charrue.

Les automotrices à caniveau de la Compagnie des Tramways-Sud sont munies du frein Lipkowski sans distributeur décrit à l'article **181**.

Les **systèmes mixtes** sont appliqués à des lignes sur une ou plusieurs parties desquelles le fil aérien n'est pas toléré, et où l'on doit installer pour le franchissement de ces sections un système quelconque de caniveau ou de prise de courant au ras du sol (Diatto, Vuilleumier ou Dolter). En plus de la perche à trolley, les voitures doivent être munies dans ce cas de frotteurs que l'on abaisse sur les plots ou bien dans la rainure du caniveau pendant un court arrêt effectué au changement des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sections, la perche du trolley étant en même temps rabattue sur la toiture du véhicule. On peut aussi munir les voitures, pour la marche sur ces sections réservées, d'une batterie d'accumulateurs qui se recharge, soit dans les terminus, soit pendant la marche avec trolley [figure 586, voitures des lignes Paris-Madeleine-Gennevilliers et anciennement automotrices de la ligne Villemomble-Place de la République des Chemins de fer nogentais (*fig.* 500) ; ces dernières comportaient au début tous les systèmes d'alimentation : accumulateurs, trolley aérien et charrue].

184. *Omnibus à trolley.* — Ce système, imaginé par M. Lombard-Gérin, et ayant fonctionné pour la première fois à l'Exposition de Paris 1900, est aujourd'hui employé à Marseille et à Fontainebleau. La ligne aérienne y comporte deux fils de cuivre tendus à une même hauteur de 7 m au-dessus du sol et distants entre eux de 0,30 m, et qui servent l'un à l'amenée du courant à l'omnibus, l'autre à son retour à l'usine. Sur ces fils se déplace un trolley, ou petit chariot à quatre galets, qui est relié à l'omnibus par un fil souple de longueur suffisante pour permettre à ce dernier de se déplacer d'un côté de la route à l'autre, par exemple lorsqu'il s'agit de dépasser une autre voiture. Le trolley, actionné par un moteur triphasé recevant le courant de l'une des dynamos réceptrices du véhicule, précède constamment ce dernier en exerçant un léger effort sur le fil, de manière que celui-ci se trouve constamment tendu.

L'omnibus qui dessert la ligne de Fontainebleau à Samois comporte 16 places assises et 6 debout ; il est actionné par deux moteurs de 8 à 10 chx, semblables à ceux des tramways et attaquant chacun une des roues de l'essieu arrière par l'intermédiaire d'engrenages et de chaînes : cette disposition dispense de l'emploi d'un différentiel. Le contrôleur, analogue également à celui des tramways, comporte en plus un système de freinage permettant d'immobiliser le trolley dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

stationnements sur les fortes pentes. Un inverseur permet de changer au besoin le sens de la marche du trolley.

La conduite des omnibus de ce système, très en faveur en Allemagne, est semblable à celle des tramways électriques.

B. — Métropolitains électriques

185. *Métropolitain de Paris.* — La première ligne métropolitaine mise en service a été celle de la porte de Vincennes à la porte Maillot par l'Hôtel de Ville et la place de la Concorde (longueur 10.328 m); elle comportait, en outre de l'artère principale, ouverte à l'exploitation le 19 juillet 1900, deux prolongements partant de la place de l'Étoile et aboutissant l'un à la porte Dauphine, l'autre au Trocadéro. (Ces prolongements font maintenant partie des lignes des boulevards extérieurs nord et sud.)

La voie de roulement, double sur tout le parcours, est à l'écartement des grandes lignes de chemin de fer, c'est-à-dire de 1,44 m entre les bords intérieurs des rails; elle est constituée par des rails Vignole de 15 m de longueur pesant 52 kg au mètre courant, posés sur traverses en bois créosoté avec joints concordants en porte-à-faux. Le courant est amené aux voitures par un troisième rail de frottement placé dans l'entre-voie et supporté par des isolateurs fixés sur les traverses ci-dessus.

La ligne est terminée à chacune de ses extrémités par une boucle à simple voie (*fig.* 526), afin d'éviter les manœuvres compliquées d'aiguilles dans un service à départs très rapprochés.

Le profil présente en divers points des rampes assez sensibles, qui atteignent jusqu'à 40 mm par mètre; chacune de ces rampes est précédée et suivie d'une section en palier d'au moins 50 m de longueur. Le rayon des courbes est généralement de 75 m et assez souvent de 100 m en pleine voie : exceptionnellement, près de la station de la Bastille, une courbe n'a que 50 m; dans les boucles terminales, le rayon s'abaisse à 30 m.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

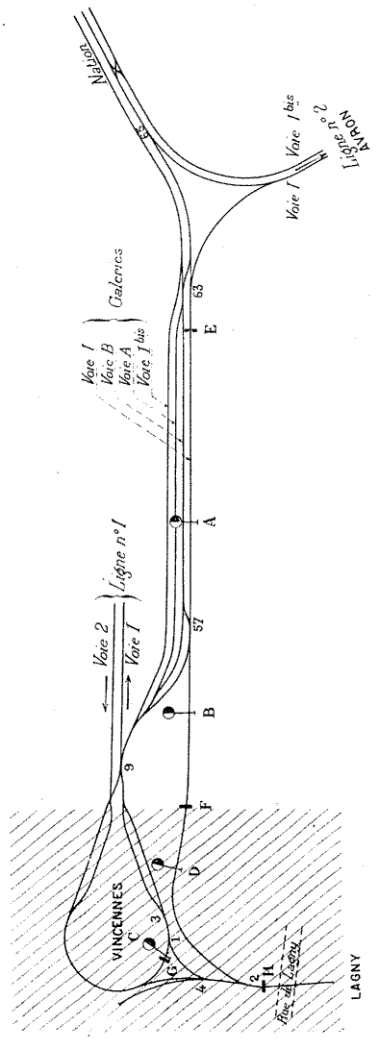


FIG. 526. — Boucle du terminus de Vincennes.

A, signal présentant un feu vert-rouge aux trains venant de la ligne 2 ; B, signal présentant un feu vert-rouge aux trains venant de Lagny ; C, signal présentant un feu vert-rouge aux trains venant de la Boucle ; D, signal présentant un feu vert-rouge aux trains venant de la petite galerie allant vers Lagny ; E, plaque « arrêt des trains » (échange de chefs de manœuvres) ; F, plaque « limite de protection du bâton-pilote » ; G, plaque « limite du croisement » ; H, plaque « limite de protection de l'appareil 2 » ; zone hachurée, emploi du bâton-pilote.

La vitesse maximum de marche est de 45 km à l'heure ; elle est réduite :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A 30 km à l'heure au plus dans les pentes droites de déclivité supérieure à 0,02 m par mètre ;

A 15 km à l'heure au plus : dans les courbes de rayon inférieur à 50 m, dans les pentes courbes de rayon inférieur à 200 m, dans les traversées de croisement, à la traversée des stations franchies sans arrêt, au passage des aiguilles prises en pointe.

Elle peut, en outre, être réduite à une vitesse inférieure à la vitesse maximum de 45 km ci-dessus, sur tous les points spéciaux de la voie où la Compagnie le juge nécessaire, d'accord avec l'Administration (Règlement général d'exploitation de la Compagnie).

L'alimentation électrique du rail de courant est assurée par des câbles qui le relient aux différentes sous-stations échelonnées le long du réseau ; ces sous-stations reçoivent des usines génératrices ou stations centrales de Bercy, des Moulineaux, etc., du courant triphasé à 5.000 v qu'elles transforment en courant continu à 600 v.

Le rail de courant d'une même ligne est divisé en un certain nombre de sections indépendantes les unes des autres, et chacune de ces sections a ses alimentations propres et son courant distinct. En ce qui concerne les première, deuxième et troisième sections de chaque ligne, le courant est indépendant sur les deux voies, c'est-à-dire qu'il peut être coupé sur l'une tout en subsistant sur l'autre, ce qui augmente le fractionnement du sectionnement.

Au point de vue de l'exploitation, le sectionnement électrique a pour but la réduction de l'importance et des conséquences des courts-circuits, leur localisation, enfin la détermination rapide de l'endroit de la ligne où s'est déclaré un court-circuit franc (Circulaire S. G. F. du service du mouvement du Métropolitain).

La seconde ligne ouverte à l'exploitation a été celle dénommée « Circulaire-Nord », allant de la porte Dauphine à la place de la Nation en passant par les boulevards extérieurs ; d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longueur de 12.322 m, elle est alimentée électriquement par des sous-stations établies place de l'Etoile, boulevard Barbès et boulevard de Ménilmontant, qui transforment également en courant continu le courant alternatif (qu'elles reçoivent de l'usine de Bercy). La « Circulaire-Sud », allant de l'Étoile à la place d'Italie par les boulevards extérieurs sud, a 8 km environ ; la ligne n° 3, de l'avenue de Villiers à la place Gambetta, 7 km ; la ligne n° 5, de la place d'Italie à la gare du Nord, 7 km également, et la ligne n° 4, de la porte Clignancourt à la porte d'Orléans, la dernière ouverte, 10 km. En définitive, lorsque le réseau sera achevé, il comprendra huit lignes et aura une longueur totale de 80 km.

Le matériel roulant de la Compagnie comprend actuellement des voitures automotrices (appelées aussi simplement « motrices ») de divers systèmes, qui sont visitées et réparées dans les ateliers de la Compagnie, situés en divers points du réseau : ateliers de Charonne, de Saint-Fargeau, d'Italie, etc., lesquels sont reliés par un certain nombre de voies d'accès avec les stations de Vincennes (de la ligne Vincennes-porte Maillot), place d'Italie (des lignes place d'Italie-gare du Nord et place de l'Etoile-place d'Italie), etc. Au début, les automotrices étaient à deux essieux et munies de deux moteurs Westinghouse ou Dulait de 100 chx ; au nombre de 46, elles remorquaient trois voitures, également à deux essieux, le poids de chaque train étant de 50 t.

Le trafic devenant plus important, on augmenta la puissance des motrices nécessaires pour la ligne Circulaire-Nord, et on les construisit suivant le système dit « Unités doubles Thomson-Houston », qui correspond à la réalisation pratique des conditions de service suivantes (1) :

Aux heures de faible trafic, faire circuler à des intervalles de temps déterminés, par exemple toutes les deux minutes, des trains composés d'une voiture motrice et de deux voitures

(1) *Bulletin Thomson-Houston*, n° 99.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de remorque, d'un poids total en charge d'environ 50 t, effectuant le trajet aller et retour de Vincennes à la porte Maillot en une heure à peu près;

Au moment où le trafic augmente, accoupler les trains précédents deux par deux, de manière à en doubler la capacité et à en former un seul train composé de deux voitures motrices, l'une en tête, l'autre en queue, et de six voitures de remorque, et de telle façon que ce nouveau train double ainsi constitué puisse être commandé par un seul wattman, au moyen du contrôleur de la cabine se trouvant à l'avant du train, les moteurs des deux automotrices fonctionnant simultanément avec une concordance parfaite.

Le système réalisé suivant ces données par la Compagnie Thomson-Houston, et appliqué en premier lieu à des trains d'essai des Compagnies d'Orléans et de l'Ouest, a été remplacé sur la ligne n° 3 du Métropolitain par le système dit à « Unités multiples », qui est employé encore sur les lignes n° 1, n° 2-sud, n° 4 et n° 5, seul ou concurremment avec le système à Unités doubles Thomson-Houston. Ce dernier est aussi utilisé sur la ligne n° 2-nord.

On examinera successivement dans ce qui va suivre le fonctionnement de chaque type de matériel.

186. *Manœuvre des appareils électriques des motrices.* — *a*) **Matériel Thomson.** — Les appareils électriques principaux renfermés dans les loges ou cabines (*fig.* 527) des automotrices Thomson-Houston sont au nombre de six : un interrupteur général du courant, un coupe-circuit fusible, un interrupteur automatique, un contrôleur, un commutateur spécial pour deux moteurs ou quatre moteurs, un inverseur.

L'*interrupteur général de courant* sert à isoler complètement tous les appareils du rail conducteur.

Le *coupe-circuit fusible*, qui est à soufflage magnétique, reçoit une lame métallique fixée par deux écrous, qui fond quand l'intensité du courant est trop élevée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'*interrupteur automatique* se déclenche lorsque l'intensité du courant devient trop élevée : 600 amp pour quatre voitures, 1.200 pour huit voitures.

Le *contrôleur* est formé de trois cylindres, dont deux accouplés, et mis en mouvement par la grande manivelle, distribuent le courant dans les divers organes de la motrice; le

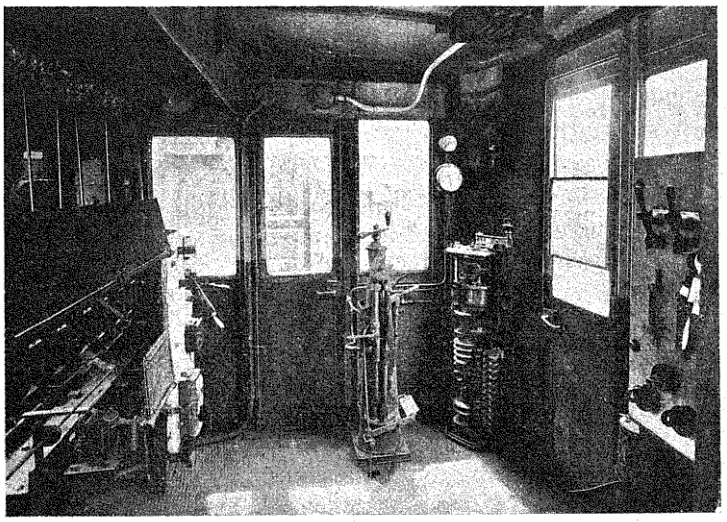


Fig. 327. — Cabine de motrice T. H. du *Chemin de fer Métropolitain*.

troisième, manœuvré par une petite manette, actionne l'*inverseur* servant à changer le sens de la marche.

Le *commutateur* spécial des motrices se place sur les crans 2 ou 4, suivant que le train comprend une ou deux voitures automotrices.

Dans la marche à deux moteurs (une seule motrice), il faut au démarrage :

1° Enclencher le disjoncteur;

2° S'assurer que le fusible est en place;

3° S'assurer également que l'interrupteur général du courant est fermé ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Disposer le commutateur spécial des moteurs pour la marche à deux moteurs ;

5° Disposer l'inverseur à l'aide de sa manette pour le sens de marche nécessaire ;

6° S'assurer que les freins sont débloqués et que la pression d'air dans la conduite générale est supérieure à 2,5 kg ;

7° Donner le signal d'avertissement prévu par le Règlement général d'exploitation ;

8° Manœuvrer la grande manivelle avec la main droite et l'amener franchement sur le premier cran de série, où elle doit rester jusqu'à ce que le démarrage soit obtenu.

Dans la marche à quatre moteurs (deux motrices), il faut s'assurer avant le démarrage que, dans la voiture automotrice de queue :

1° L'interrupteur général du courant est ouvert ;

2° La manette de renversement de marche se trouve à la position neutre ;

3° Le robinet d'isolement placé sur la conduite du réservoir principal est fermé et que le robinet du mécanicien se trouve à la position 3 ;

4° Le commutateur du compresseur est à la position de repos ;

5° L'inverseur (actionné par la manette de changement de marche de l'automotrice de tête, fonctionne dans de bonnes conditions ;

6° L'interrupteur général de lumière est ouvert ;

7° Le frein à main est desserré.

Dans la motrice de tête, on prend les mêmes précautions que pour la marche à deux moteurs, sans oublier de placer le commutateur spécial des moteurs sur la marche à quatre moteurs.

b) **Matériel Westinghouse.** — Dans la loge des voitures automotrices Westinghouse, il y a trois appareils : la boîte à plomb fusible, l'interrupteur automatique, le contrôleur.

La *boîte à plomb fusible* est destinée à recevoir une lamelle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cuivre rouge dont la fusion se produit si l'intensité du courant atteint une valeur trop élevée : 600 amp environ.

L'*interrupteur automatique* est un deuxième appareil qui automatiquement coupe le courant s'il atteint une intensité trop élevée. Le réglage en est fait au dépôt entre 550 et 600 amp, et il ne doit jamais être modifié par le conducteur.

Le *contrôleur* se compose de deux parties : le cylindre principal, qui distribue le courant dans les divers organes de la motrice, et le petit cylindre par lequel s'opèrent le changement de marche de la voiture et l'isolement des moteurs.

Dans la manœuvre du contrôleur Westinghouse pour les démarrages, il faut :

1° S'assurer que les freins sont débloqués ;

2° Enclencher le disjoncteur ;

3° Mettre en place le fusible ;

4° Manœuvrer le changement de marche et mettre la manette à la position avant ou arrière, suivant le sens de la marche commandée ;

5° S'assurer que la pression d'air dans la conduite générale est supérieure à 2,5 kg ;

6° Donner le signal d'avertissement prévu par le Règlement général d'exploitation ;

7° Manœuvrer la grande manivelle avec la main droite et l'amener franchement sur le premier cran de série, où on la maintient jusqu'à ce que le démarrage soit obtenu.

Lorsque la motrice est à deux loges ou qu'il y a deux motrices dans le même train, on doit dans la loge ou les loges inoccupées :

1° Déclencher le disjoncteur automatique et ouvrir la boîte à fusible ;

2° Ouvrir l'interrupteur du compresseur ;

3° Mettre la manette de changement de marche à la position neutre ;

4° Fermer le robinet d'isolement de la conduite principale ;

5° Mettre le robinet du mécanicien à la position 3 ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6° Ouvrir l'interrupteur général d'éclairage ;

7° S'assurer que le frein à main est desserré.

c) **Appareils communs aux diverses motrices.** — Les *moteurs* et les *résistances* sont fixés au truck de la voiture. Les moteurs, suivant leur position, sont appelés moteur n° 1 et moteur n° 2 : le moteur n° 1 est le plus éloigné de la loge qui contient le fusible.

L'*interrupteur du compresseur* peut se fermer de deux façons : en bas lorsque le compresseur est actionné par l'intermédiaire de l'interrupteur automatique, en haut lorsque celui-ci ne fonctionne pas, ou pour toute autre cause.

Distribution du courant. — Le courant électrique, venant du pôle positif des génératrices de l'usine, est pris sur le rail conducteur au moyen des frotteurs, au nombre de quatre par motrice, et arrive aux moteurs par le fusible, l'interrupteur général, le contrôleur et les résistances. Après avoir traversé les moteurs, le courant revient à l'interrupteur des moteurs, passe par la prise de terre et de là dans les roues, enfin dans les rails de retour, d'où il se rend au pôle négatif des dynamos à l'usine.

187. *Équipement à Unités doubles système Thomson-Houston.* — Ce système, appliqué à 77 motrices en service sur diverses lignes du Métropolitain, présente notamment les avantages suivants (1) :

a) Absence complète de tout appareil à fonctionnement automatique pendant la marche ;

b) Simplicité de réunion des voitures motrices accouplées deux par deux, chacun des trains simples ou doubles se conduisant absolument — au moyen d'un contrôleur série-parallèle — comme une motrice unique ;

c) Marche économique en série ou en parallèle dans les meilleures conditions possibles, dans chaque cas ;

(1) *Bulletin Thomson-Houston*, n° 99.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d) Commande de la deuxième motrice à la queue du train s'effectuant par le contrôleur de la première, par l'intermédiaire d'un câble, seulement, passant sur toutes les voitures de remorque d'un bout à l'autre du train ;

e) Marche arrière à volonté avec les deux motrices, et par suite freinage électrique possible en cas d'urgence, en renversant le courant dans les deux motrices à la fois : à cet effet, deux fils de très faible section courent tout le long du train à côté du câble ci-dessus.

La cabine du wattman de chaque motrice renferme les appareils suivants :

Un contrôleur série-parallèle à main, à soufflage magnétique L-3-M ;

Un disjoncteur automatique M-K ;

Un plomb fusible à soufflage magnétique M-L ;

Un parafoudre M-D ;

Un commutateur spécial M-I à deux positions[1] ;

Un jeu de résistances pour la marche en série-parallèle ;

Un inverseur électromagnétique pour la marche arrière ;

Deux moteurs Thomson-Houston T-H-4 ;

Quatre frotteurs de prise de courant pour troisième rail ;

Un compresseur d'air électrique à commande automatique pour les freins.

Sur chacune des faces avant et arrière de la motrice sont disposés :

Un coupleur pour câble de train ;

Un coupleur à deux fiches pour inverseur.

Les manœuvres pour la marche à trois ou six voitures s'effectuent de la façon suivante :

Soit un train à trois voitures en service. Le wattman met la poignée du commutateur spécial M-I dans la position « trois voitures » et accroche les coupleurs aux extrémités

(1) La plupart des premières motrices Westinghouse reçurent aussi ce commutateur, de façon à pouvoir également assurer le service par Unités doubles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du train dans leurs supports respectifs ; le train est prêt à partir.

Pour former un train de six voitures, il suffit de rapprocher bout à bout deux trains de trois voitures, de faire les attelages de la manière habituelle, d'enfoncer les coupleurs correspondants et de mettre dans chacune des motrices le commutateur spécial dans la position « six voitures ». Le train est prêt à partir, et le wattman peut se placer dans l'une quelconque des cabines, quelle que soit leur position relative dans le train, pour commander la marche de tout le train. Le mode de couplage qui donne le plus de satisfaction consiste à avoir les deux motrices l'une en tête l'autre en queue du train, de manière à pouvoir marcher avec sécurité dans un sens ou dans l'autre en cas de nécessité : dans le cas où l'une des boucles terminales de la ligne vient à être obstruée, il suffit ainsi au wattman de se transporter de la cabine de tête dans la cabine de queue et de marcher en sens inverse pour reprendre immédiatement le service en simple navette. Cette disposition permet également, en cas d'obstruction sérieuse et durable sur un point de la ligne, de faire le service en navette isolément sur chacun des deux tronçons de part et d'autre de ce point.

Les moteurs de ces voitures, au nombre de deux, sont du type T-H-4, développant normalement une puissance de 140 chx sous 500 v ; leur poids avec les engrenages est de 2.300 kg.

Le contrôleur est du type L-3-M, créé spécialement pour les équipements du Métropolitain ; il est établi pour deux moteurs de 150 chx et comporte sept positions avec résistances dans la marche en série et six positions avec résistances dans la marche en parallèle.

L'inverseur électromagnétique est destiné, comme son nom l'indique, à effectuer les changements de marche du train par le simple changement de la position du cylindre.

Les coupleurs du câble du train se composent, entre deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voitures, de deux parties fixées aux parois, isolées à 500 v et protégées par une gaine métallique, et d'un câble mobile flexible terminé par deux pièces amovibles que l'on insère dans les pièces fixes correspondantes.

Les coupleurs d'inverseurs, protégés par une gaine en aluminium, sont composés de deux moitiés identiques, pendant chacune au bout d'une gaine flexible et que l'on accouple directement (1).

Les trains équipés suivant ce système, et qui au début étaient formés de deux rames de quatre voitures, comprennent aujourd'hui :

a) Sur la ligne n° 2 Nord : deux motrices d'un poids à vide de 24 à 25 t, placées en tête du train pour réduire la longueur des câbles, et quatre remorques de 8,5 t à vide également ;

b) Sur les lignes n°s 2 Sud et 5, deux motrices et deux ou trois remorques. Il n'y a plus, sur aucune ligne, de trains à huit voitures, qui exigeaient une intensité de courant trop élevée dans les moteurs ou ne permettaient pas un démarrage assez rapide.

188. ***Équipements à Unités multiples.***— En partant d'un train remorqué par une seule motrice (où l'effort de traction ne peut dépasser sensiblement l'adhérence de cette motrice), on améliore les conditions de démarrage et d'arrêt, et par conséquent de vitesse commerciale élevée, comme aussi les facilités de formation et de déformation des trains, en augmentant le plus possible le rapport du nombre des voitures motrices au nombre total des voitures. Le maximum d'avantages sous ce rapport est obtenu dans le cas d'une voiture automotrice seule ayant tous ses essieux soit moteurs, soit accouplés, et tous ces essieux également freinés, ou bien d'un train formé uniquement de motrices pouvant être

(1) Voir en appendice le mode de conduite de ces voitures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manœuvrées ensemble par le wattman d'un point quelconque du train.

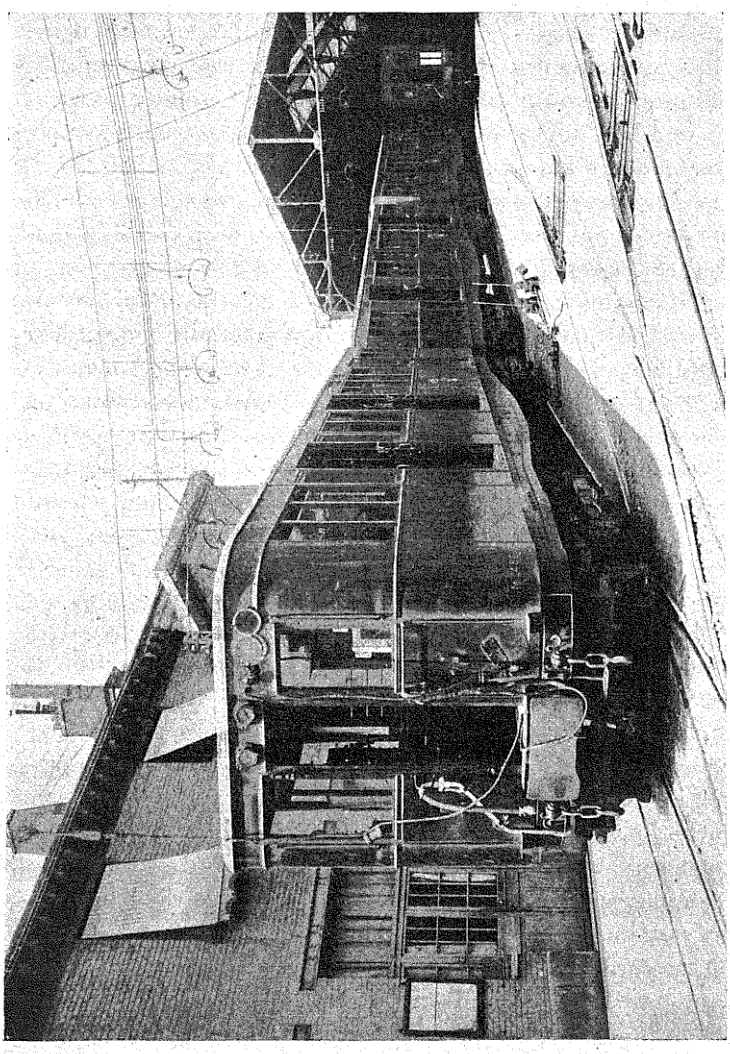


Fig. 528. — Train du Métropolitain (*remise de Charonne*).

On se rapproche de ce maximum d'avantages en faisant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entrer dans le train le plus de motrices possible, et en les répartissant d'une façon judicieuse suivant les conditions du service des lignes. C'est en vue de cette commodité que la

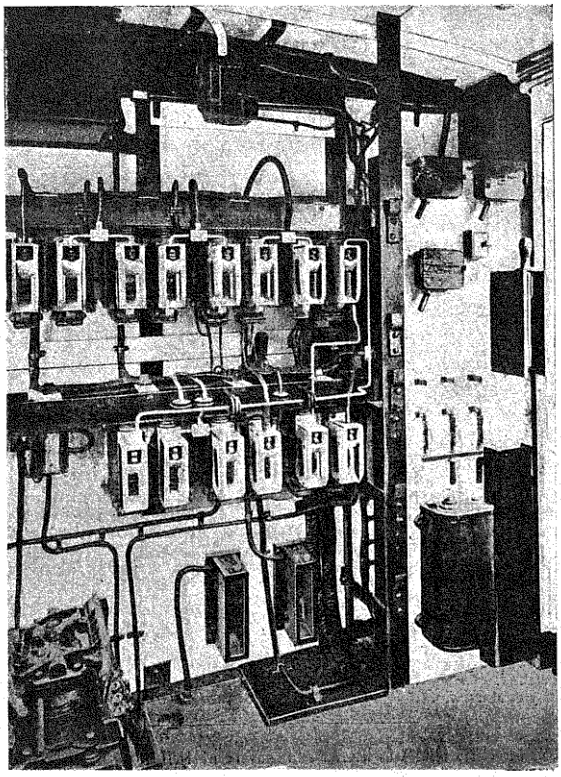


Fig. 529. — Cabine d'automotrice *T. H. multiple.*

Compagnie Thomson-Houston et la Compagnie Westinghouse ont créé, pour les trains de chemin de fer et du Métropolitain, leurs systèmes dits « à unités motrices multiples à commande unique ».

Les conditions principales que ces Compagnies ont cher-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ché à réaliser en créant ce système sont les suivantes (1) :

1° Multiplier les automotrices ayant chacune leur prise de courant, leurs rhéostats de démarrage et leurs moteurs, de manière à augmenter le poids adhérent par train, à assurer un démarrage facile et à permettre la mise rapide hors circuit d'une unité avariée ;

2° Effectuer la commande de ces automotrices par les appareils de l'une quelconque d'entre elles, tout en permettant à chaque unité de reprendre son indépendance par une manœuvre simple ;

3° Ne disposer dans la longueur du train aucun conducteur à forte intensité ou à haute tension.

189. La solution adoptée par la Compagnie Thomson-Houston pour réaliser ces différents *desiderata*, a consisté à remplacer les contrôleurs ordinaires, en usage dans les précédents équipements à unités doubles, par une série d'appareils électro-magnétiques à commande à distance et à surveillance facile, appelés **contacteurs**. Ces appareils, en nombre sensiblement égal au nombre des crans des contrôleurs ordinaires, effectuent les mêmes combinaisons que ces derniers : insertion ou retrait de résistances, couplage en série ou en parallèle, marche avant ou arrière, freinage électrique.

A cet effet, les équipements à unités multiples comportent deux circuits distincts :

1° Un circuit principal, ayant l'intensité de la ligne, amenant le courant aux moteurs ;

2° Un circuit de commande à faible intensité (4 amp au maximum) actionnant les contacteurs qui remplacent le contrôleur. Les contacteurs sont constitués essentiellement par un bloc de fonte avec électro-aimant à l'intérieur ; lorsque l'électro entre en jeu, il rapproche deux contacts disposés à la

(1) Notice de la Compagnie du *Métropolitain*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie inférieure de l'appareil et que l'action de la pesanteur tenait écartés l'un de l'autre.

Circuit principal (*fig.* 530). — Ce circuit, qui dans chaque automotrice est autonome, a des frotteurs spéciaux. Chaque moteur est monté en série avec un jeu de résistances qui lui est propre ; les deux jeux de résistances d'une voiture se trouvent donc placés en série ou en parallèle en même temps que leurs moteurs. Il en est de même des contacteurs, ce qui

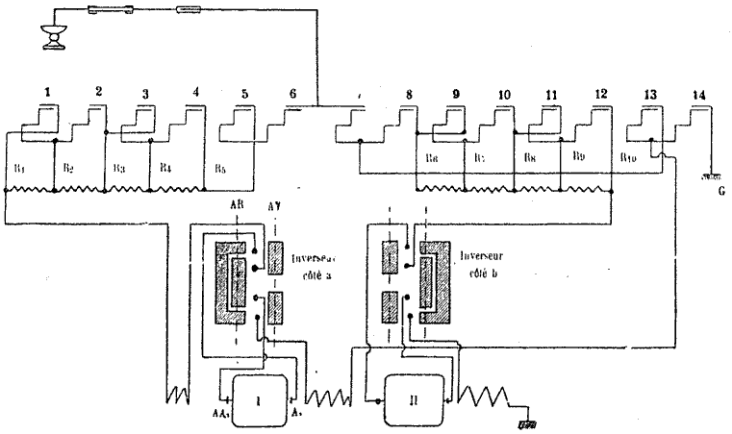


FIG. 530. — Équipement à Unités multiples T. H. Circuit principal.

réduit au minimum l'intensité du courant dans ces appareils et par suite leur échauffement. Un inverseur, actionné par le courant de commande, permet de faire varier le sens du passage du courant dans les moteurs et par suite le sens de rotation des induits.

Examinons le passage du courant pour le premier cran de la marche en série, par exemple (*fig.* 530). Les contacteurs 12, 14, 13, 5 et 6 étant fermés par le circuit de commande, comme on le verra plus loin, le courant arrive en R après avoir passé par l'interrupteur général et le fusible principal ; il passe ensuite par les contacteurs 14 et 13, l'inverseur « côté *a* », le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moteur I, les résistances R15 et R*r*, les contacteurs 5 et 6, les résistances R23 et R21, le contacteur 12, l'inverseur « côté *b* », le moteur II et la terre.

Quand le wattman passe aux crans suivants du contrôleur du circuit de commande, les contacteurs 27, 38, 4, 7 se ferment, les résistances correspondantes étant court-circuitées ; puis le contacteur 11 s'enclenche et fait tomber le 5.

Dans la marche en parallèle, les contacteurs 1 et 6 sont fermés, le contacteur 11 est ouvert, le moteur I prend sa terre

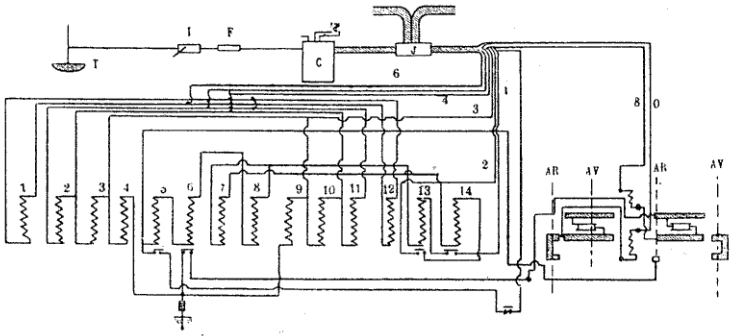


Fig. 531. — Équipement à Unités multiples système T. H. Circuit de commande.

par le contacteur 1, et le moteur II reçoit directement le courant par le contacteur 6.

Circuit de commande. — Les circuits de commande des voitures du train sont réunis en un seul par l'intermédiaire des coupleurs des motrices et du câble à neuf conducteurs régnant sur toute la longueur du train.

Ce circuit comprend un certain nombre d'appareils qui sont, dans l'ordre où les traverse le courant (*fig.* 531) : un interrupteur spécial, un fusible général, un contrôleur de commande, un interrupteur de sectionnement, un rhéostat de réglage, l'inverseur, et enfin les contacteurs. Un certain nombre de plombs fusibles sont disposés de telle sorte qu'il y en ait toujours un en série dans chaque circuit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le **contrôleur de commande** (*fig.* 532) comporte une série de frotteurs fixes, reliés aux différents appareils, et un cylindre mobile autour de son axe et muni de segments, qui permet au wattman d'établir des connexions entre les différents frotteurs. A la partie inférieure et dans le prolongement du cylindre principal, se trouve le cylindre de renversement de marche, qui est commandé par une tige solidaire de la petite manette du contrôleur.

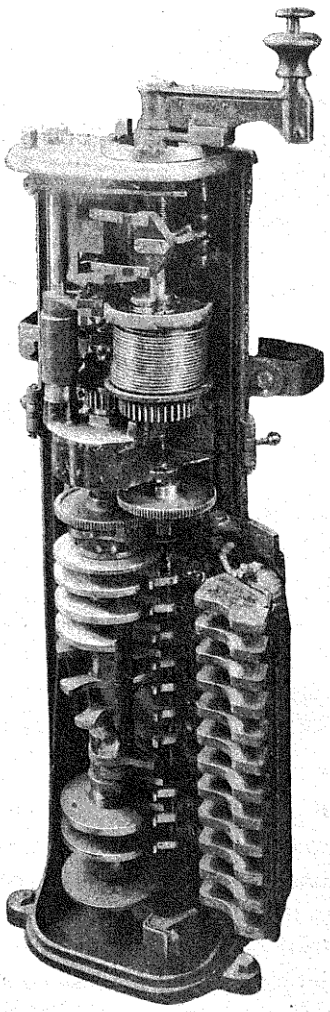


Fig. 532. — Contrôleur T. H.

Le contrôleur est muni d'un dispositif spécial qui assure l'arrêt automatique du train au cas où, pour une raison quelconque, il échapperait au contrôle du mécanicien. Le courant est alors doublement interrompu aux contacts auxiliaires. A cet effet, ceux-ci sont montés sur un manchon qui peut participer au mouvement de la manivelle du cylindre principal, si on le solidarise avec cette manivelle en pressant sur un bouton d'enclenchement qui se trouve à son sommet. Si cet enclenchement cesse, le manchon obéit à un ressort de rappel qui le ramène à zéro et rompt le courant de commande. Les contacteurs coupent alors le courant principal alimentant les moteurs du train. Un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fusible protège le contrôleur. Un dispositif dit de *démarrage* ou *manipulateur* permet au wattman de mettre la poignée du contrôleur d'un seul coup dans la position de pleine vitesse, le train se trouvant alors mis en marche régulièrement e automatiquement par l'intermédiaire d'un relais spécial, appelé relais limiteur de courant, qui empêche le cylindre du contrôleur de passer d'un cran quelconque au suivant tant que

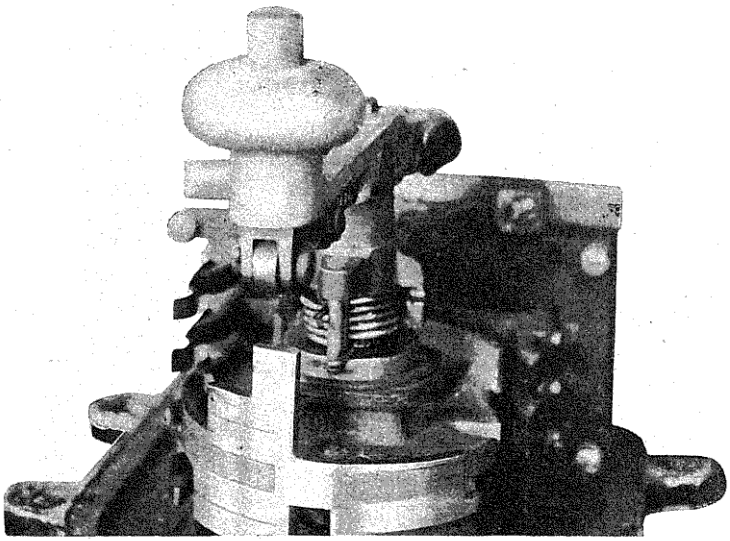


Fig. 533. — Manipulateur.

le courant n'est pas descendu au-dessous d'une certaine valeur maxima fixée par le réglage de l'appareil. Ce fonctionnement permet en définitive de retirer au wattman le réglage de l'allure de démarrage, le train, dans tous les cas, démarrant toujours de la même manière et sans que le courant excède jamais la limite admise comme satisfaisante. Ce dispositif de démarrage automatique est employé d'une manière facultative par le wattman, qui reste libre d'effectuer le démarrage cran par cran comme avec les contrôleurs ordinaires.

Pour démarrer avec le manipulateur, la manette étant placée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la position de marche, on appuie fortement, mais sans brusquerie, sur le bouton de la manivelle du manipulateur et on amène franchement cette manivelle à fond de série ou de parallèle, suivant la marche à employer, en continuant à maintenir le bouton. Pour couper le courant, on ramène franchement mais sans brusquerie la manivelle à zéro, et à ce moment seulement on lâche le bouton. Pour passer enfin de la marche automatique à la marche cran par cran, on ouvre l'interrupteur de commande, on déplombe le manipulateur, on l'ouvre, puis :



Fig. 534. — Interrupteur de sectionnement du circuit de commande (*T. H. multiple*).

1° On enfonce à fond le bouton placé sur le tambour à ressort et on le tourne légèrement à droite ou à gauche pour assurer sa position;

2° On déplace de bas en haut et d'arrière en avant le cliquet d'embrayage du frein, de manière à l'amener franchement dans le cran correspondant;

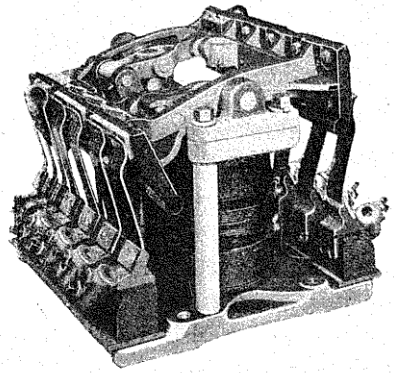


Fig. 535.
Inverseur *Unités multiples T. H.*

3° On vérifie le bon fonctionnement cran par cran, puis on referme le manipulateur (1).

Le courant de commande est pris sur le câble d'arrivée du courant principal, avant l'interrupteur général.

Les connexions entre le circuit local de commande de la voiture et le circuit général de commande des autres unités sont établies sans épissures

(1) Circulaire S. T. 7.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au moyen d'une simple boîte de jonction appelée **boîte du circuit de commande.**

Des **interrupteurs du sectionnement** (*fig.* 534) permettent d'isoler une motrice quelconque, en coupant le circuit de commande des autres unités par le contrôleur.

Le **rhéostat du circuit de commande** comporte un certain nombre de résistances formées de grilles en fonte maintenues

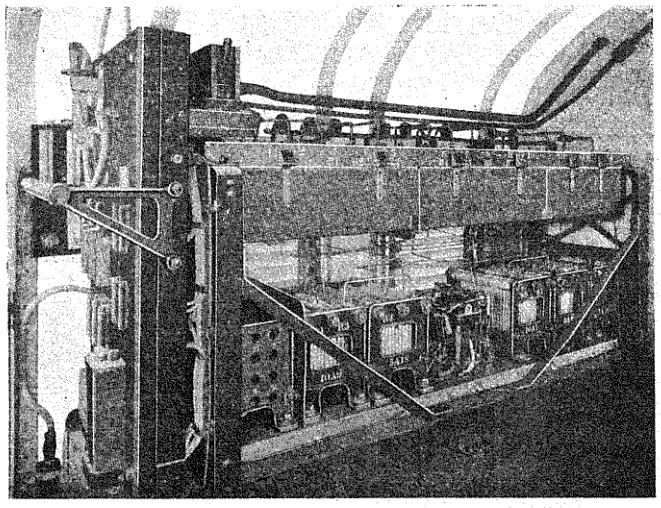


FIG. 536. — Disposition des contacteurs, des résistances et de l'inverseur dans une cabine d'automotrice « T. H. multiple ».

dans des cadres en même métal (*fig.* 340), qui s'intercalent dans les différents circuits, de manière à avoir toujours dans ces circuits la même résistance (par suite la même intensité) et permettre le fonctionnement régulier des contacteurs.

L'**inverseur** présente deux positions : une de marche avant, l'autre de marche arrière, qui sont obtenues par le déplacement, sous l'influence de deux électros à pistons plongeurs, d'un cylindre mobile devant des frotteurs fixes. Le changement de position du cylindre et par suite le changement de marche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne peuvent se produire que lorsque le contacteur 12 est ouvert et par suite le courant principal interrompu.

A côté des frotteurs principaux se trouvent trois petits frotteurs ; les deux premiers sont destinés à la commande de l'inverseur, le troisième ne permet le passage du courant dans les contacteurs que lorsque l'inverseur a fonctionné.

Les **contacteurs** employés pour effectuer l'insertion des ré-

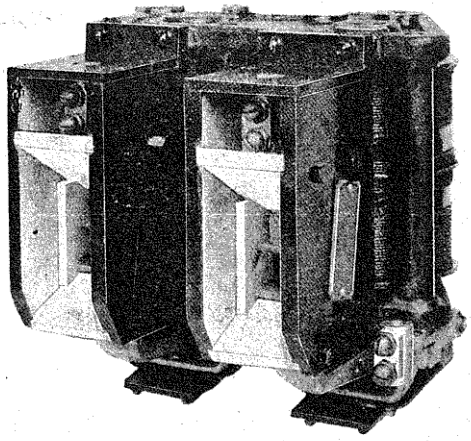


Fig. 537. — Ensemble de deux contacteurs (*Unités multiples T. II.*).

sistances ou les couplages série-parallèle sont d'un modèle uniforme. Les contacteurs coupleurs (1-15, 11-12, 13-14, *fig.* 531) et le contacteur 6 diffèrent seulement des autres par l'addition d'un contact électrique inférieur, qui est intercalé sur des circuits de commande, écartant tout risque de fonctionnement simultané des contacteurs de couplage, lequel provoquerait la mise en court-circuit des moteurs. Le contact inférieur du contacteur 12 empêche le fonctionnement de l'inverseur tant que le courant principal n'est pas coupé.

Chaque contacteur est constitué par un bloc de fonte à l'intérieur duquel est placée la bobine principale de l'électro. A la partie inférieure sont deux contacts normalement écartés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par l'action de la pesanteur et rapprochés (fermés) par le jeu de l'électro-aimant. Ces contacts sont à projections divergentes pour faciliter la rupture, qui est activée par un soufflage magnétique obtenu au moyen d'une bobine traversée par le courant principal et placée à la partie supérieure de l'appareil.

Fonctionnement du courant de commande. — A la position du premier cran de série le courant, après avoir passé par les contacts auxiliaires du contrôleur, arrive à la touche T (*fig.* 531), d'où il se rend au cylindre de renversement de marche (inverseur).

La marche avant est obtenue par le fil 8; le courant passe

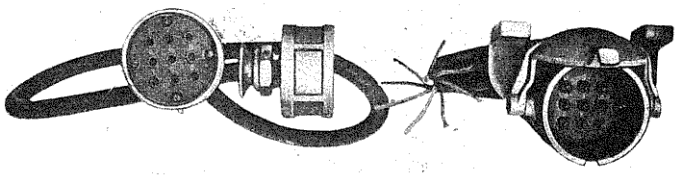


FIG. 538.— Coupleurs T. H. « multiples ».

dans une des bobines d'attraction et dans une bobine de soufflage de l'inverseur et prend sa terre par le contact inférieur du contacteur 12. L'inverseur, en basculant le troisième doigt, ferme un nouveau circuit dans lequel le courant, en sortant de la bobine d'attraction, passe par les relais 12, 14, 13, 5, puis par le contact inférieur des contacteurs 14 et 1 et va enfin prendre sa terre au contrôleur par le fil 1.

Pour la deuxième touche de série, le contrôleur établit le courant sur le fil 3, qui ferme les contacteurs 4 et 9 en prenant directement sa terre après les fusibles. La troisième touche met le courant sur le fil 4, la quatrième touche sur le fil 5, la cinquième touche sur le fil 6, en fermant chaque fois deux nouveaux contacteurs. Le fil 6 ferme 6 et 7.

Pour le premier cran de parallèle, le fil 1 est isolé, mais le fil 2 est mis à la terre au contrôleur, de sorte que les contacteurs 1 et 6 s'enclenchent et que 11 s'ouvre; 12, 14 et 13 restent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fermés, le circuit de commande du fil 2 étant fermé par le contact inférieur du contacteur 5 ouvert. Chacune des touches suivantes met le courant respectivement sur les câbles 3, 4, 5, 6, en fermant chaque fois deux contacteurs.

Les fils 1, 2, 3, 4, 5, 6 servent donc à la commande des différents crans de série et de parallèle, le fil 8 à la marche avant et le fil 0 à la marche arrière; quant au fil 7, il sert à produire le démarrage automatique du train par l'intermédiaire d'un relais monté sur le circuit principal, qui ferme ou ouvre le circuit du fil 7 suivant l'intensité du courant principal.

Les trains équipés suivant ce système comprennent :

a) Sur la ligne n° 3 : trois motrices de 26 à 27 t à vide et deux remorques de 17 t ;

b) Sur les lignes n° 2 Sud et 5, deux motrices de 24 à 25 t et deux ou trois remorques de 8,5 t.

Moteurs. — Les motrices des trains à unités multiples Thomson-Houston sont munies de deux moteurs TH-10 d'une puissance nominale de 175 chx montés sur les deux essieux d'un même bogie, celui situé sous la cabine du wattman. Sous une tension comprise entre 500 et 600 v, les trois motrices d'un train de cinq véhicules donnent au démarrage en palier une accélération moyenne de 0,55 m par seconde (les allures de 18 et 36 km à l'heure, correspondant à des vitesses par seconde de 5 et 10 m, sont donc obtenues respectivement en 9 et 18 secondes) et permettent une vitesse commerciale de 20 km à l'heure, avec arrêts de 15 secondes tous les 400 à 600 m.

La capacité du moteur TH-10 est de 240 ampères (au démarrage l'intensité peut s'élever à 800 amp pour chaque moteur : c'est à peu près le maximum) sous 550 volts; après une heure de marche à ce régime, la température d'aucune des parties du moteur ne dépasse de plus de 70° la température ambiante, supposée inférieure à 25°. Le rendement, engrenages compris, varie de 0,86 à 0,88 suivant la charge, dans les limites ordinaires. Les moteurs sont éprouvés à chaud

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous une tension alternative de 3.000 v entre les enroulements et la masse.

Pour le montage, le moteur s'appuie, d'une part, sur l'essieu par deux paliers à chapeaux rapportés avec coussinets en bronze ; il est suspendu, d'autre part, par deux pattes maintenues chacune entre deux ressorts à boudins antagonistes, dont l'un s'appuie sur la traverse du bogie. Ces ressorts sont guidés et fixés par des tiges filetées et des boulons.

La carcasse est d'une seule pièce en acier fondu à haute perméabilité magnétique. Les pièces polaires, rapportées et au nombre de quatre, sont en tôles d'acier doux de 15/10 et maintiennent les bobines inductrices par l'intermédiaire de ressorts spéciaux. Des portes de visite sont ménagées dans la carcasse pour permettre la visite et l'entretien du collecteur et des balais, ainsi que la vérification de l'entrefer, sans sortir le moteur de dessus le truck. Le moteur est hermétiquement clos pour éviter toute introduction de poussière et toute humidité.

Les bobines inductrices sont faites avec des lames de cuivre de 25 $\times$ 3,8 mm enroulées à plat et isolées au mica et à l'amiante. Elles forment un ensemble compact ne risquant pas de se désagréger par suite de trépidations.

L'induit, du type à tambour denté, a son âme composée de tôles de 6/10, de diamètres intérieur et extérieur respectifs de 230 et 490 mm. L'enroulement induit, fait avec des lames de cuivre de 17 $\times$ 1,6 mm, comporte 231 sections logées dans 33 encoches, à raison de 7 sections par encoche. Le collecteur est formé de 231 lames en cuivre rouge étiré, isolées au mica ; son diamètre est de 400 mm avec une largeur utile de 190 mm.

L'arbre a un diamètre moyen de 100 mm avec des portées largement calculées pour éviter tout échauffement exagéré. L'induit est muni de déflecteurs d'huile ayant pour but d'éviter toute infiltration à l'intérieur du moteur.

Les porte-balais sont en bronze et comportent trois balais en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

charbon par rangée; la pression des charbons sur le collecteur reste sensiblement uniforme pendant tout leur service; leurs supports sont en acier coulé et fixés par des boulons sur la carcasse, ce qui permet un démontage facile.

Les paliers d'induit sont rapportés sur la carcasse et permettent le démontage de l'induit en mettant l'arbre, soit dans une position verticale, soit dans sa position normale. Pour augmenter la surface d'appui, les paliers se prolongent des deux côtés à l'intérieur de l'armature. Les coussinets sont en bronze garni d'antifriction, et le graissage se fait avec de l'huile plus ou moins consistante qui est maintenue au contact de l'arbre par des paquets de laine.

Les pignons sont en acier forgé et taillés à la fraise, et les roues dentées en acier coulé; leur rapport est de 1/2,29.

Ils barbotent dans une boîte à graisse fixée sur le moteur et sur l'essieu.

Les câbles sont protégés, en dehors du moteur, par des tuyaux flexibles en acier qui se raccordent à la carcasse par des écrous spéciaux garnis d'un tube isolant.

Le poids du moteur avec les engrenages et le carter est de 3.000 kg environ.

190. ***Equipements à Unités multiples système Westinghouse*** (1). — Le système Westinghouse comporte également deux circuits distincts : le circuit principal (à 500 volts) et le circuit de commande (à 14 volts).

Les **circuits principaux** sont identiques pour les différentes motrices et indépendants l'un de l'autre; ils aboutissent chacun aux frotteurs de prise de courant.

Chaque moteur, d'une puissance d'environ 175 chx avec un rapport d'engrenages de 3,41, est monté en série avec un jeu de résistances; les divers jeux sont donc en série ou en parallèle en même temps que les moteurs. Sur chaque mo-

(1) Notice de la Compagnie du Métropolitain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trice se trouve un inverseur électro-pneumatique, qui permet de changer le sens du courant dans les induits des moteurs et par conséquent le sens de marche de la voiture.

On peut suivre sur la figure 539 la marche du courant pour les diverses positions du contrôleur. Par exemple, pour le premier cran de série, les contacteurs 6 et 7 étant fermés par le courant de commande, le courant à 500 v passe par le coutacteur 6, l'inverseur, le moteur 1, les résistances R_5 à R_4, le contacteur 7, les résistances R_5 à R_{10}, l'inverseur, le moteur 2 et enfin la terre.

A la deuxième position série, le contacteur 8 est fermé, ce qui supprime les résistances de R_2 à R_1 et de R_6 à R_7. A chacune des positions suivantes de série du contrôleur, deux contacteurs sont fermés, qui court-circuitent deux résistances, et cet effet se reproduit jusqu'au moment où, le contacteur 5 se fermant, les contacteurs 7, 8, 9, 10, 11, 3, 1, 2, s'ouvrent : à ce moment, les moteurs sont directement sans résistance.

Pour la marche en parallèle, les contacteurs 4, 12, 13, se ferment, le contacteur 5 s'ouvre, le moteur 1 prend sa terre par le contact 13, et le moteur 2 reçoit le courant par les contacteurs 4 et 12.

Tous les **circuits de commande** sont réunis en un seul au moyen de coupleurs spéciaux et d'un câble à sept conducteurs, dit ligne de train, existant sur toute la longueur du train.

Le fil 1 correspond à la marche avant,
— 2 — — arrière,
— 3 — batterie d'accumulateurs,
— 4 — marche automatique série et parallèle,
— 5 — au verrou,
— 6 ferme le courant de traction,
— 7 correspond à la marche en parallèle.

Pour le courant de commande à 14 v, on dispose de deux batteries de sept accumulateurs, l'une se chargeant en série au moyen du circuit de lumière pendant que l'autre se décharge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

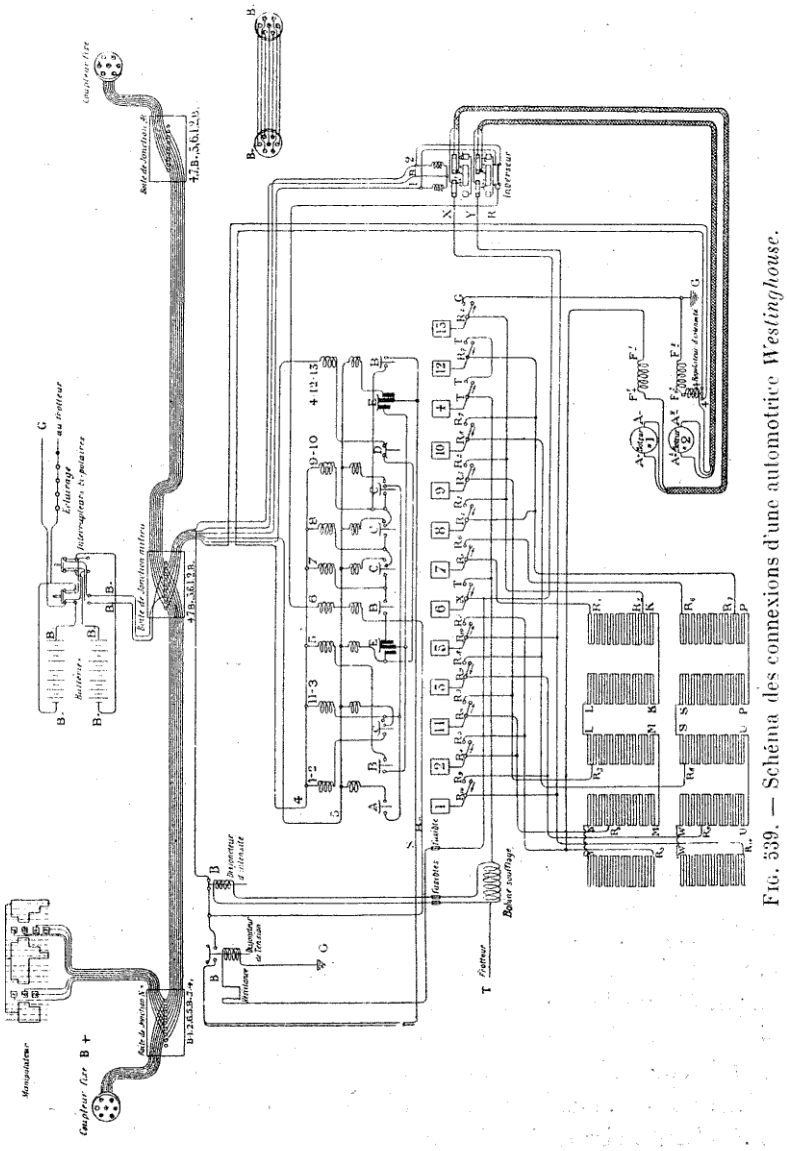


FIG. 539. — Schéma des connexions d'une automotrice *Westinghouse*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le courant de commande traverse divers appareils : manipulateur, boîtes de circuit, inverseur, etc.

Le **manipulateur**, réuni directement à la ligne de train, est constitué sur chaque motrice par un tambour faisant contact avec des doigts fixes, et permettant de réaliser les différentes connexions nécessaires entre la batterie et les électro-aimants des différents contacteurs. Dans chaque motrice, le manipulateur est branché de la façon suivante sur les différents conducteurs de la ligne de train :

Les fils 1 et 2 sur l'inverseur,
Le fil 4 sur la tourelle en passant par le régulateur d'intensité,
Les fils 5 et 7 directement sur la tourelle.

Toutes les manœuvres sont obtenues au moyen d'une seule

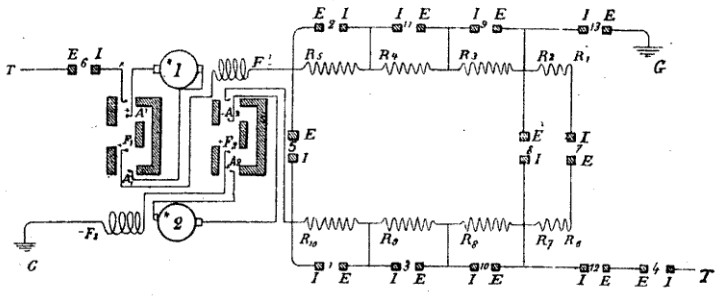


Fig. 540. — Contrôle *multiple Westinghouse*.

manette ; lorsque celle-ci est placée dans la position neutre, tous les circuits auxiliaires sont ouverts.

Le tambour du manipulateur est muni d'un ressort suffisamment puissant pour provoquer le retour à la position neutre aussitôt que le conducteur lâche la manette, ce qui entraîne immédiatement l'ouverture de tous les contacteurs.

Des connexions sans épissure peuvent être établies dans le circuit de commande, au moyen de boîtes de jonction dénommées **boîtes de circuit** de commande.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'inverseur se compose d'un tambour rectangulaire dont l'axe est relié aux pistons de deux cylindres à air. Chaque cylindre comporte une valve électro-magnétique commandée électriquement par le circuit de commande; suivant que le courant est envoyé dans l'un ou l'autre des électro-aimants, l'air comprimé actionne le piston correspondant, et le tam

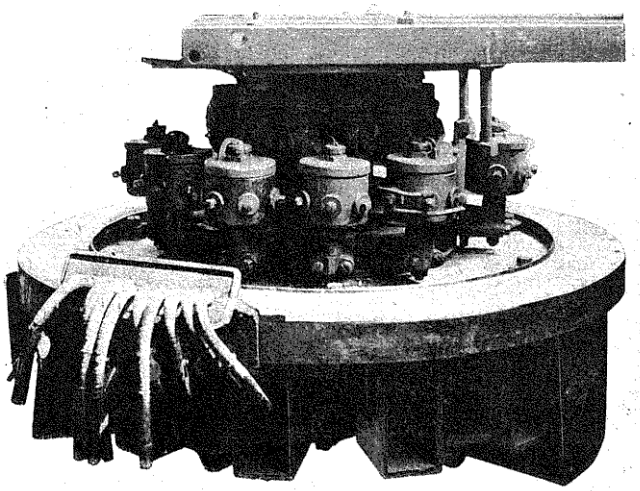


Fig. 541. — Tourelle *Westinghouse*.

bour inverseur prend, soit la position de marche avant, soit la position de marche arrière.

L'axe du tambour porte en outre un interrupteur qui ne se trouve fermé que lorsque l'inverseur est sur l'une des positions de marche avant ou arrière, de sorte que le courant de commande ne peut actionner les contacteurs que si l'inverseur a bien pris la position dans laquelle il doit se fixer.

Le **contrôleur électro-pneumatique**, ou **contacteur**, appelé aussi **tourelle** (*fig.* 541-542), remplace le contrôleur des équipements ordinaires de tramways. Il renferme treize contacteurs disposés sur une base circulaire avec une bobine de soufflage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placée au centre. Les contacteurs sont actionnés par des pistons à air se déplaçant dans des cylindres verticaux. Une chambre centrale reçoit l'air fourni par le compresseur et le distribue aux valves électro-magnétiques, d'où il pénètre dans les cylindres.

Des interrupteurs secondaires appartenant au *circuit de commande* sont enclenchés avec les contacteurs, de façon à

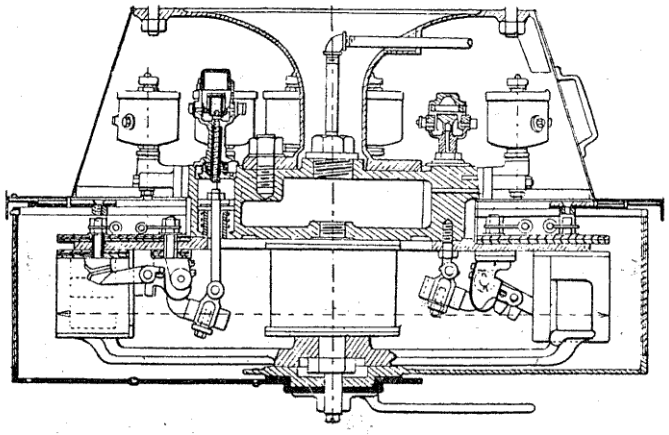


Fig. 542. — Tourelle *Westinghouse*. — Coupe.

régler automatiquement le mouvement de ces derniers appareils.

Voici quel est le fonctionnement des valves.

Lorsque le courant de commande traverse une bobine, il en attire l'armature, dont la tige vient appuyer sur la valve ; celle-ci s'abaisse en comprimant un ressort et met en communication le réservoir d'air comprimé avec le cylindre du contacteur ; le piston de ce cylindre, poussé par l'air, va alors fermer le contact du courant principal en agissant sur un autre ressort de rappel placé en dessous de lui. Si le courant de la bobine vient au contraire à être coupé, l'excitation cessant, l'armature devient libre, le petit ressort de la valve fait re-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

monter cette dernière, qui met alors le cylindre du contacteur en communication avec l'air extérieur. Enfin le piston de ce cylindre, repoussé par son ressort de rappel, ouvre le contact du courant principal.

Les électros de la tourelle possèdent généralement deux bobines, une d'attraction et une de maintien.

Le **disjoncteur automatique d'intensité** est constitué par un relais et un interrupteur : le relais est un électro-aimant dont la bobine est branchée en dérivation aux bornes de la bobine de soufflage, il est donc parcouru par un courant proportionnel au courant principal.

L'interrupteur est connecté dans le *circuit de commande* du contrôleur électro-pneumatique et actionné par le relais. Aussitôt que le courant principal dépasse une intensité donnée, l'interrupteur est ouvert par le relais, ce qui produit instantanément l'ouverture de tous les contacteurs.

Le **disjoncteur automatique de tension** est constitué, comme celui d'intensité, par un relais et un interrupteur. Le relais est un électro-aimant dont la bobine, en série avec une résistance, est connectée, d'une part, à la terre, et, d'autre part, au contacteur 6.

L'interrupteur est à peu près semblable à celui du disjoncteur d'intensité ; en cas d'interruption de courant sur la ligne, l'interrupteur ouvre le circuit de commande, et tous les contacteurs — à l'exception du numéro 6 — sont ouverts. Si le voltage est remis sur la ligne, le train démarre normalement au cas où le wattman aurait maintenu la manette dans la position qu'elle occupait avant l'interruption du courant.

Un **appareil de sûreté,** constitué par un petit interrupteur à commande pneumatique, est intercalé dans le circuit de commande, *pour ramener le contrôleur électro-magnétique à zéro en cas d'application des freins* pour un motif quelconque, tous les contacteurs s'ouvrant alors.

Réservoirs et valves d'air. — L'air, comprimé dans les réservoirs principaux par le compresseur électrique de la cabine du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

wattman, est amené à un réservoir auxiliaire par l'intermédiaire d'un clapet de retenue et d'une valve de réduction abaissant la pression de 7 à 5 kg ; sur ce réservoir sont branchés les tuyaux desservant le contacteur et l'inverseur, qui sont munis chacun d'un robinet d'isolement et d'un manchon isolant.

Un **interrupteur de sectionnement** est disposé dans la cabine de chaque motrice à l'arrivée du câble partant des frotteurs, et permet d'isoler complètement du circuit à 500 v tous les appareils qui se trouvent dans la cabine. En cas d'accident sur l'une des motrices, l'interrupteur permet de l'isoler totalement, de sorte qu'elle entre, à partir de cet instant, dans la composition du train, comme une remorque.

Un **régulateur d'intensité,** constitué par un électro-aimant monté en série avec le moteur n° 2, peut actionner un interrupteur placé dans le fil n° 4, — retour commun des bobines supérieures des contacteurs et correspondant à la marche automatique. Tant que l'intensité dans les moteurs ne dépasse pas une certaine valeur fixée suivant la puissance des moteurs, l'interrupteur ferme le fil n° 4; mais si, en passant d'une position série ou parallèle à la suivante, l'intensité dans les moteurs devenait trop forte, l'interrupteur couperait le fil n° 4 et le courant ne serait rétabli dans ce fil qu'au moment où l'intensité dans les moteurs, par suite de l'augmentation de vitesse, serait descendue à la valeur admise. Cet appareil est donc un régulateur automatique de démarrage. Il permet d'obtenir des démarrages indépendants de la volonté du wattman et il évite les surcharges trop fortes aux moteurs; il ne permet le passage du courant que touche par touche, un contacteur (le 7 par exemple) devant être fermé pour que le suivant (le 8) puisse ensuite se fermer à son tour.

Fonctionnement du circuit de commande. — Le manipulateur étant dans la première position (*fig.* 539), le courant de commande va du pôle positif de la batterie au manipulateur, puis dans l'un ou l'autre des électro-aimants de l'inverseur (sui-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vant le sens de marche que l'on veut obtenir), pour revenir à la batterie (pôle négatif). L'inverseur se fermant sous l'action de l'air comprimé, l'interrupteur de sûreté établit le contact sur le fil R, et le courant de commande traverse les bobines du contacteur 6; l'air comprimé étant admis dans le cylindre de ce contacteur, cet appareil se ferme, et il en est de même de l'interrupteur secondaire correspondant : dès lors, s'il y a du voltage sur la ligne, le relais du disjoncteur de tension fonctionne en fermant l'interrupteur.

La deuxième position du manipulateur correspond à la marche série. Le courant de commande va du positif de la batterie à la touche 4 du manipulateur, traverse le régulateur d'intensité, la bobine supérieure du contacteur 7, les interrupteurs secondaires 6, 5, 4, les disjoncteurs de tension et d'intensité, et enfin arrive au négatif de la batterie. L'électro-aimant 7 étant excité, l'air comprimé actionne le contacteur 7 dont la fermeture entraîne celle de l'interrupteur secondaire correspondant; ce dernier établit alors le courant sur la bobine inférieure de l'électro 7, qui maintient le contacteur 7 fermé au cas où le fil n° 4 (retour commun des bobines supérieures) vient à être ouvert par le régulateur d'intensité. L'interrupteur secondaire 7 ferme également le courant sur la bobine supérieure de 8, et les mêmes opérations que ci-dessus se reproduisent jusqu'au moment où les contacteurs 6, 7, 8, 9, 10, 11, 3, 1, 2, sont fermés.

Au moment où le contacteur 2 se ferme, l'interrupteur secondaire 2 ferme le circuit sur la bobine supérieure de 5, ce qui entraîne la fermeture du contacteur 5 et le fonctionnement de son interrupteur secondaire : le contact supérieur est par suite rompu et le contact inférieur établi, ce qui fait ouvrir tous les contacteurs, à l'exception des numéros 6 et 5.

Toutes ces opérations se font automatiquement sur la deuxième position du manipulateur; si l'on veut rester sur une des positions série, il suffit de ramener la manette du manipulateur à la position 1, qui correspond au retour commun

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des bobines inférieures, lesquelles sont des bobines de retenue ou de maintien.

La troisième position correspond à la marche en parallèle. Le courant de commande passe par la touche 7 du manipulateur et arrive à la bobine des contacteurs 4, 12, 13 : ces contacteurs se ferment alors pendant que le contacteur 5 s'ouvre, ce qui entraîne la fermeture et l'ouverture des interrupteurs secondaires correspondants. — Cette manœuvre effectuée, le courant de commande traverse la bobine supérieure des électros 9, 10 : les contacteurs 9, 10 se ferment, en faisant ouvrir 10, puis les résistances R_3 à R_2 et R_2 à R_8 sont court-circuitées.

L'interrupteur secondaire 9 étant fermé, il établit le courant sur la bobine inférieure de 9, 10 — ce qui maintient les contacteurs 9, 10 fermés malgré le fonctionnement du régulateur d'intensité, — et sur la bobine supérieure de 11, 3, ce qui ferme les contacteurs 11, 3, et l'interrupteur secondaire de 11. La même opération se reproduit pour les contacteurs 1 et 2, et les moteurs marchent alors en parallèle sans résistances.

Le verrou d'enclenchement (fil 5) est commandé électriquement par un interrupteur qui permet le réenclenchement d'un disjoncteur par l'une quelconque des motrices du train, en produisant un simple contact; mais cet interrupteur, qui est muni d'un ressort, ne doit jamais rester enclenché. La bobine d'attraction du verrou du disjoncteur d'intensité remplace la main du conducteur sur chaque motrice ; elle est branchée, d'une part, sur le fil 5 et, d'autre part, sur le pôle négatif de la batterie, ce qui fait que, lorsque le conducteur fait passer du courant sur l'interrupteur du verrou, toutes les bobines du verrou du train se trouvent excitées aussitôt et attirent leur verrou respectif, ce qui a pour effet d'enclencher en même temps les disjoncteurs de toutes les motrices.

Le disjoncteur d'intensité est enclenché lorsque le bouton placé au centre de la boîte cubique fait saillie de 10 à 12 mm.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une disjonction se reconnaît à ce fait que ce même bouton est rentré complètement dans la boîte ou qu'il ne fait plus saillie que de 3 ou 4 mm. A la première disjonction, il y a lieu d'effectuer un contact, mais, à la deuxième, il ne faut faire un contact que lorsqu'on a reconnu, par l'examen des disjoncteurs, la motrice où elle s'est produite. Les conducteurs ne doivent pas toucher au bouton indicateur; le déclenchement à volonté du disjoncteur d'intensité se produit en ouvrant l'interrupteur de traction. Cet interrupteur est bipolaire; le plot supérieur commande la traction; le plot inférieur, en court-circuitant l'interrupteur-disjoncteur électro-pneumatique, permet dans les essais à blanc de s'assurer du fonctionnement des contacteurs jusqu'à fond de parallèle.

Sur la ligne n° 1, équipée suivant le système Westinghouse à unités multiples, les trains sont formés de trois motrices de 24 à 25 t — dont deux en tête du train et une en queue, munies chacune de deux moteurs de 110 chx montés sur les essieux d'un même bogie, — et de deux remorques de 16 t; sur la ligne n° 3, les motrices de ce système ont des moteurs de 180 chx.

191. Le ***matériel Sprague-multiple*** est aussi employé au Métropolitain (ligne n° 1); la note VII en appendice indique le mode de conduite des trains équipés suivant ce système et les mesures à prendre en cas d'avaries. Dans ce système, chaque motrice comporte essentiellement un contrôleur et un inverseur, qui sont actionnés chacun par un servo-moteur essentiellement électrique dont le mécanicien, de la cabine de tête, commande les mouvements au moyen d'un commutateur multiple ou manipulateur, et d'une ligne à cinq fils à faible voltage longeant tout le train. Le servo-moteur de l'inverseur consiste en deux solénoïdes à noyau plongeur, que la manipulation actionne directement; le servo-moteur du contrôleur est un petit moteur série bipolaire dont les circuits de commande sont fermés par des relais sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le contrôle des courants envoyés par le manipulateur.

Les mouvements des contrôleurs des différentes motrices ne sont pas ici forcément synchrones : chaque motrice est indépendante à ce point de vue, et obéit exclusivement à ses régulateurs d'intensité, en ce qui concerne l'allure à laquelle le contrôleur doit passer aux vitesses successives[1]. Les moteurs des voitures sont du système DULAIT.

Enfin le matériel en service sur la ligne n° 4 est, on l'a dit plus haut, du type SPRAGUE-THOMSON, comportant un système de mise en marche du système Sprague et des contacteurs du système Thomson. Chaque train comprend trois motrices de 27 à 28 t et deux remorques de 17 t.

192. *Conduite et petit entretien* [2]. — Avant le départ, en prenant son service, chaque conducteur-wattman doit faire avec le plus grand soin l'inspection de son automotrice, s'assurer qu'elle est en état de bien fonctionner, et pourvue de l'outillage et des agrès réglementaires. Le conducteur doit notamment :

1° *Eclairer le train, faire de l'air, fermer les robinets de frein ouverts la veille pour la purge, et desserrer les freins à main des motrices* (une circulaire spéciale indique les précautions particulières à prendre dans chaque cas de : stationnement en palier, stationnement en rampe d'un train muni du frein continu, station en rampe d'un train non muni du frein continu, pour empêcher le train de descendre la rampe et pour le démarrage au signal de départ) ;

2° *Effectuer les essais de sonneries, sablières, intercommunication, frein continu*, etc. ; en dehors de ces essais, les mesures suivantes sont encore prescrites au conducteur :

a) A chaque passage aux gares de visite, faire l'essai des

(1) *L'Eclairage électrique*, numéro du 20 mai 1905.

(2) Extrait des *Instructions* de la Compagnie *à l'usage des conducteurs*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sablières, en portant aussitôt les réclamations sur le livre *ad hoc* s'il y a lieu ;

b) Au départ de chaque gare terminus, et une fois le train en pleine vitesse, couper le courant et vérifier le fonctionnement du frein continu en effectuant un serrage : sans marquer un arrêt complet, le conducteur devra obtenir un ralentissement suffisant pour être fixé sur l'efficacité des freins ;

c) Au départ de chaque gare, s'assurer que la pression de l'air dans la conduite générale est suffisante pour permettre l'arrêt rapide du train. A cet effet, le garde de queue doit, avant chaque départ, s'assurer que la pression dans la conduite générale est au moins égale à 3 kg, et faire attendre le train en gare tant que cette pression ne sera pas atteinte ;

3° *Visiter les essieux, les roues, les bandages et les appareils divers du train, en particulier les relève-frotteurs, plombs de frotteurs, contrôleurs, inverseurs, commutateurs, appareils de sécurité, moteurs, coupleurs*, etc. — Dans le cas des contrôleurs manœuvrables à la main, si ces appareils sont plombés, la visite doit consister simplement à tourner la manivelle jusqu'à fond de parallèle pour vérifier qu'il n'y a aucun coincement ni aucun moteur isolé. Dans le cas des unités doubles, on vérifiera que la manette et la manivelle du contrôleur arrière sont bien placées à la position neutre. Il faut passer la visite de tous les frotteurs (droite et gauche) de chaque motrice, s'assurer qu'ils sont baissés et que les plombs fusibles sont en place et en bon état. Toute défectuosité dans les appareils doit être aussitôt mentionnée sur le livre de réclamations et signalée verbalement au chef de service chargé de la visite des trains ;

4° *S'assurer que les appareils de secours sont au complet ;*

5° *Vérifier le tableau des plombs de rechange placé dans la loge de chaque motrice.* — Les plombs qui manquent seront aussitôt signalés et réclamés comme ci-dessus. Tout plomb brûlé pendant la marche doit être remplacé par le plomb correspondant du tableau ; l'échange avec un plomb neuf en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sera fait par le chef de service, auquel le conducteur remettra les débris du plomb brûlé. Les plombs placés dans la boîte à outils du conducteur (toujours tenue au complet et gardée dans la loge pendant toute la durée du service du conducteur) servent de réserve et ne doivent être employés qu'après ceux du tableau. En cas d'emploi, ils sont échangés dans les conditions ci-dessus par le sous-chef conducteur.

Lorsqu'une automotrice est en stationnement prolongé, la manette du changement de marche doit être enlevée et le frein à vis doit être serré.

Les mouvements et les manœuvres des trains et des automotrices dans les gares et dans les dépôts doivent s'exécuter toujours à petite vitesse et avec la plus grande prudence. Les conducteurs doivent s'approcher avec précaution des trains ou parties de trains qu'ils ont à remorquer, de manière à ne pas produire de choc ; ils doivent veiller par eux-mêmes à ce que l'attelage avec le train soit bien fait. Ils doivent démarrer sans secousse et éviter autant que possible les arrêts trop brusques.

Après avoir placé la manette de changement de marche au cran Avant ou Arrière, suivant le cas, et s'être assuré que les freins sont bien desserrés, le conducteur démarre en amenant la manivelle du contrôleur au premier cran de série. Il doit, pour éviter les à-coups, ne faire avancer ensuite la manivelle que d'un cran à la fois, mais très franchement. Si la vitesse n'est pas suffisante au dernier cran série sans résistance, et à condition que cette vitesse ait déjà une certaine valeur, le conducteur met la manivelle sur le premier cran de parallèle et continue jusqu'au dernier en s'arrêtant sur chacun d'eux comme pour la marche en série. Pour ralentir, il doit ramener rapidement et sans arrêt intermédiaire la manette en arrière jusqu'à la position de repos, puis laisser courir le train par la vitesse acquise, ou bien marcher sur l'un des crans de série, le dernier de préférence. Pour obtenir un arrêt, il ramène la manivelle au cran de repos et manœuvre *ensuite* le robinet de frein.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un tableau de marche, dressé par le service de la traction pour chaque ligne, indique, pour chacune des voies, le temps alloué pour le parcours normal et les endroits où il faut marcher en série ou en parallèle, ou couper le courant. Il fixe aussi, en dehors du règlement général d'exploitation, le chiffre de la vitesse à ne pas dépasser sur certains points spéciaux; les endroits où se trouvent les signaux, visibles ou masqués, placés en pleine voie ou à l'approche des stations; les diverses particularités du parcours, etc.

D'autres tableaux ou schémas, spéciaux aux terminus, indiquent toutes les prescriptions à observer pour la circulation sur ces parcours, l'emplacement et la couleur des signaux, etc. La figure 526 se rapporte ainsi au terminus du Cours de Vincennes de la ligne n° 1.

Lorsqu'un train doit franchir un sectionnement du rail de courant, les conducteurs doivent couper le courant à l'avance et ralentir sur ce point; de même pour les aiguilles prises en pointe, sauf celles indiquées d'une façon spéciale et sur lesquelles ils peuvent conserver le courant. Les sectionnements sont signalés à l'attention des conducteurs par l'indication : « Coupez sur l'interruption ».

Le rôle de ces sectionnements est le suivant :

Les lignes du réseau sont (on l'a dit plus haut), au point de vue de la distribution du courant, divisées en un certain nombre de sections qui ont leur alimentation propre, et les deux voies reçoivent dans chaque section un courant distinct. Dans chaque ligne, le courant peut donc être coupé sur une seule section, et dans chaque section il peut être coupé sur une seule voie (il y a exception pour ce dernier point dans certains secteurs terminus) : ce sectionnement réduit l'importance des conséquences des courts-circuits et permet de déterminer rapidement les points où ils se produisent.

Les courts-circuits les plus fréquents sont ceux qui sont accompagnés de lueurs et de détonations. Toutefois un court-circuit parfaitement franc peut ne pas se révéler, même aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

personnes les plus proches : il se produit quand le corps métallique qui réunit les deux pôles en court-circuit a une section suffisante eu égard à sa conductibilité et présente un contact parfait avec chacun de ces deux pôles.

Dans ce cas, il faut visiter l'équipement électrique de la voie sur toute la section, ainsi que toutes les voitures qui s'y trouvent, en particulier les motrices, depuis les frotteurs jusqu'aux appareils de sécurité. Ce dernier soin est dans l'attribution du conducteur, qui, dès qu'une interruption de courant de cause inconnue est signalée, doit :

1° Arrêter son train après avoir gagné la gare voisine *par la vitesse acquise et si les signaux le lui permettent;*

2° Eclairer les voitures du train au moyen de la perche de secours (s'il n'a pu rentrer en gare) ;

3° Prendre les précautions prescrites pour les stationnements ;

4° Visiter les voitures de son train après avoir relevé les frotteurs.

Il est de l'intérêt général (1) que ces manœuvres soient exécutées avec la plus grande rapidité. Aussitôt l'avarie trouvée et réparée, le conducteur fera demander le courant par la station voisine.

Pendant la marche, les conducteurs doivent se tenir constamment à portée des appareils de marche et de sécurité. Ils doivent veiller attentivement aux signaux fixes, à ceux des trains qui précèdent, et à tous les signaux qui peuvent leur être faits, et se tenir toujours prêts à ralentir ou à arrêter, suivant les circonstances. En approchant d'une gare ou d'une portion de voie protégée par des signaux de ralentissement, ils doivent encore redoubler d'attention.

La marche des trains doit être régulière, le conducteur ne doit pas arriver aux gares avant l'heure réglementaire ; lorsque le train est en retard, il doit faire tous ses efforts pour rega-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gner le temps perdu, sans jamais dépasser la limite de vitesse qui est fixée à 45 km à l'heure, et en respectant les ralentissements imposés.

Les points où la vitesse doit être très faible et ne pas dépasser 10 km à l'heure sont indiqués par le signal de ralentissement ordinaire, — drapeau vert ou feu vert sans indications spéciales ; les aiguilles prises en pointe, les croisements, les courbes de rayon inférieur à 50 m, les pentes de plus de 20 mm par mètre, doivent être franchis à une vitesse ne dépassant pas 15 km à l'heure. Ces pentes et ces courbes sont indiquées aux conducteurs par une liste spéciale pour chaque ligne.

En cas de neige, les conducteurs doivent couper le courant, et même arrêter leur train en faisant serrer les freins à main, dès que les arcs dus au mauvais contact des frotteurs deviennent trop violents et menacent d'amorcer un court-circuit. Ils se font alors précéder d'agents de la voie qui nettoient avec soin le dessus du rail de courant A défaut de ces agents, le travail est fait par les agents du train au moyen de balais ou simplement des palettes de la boîte à outils du conducteur. Quand une certaine longueur de rail est nettoyée, le wattman avance le train pour s'arrêter de nouveau au bout de cette partie et permettre le nettoiement d'une partie suivante du rail.

Aux gares de visite, les conducteurs devront faire nettoyer les frotteurs : poutres, semelles, etc. Ils feront également vérifier le fonctionnement des sablières, dont ils devront faire usage pendant toute la montée des rampes, ainsi qu'aux démarrages sur les parties en viaduc. Il leur est enfin recommandé de s'arrêter, dans les gares qui précèdent les rampes, le plus loin possible de la sortie de gare, pour aborder les rampes avec la vitesse maximum.

En cas de brouillard intense et sur l'ordre des agents du mouvement, les conducteurs doivent se conformer à la circulaire relative au block téléphonique. Par tous les temps de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brouillard, la vitesse des trains doit de plus être assez ralentie pour qu'à chaque instant de la marche le conducteur soit maître de son train. A l'arrivée de chaque train aux terminus, le conducteur doit faire connaître au chef de service tout ce qu'il a pu remarquer d'anormal concernant l'état de l'automotrice, du train, de la voie, des fils électriques, des signaux fixes, et tout ce qui peut être intéressant, de manière que le chef de service puisse faire le nécessaire.

Dans les boucles et les gares, il est absolument interdit aux conducteurs de s'approcher à moins de cinq mètres entre tampons du train qui précède le leur. Dans les cas de manœuvre spéciale où cette distance doit être réduite, l'avancement ne doit se faire qu'à une vitesse très faible, de manière que le conducteur soit à chaque instant maître de son train.

En quittant son service, le garage effectué, le conducteur devra enlever le fusible ou bien ouvrir l'interrupteur général de courant, déclencher le disjoncteur, ramener la manette de changement de marche à la position neutre et l'enlever, relever tous les frotteurs en prise, sauf dans le cas où le train est garé sur l'une des voies spéciales munies d'interrupteurs de voie et spécifiées dans la consigne de chaque gare. Il videra ensuite la conduite générale ainsi que les réservoirs principaux et débloquera le frein à air en manœuvrant la tirette de chaque voiture, dont il fera serrer le frein à main.

193. *Freins à air.*— Les freins SOULERIN et WESTINGHOUSE employés (*un ou deux trains sont aussi munis du frein* LIPKOWSKI) ne diffèrent que dans le détail des organes et dans l'ensemble des timoneries. La distribution de l'air, le blocage et le déblocage s'effectuent de la même façon. On a lu la description du frein Soulerin plus haut, nous décrirons ici le fonctionnement du Westinghouse.

L'air servant à la manœuvre des freins est comprimé, par des compresseurs à piston dont la plupart sont du système

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHRISTENSEN (*fig.* 543) à collecteur non renfermé mus électriquement, dans des réservoirs placés sous les voitures motrices et appelés *réservoirs principaux*.

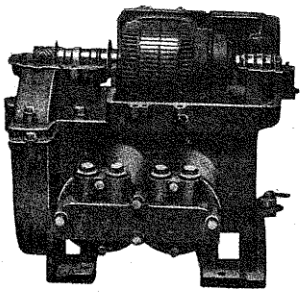


FIG. 543.
Compresseur *Christensen*.

Ce type de compresseur a été décrit à l'art. **180**. Le *régulateur* (appelé ici l'AUTOMATIQUE) est d'un modèle spécial permettant de relier un nombre quelconque de compresseurs automoteurs alimentant la même conduite ou le même réservoir (*fig.* 544).

L'**automatique** de commande a pour but de donner une terre à la ligne du train. Les conjoncteurs branchés d'une part sur le +, d'autre part sur la ligne du train, se trouvent excités lorsque cette ligne devient terre, et de ce fait ils enclenchent leurs compresseurs. Lorsque l'automatique coupe la terre de

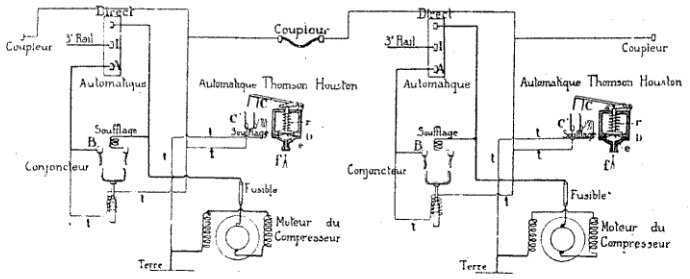


FIG. 544. — Schéma du groupement automatique des compresseurs.

la ligne de train, cette ligne devient +, les conjoncteurs se trouvent désexcités et rappelés par leur ressort, et ils coupent de ce fait le circuit des compresseurs.

Les automatiques Christensen seuls ont des fusibles doubles.

Les moteurs de ces compresseurs démarrent tous en même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

temps lorsque l'une quelconque des aiguilles de leurs manomètres est tombée à la pression minimum, fixée à 5 kg, et ils continuent à fonctionner jusqu'à ce que toutes ces aiguilles atteignent la pression maximum de 6 kg ; ils s'arrêtent alors simultanément. Ces résultats sont obtenus au moyen de bobines de relais et d'un fil égaliseur qui réunit entre eux tous les automatiques.

Dans chaque automatique Thomson-Houston (*fig.* 544), le contact C, qui établit ou coupe le courant avec le contact C', est sous la dépendance de l'appareil D, lequel comporte un diaphragme E, pressé d'une part au moyen d'un ressort V, et soumis d'autre part à la pression de l'air venant du réservoir principal par le conduit F. Suivant que cette dernière pression est prépondérante, ou bien celle du ressort V, le contact des lames C, C' s'établit ou se rompt. Le dessin montre la bobine de soufflage qui, dans ce dernier cas, éteint les arcs qui pouraient avoir tendance à se former.

Lorsque les automatiques ont un fonctionnement défectueux, les moteurs des compresseurs peuvent être alimentés par un circuit direct.

Le volume d'air aspiré par minute est de 800 l environ ; sous la pression moyenne de 4 kg, le volume occupé est de 200 l. A ce régime, le moteur absorbe une intensité de 9 amp.

Des réservoirs principaux, l'air sous pression de 3 à 4 kg se rend au *robinet de manœuvre*, qui communique avec une conduite régnant tout le long du train et appelée *conduite générale* ; de cette dernière part, sous chaque voiture, une *conduite auxiliaire* qui aboutit par l'intermédiaire de la *triple valve* à un réservoir appelé *réservoir auxiliaire*. Du réservoir auxiliaire, enfin, l'air peut se rendre par le jeu de la triple valve dans le *cylindre à freins*, où il presse sur des pistons qui agissent sur les sabots de freins par l'intermédiaire des tiges et des organes de la timonerie.

Conduite blanche. — Cette conduite réunit directement les réservoirs principaux des motrices entre eux : elle n'est pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

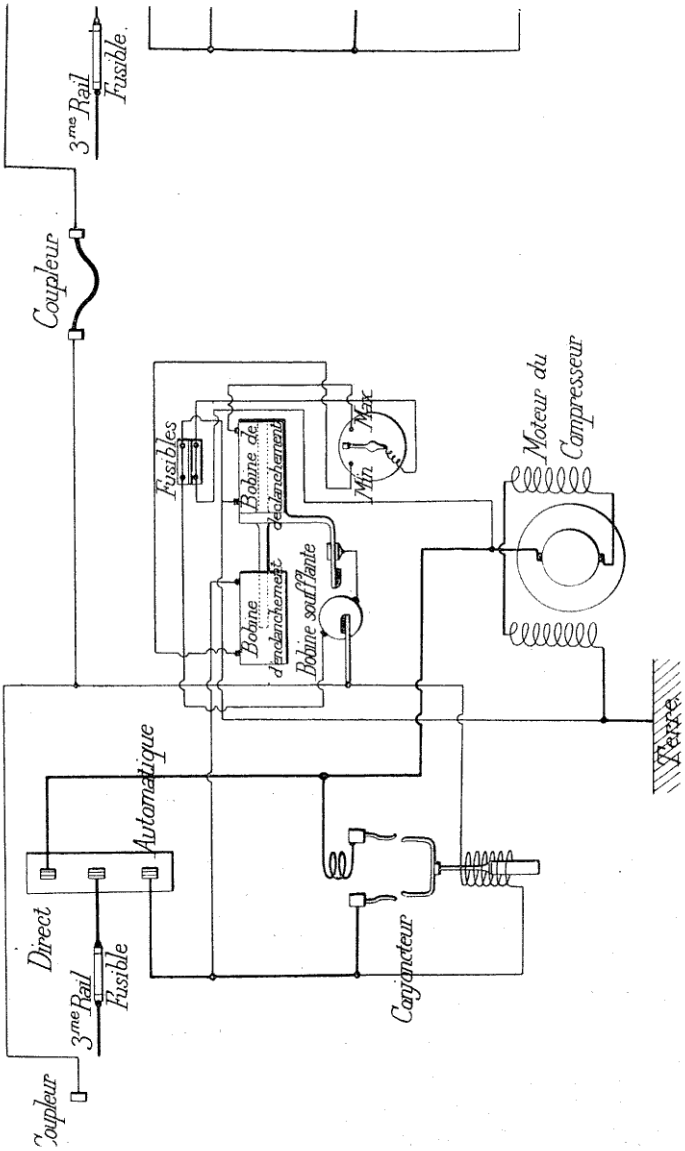


FIG. 345. — Compresseurs des Unités multiples T. H. Schéma du montage en parallèle avec conjoncteurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

utilisée pour le freinage, mais seulement pour la mise en jeu des contacteurs, en cas d'avarie au compresseur de la motrice de tête : ces contacteurs qui, on le sait, fonctionnent au moyen de l'air comprimé, peuvent continuer ainsi à être actionnés par le manipulateur.

Robinet de manœuvre. — La loge de chaque motrice est

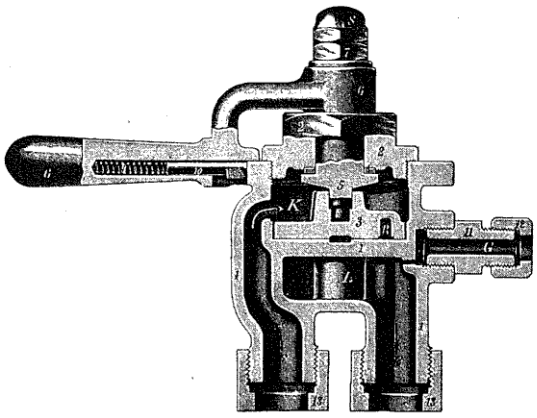


FIG. 546. — Robinet du mécanicien.

1, corps ou partie inférieure du robinet ; 2, partie supérieure du robinet ; 3, valve principale rotative liée à la poignée 6 par la tige 5 ; F, orifice d'entrée dans le robinet de l'air du réservoir principal ; K, L, chambres ; E, débouché de la conduite générale ; G, orifice du manomètre ; R, cavité creusée dans la valve 3.

munie d'un robinet (*fig.* 546) destiné à la manœuvre des freins à air.

Le mécanicien peut, au moyen de ce robinet, ou produire une dépression dans la conduite générale et provoquer l'entrée de l'air des réservoirs auxiliaires dans les cylindres à frein, et par suite le serrage ; ou bien charger cette conduite et les réservoirs, et décharger au contraire les cylindres à frein, en provoquant le desserrage et rendant l'ensemble du frein prêt pour un nouveau serrage.

A cet effet, le corps du robinet renferme divers conduits et une chambre K, qui contient elle-même une valve principale 3,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

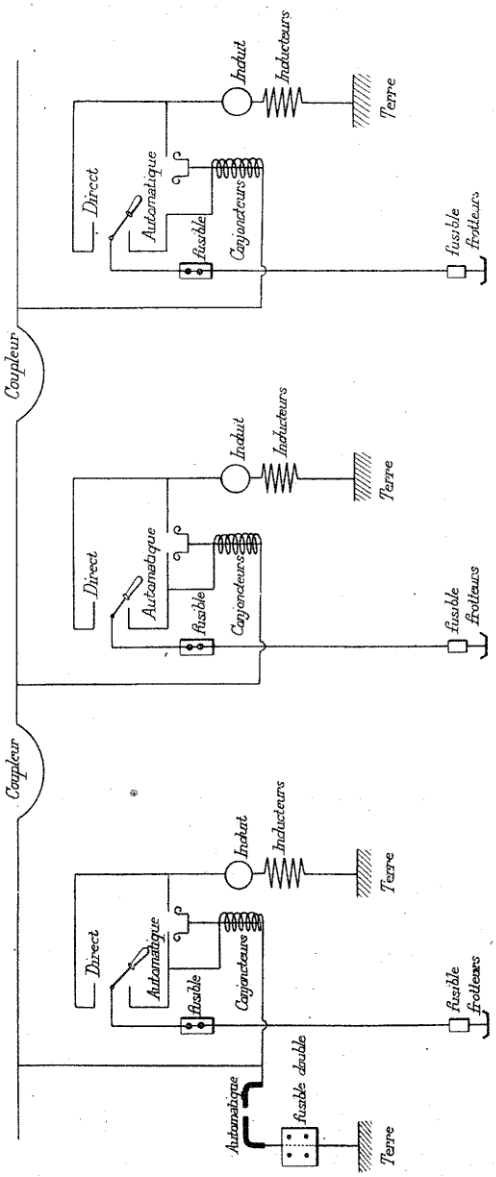


FIG. 347. — Équipement à Unités multiples *Westinghouse*. Ligne de train des compresseurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réglant les passages du réservoir principal à la conduite générale ; le chapeau 2, de la poignée du robinet 6, comporte une partie filetée à pas rapide, qui se visse dans le corps 1, en comprimant le ressort en spirale qui charge la valve 3.

La poignée ou manette du robinet peut occuper quatre positions principales (*fig.* 548).

La *position n°* 1 met en communication la conduite générale

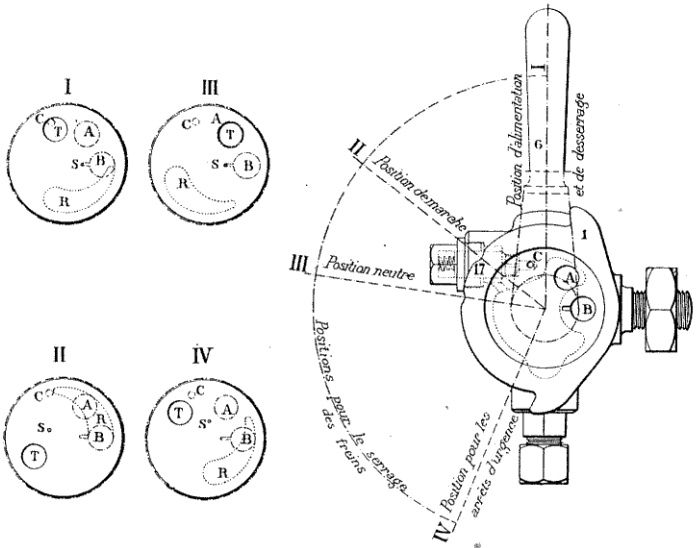


Fig. 548. — Positions relatives diverses de la poignée et des orifices du robinet du mécanicien.

avec les réservoirs principaux. Elle correspond au déblocage des freins.

La *position n°* 2 intercepte partiellement, à l'aide d'une soupape, la communication entre les réservoirs principaux et la conduite générale. *Pendant la marche*, à moins que le train n'ait une fuite importante, *le robinet doit toujours être à cette position* 2.

La *position n°* 3 intercepte complètement la communication entre la conduite générale et les réservoirs principaux ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elle maintient la dépression créée dans la conduite générale par l'échappement de l'air obtenu à la position 4. Elle correspond au maintient d'un blocage partiel.

Dans la position n° 4, le robinet établit la communication

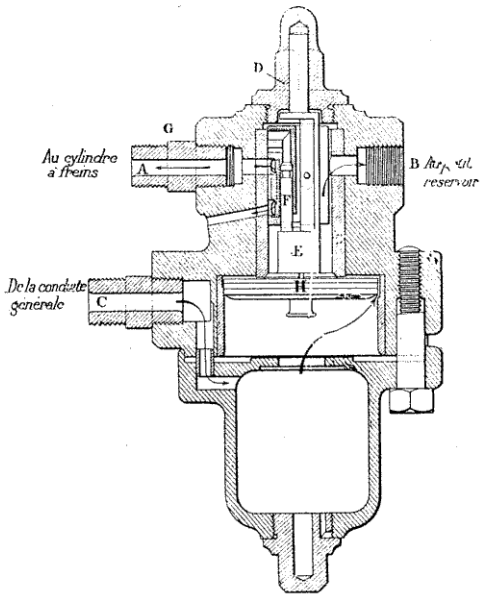


FIG. 549. — Triple valve *Westinghouse*.

A, passage de l'air se rendant au cylindre ; B, passage de l'air se rendant au réservoir auxiliaire ; C, passage de l'air venant de la conduite générale ; D, bouchon guide de tige de graduation ; E, piston ; F, valve de graduation.

directe entre la conduite générale et l'air extérieur ; elle correspond au blocage maximum.

Triple valve. — La triple valve placée sous chaque voiture, motrice ou autre, se compose principalement d'un petit piston ED (*fig.* 549) qui se déplace, avec le tiroir qui lui est solidaire, soit de bas en haut, soit de haut en bas, par une augmentation ou une diminution de pression dans la conduite générale. Elle permet, suivant la position qu'elle occupe :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° De faire communiquer la conduite générale avec le réservoir auxiliaire en passant par le robinet d'isolement ;

2° De faire communiquer les cylindres à frein avec le réservoir auxiliaire (la conduite générale ne communiquant plus avec ce réservoir) ;

3° De faire communiquer les cylindres à frein avec l'air extérieur.

Fonctionnement du frein. — L'air venant du réservoir principal passe dans la conduite générale par le robinet du mécanicien et pousse le piston ED dans la position qu'il occupe sur la figure, en pénétrant encore dans le réservoir auxiliaire par la rainure aboutissant à l'orifice B. En même temps, le tiroi r

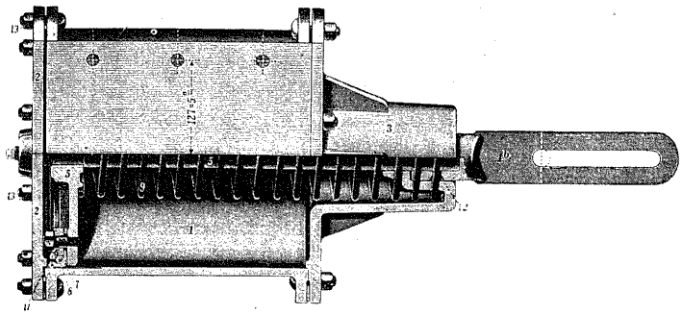


FIG. 350. — Cylindre de frein.

1, corps du cylindre ; 2, fond du cylindre ; 3, couvercle du cylindre ; 5, piston et sa tige ; 6, rondelle et sa tige ; 7, cuir ; 8, ressort de la garniture du piston ; 9, ressort de rappel.

vient masquer l'ouverture conduisant au cylindre à frein et permettre à l'air contenu dans ce dernier de s'échapper dans l'atmosphère par la lumière située en regard de F : c'est donc la position de desserrage et de rechargement de la conduite et des réservoirs auxiliaires.

Le blocage s'obtient, on l'a dit, en créant une dépression dans la conduite générale, faisant communiquer cette dernière avec l'air extérieur, soit par le robinet du mécanicien (positions 3 à 4 de ce robinet), soit par le robinet de secours

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des voitures d'attelage. Une rupture d'attelage provoquant l'arrachement d'un boyau d'accouplement, ou un simple éclatement d'un boyau, produisent également le blocage, et c'est ce qui constitue l'*automaticité* du frein. Une fuite à la conduite générale ou à la triple valve peut encore, suivant son importance, produire un certain serrage du frein.

Au commencement du freinage, si la dépression produite dans la conduite est faible et inférieure à 0,7 kg, par exemple, la graduation du serrage est obtenue à l'aide d'une petite valve F placée à l'intérieur du tiroir : par suite de la dépression, cette valve établit ou interrompt la communication du cylindre à frein avec le réservoir auxiliaire. Si la pression dans la conduite générale est brusquement réduite, l'effet de la valve est annulé et le tiroir descend; le réservoir auxiliaire communique alors directement par le passage *a* avec le cylindre à frein, et l'air pénétrant dans ce dernier pousse ses pistons en appliquant les sabots de frein contre les bandages de roues.

Pour débloquer, on fait à nouveau pénétrer l'air des réservoirs principaux dans la conduite générale au moyen du robinet du mécanicien (position 1).

Manomètres. — Chaque loge d'automotrice Westinghouse est munie de deux manomètres; celui placé le plus à gauche du conducteur indique la pression dans la conduite générale, et l'autre la pression dans les cylindres à freins de la motrice au moment du blocage, en renseignant approximativement ainsi sur la valeur du serrage.

Dans la loge des automotrices Thomson-Houston se trouvent également deux manomètres, qui sont placés l'un au-dessus de l'autre. Le manomètre supérieur donne la pression dans les cylindres à freins; le manomètre inférieur, appelé « Duplex », indique, par une aiguille rouge, la pression dans le réservoir principal, et par une aiguille noire, celle de la conduite générale. Deux flèches, l'une rouge, l'autre noire, correspondant sur le cadran aux divisions 6 kg et 4 kg,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

indiquent les pressions maxima que ces aiguilles ne doivent pas dépasser. Au départ, ainsi que pendant la marche du train, les deux aiguilles doivent marquer un écart de pression d'environ 2 kg.

194. ***Freinage dans les voitures à une seule loge.*** — Pour obtenir un **ralentissement**, il faut :

1° La manette étant dans la position n° 2, l'amener entre les positions 3 et 4 et jusqu'à ce qu'un sifflement d'air se fasse entendre ;

2° Laisser l'air s'échapper de la conduite générale jusqu'à ce que le ralentissement se fasse sentir et que le manomètre du cylindre à freins indique une certaine pression (1 kg environ) ;

3° Remettre la manette à la position 3 jusqu'à ce que le ralentissement désiré soit obtenu ;

4° Ramener la manette à la position 1 et l y laisser jusqu'à ce que l'aiguille du manomètre du cylindre à freins soit revenue entre 1 et 0 ;

5° Remettre la manette à la position 2.

Pour réaliser un arrêt, le wattman doit :

1° Obtenir le ralentissement comme il est indiqué ci-dessus, mais en laissant la manette à la position 3 au lieu de la ramener à 1 ;

2° Si l'on n'arrive pas à obtenir ainsi l'arrêt à l'endroit désiré, il faut amener de nouveau la manette entre les positions 3 et 4 pour augmenter le serrage ;

3° Lorsque l'on est sûr que l'arrêt va se produire, et avant qu'il ne soit obtenu complètement, ramener rapidement la manette à la position 1 pour éviter le choc d'arrêt ;

4° Lorsque le manomètre du cylindre à freins est entre 1 et 0, replacer la manette dans la position 2.

Pour obtenir un **arrêt brusque**, il faut amener la manette à la position 4 et l'y maintenir jusqu'à ce que l'arrêt soit complet (il faut manœuvrer en même temps la sablière et, en cas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de nécessité absolue, faire frein électrique comme il a été indiqué à propos du système double Thomson).

Freinage dans les motrices à deux loges ou dans les trains à deux motrices. — Les voitures à deux loges sont munies de deux robinets, un dans chaque loge. Lorsqu'un conducteur quitte une loge pour se rendre dans l'autre, il doit fermer le robinet d'isolement des réservoirs principaux de la loge qu'il quitte et mettre le robinet de manœuvre à la position 3. Dans la nouvelle loge de conduite, il doit ouvrir le robinet d'isolement des réservoirs principaux et mettre le robinet de manœuvre à la position 2 et veiller que, pendant la marche, les robinets de manœuvre restent à ces positions respectives 3 et 2. Faute d'observer ces prescriptions, le conducteur se trouverait dans l'impossibilité de serrer le frein, si le robinet de la loge non occupée se trouvait entre les positions 1 et 3, ou de le débloquer si le robinet

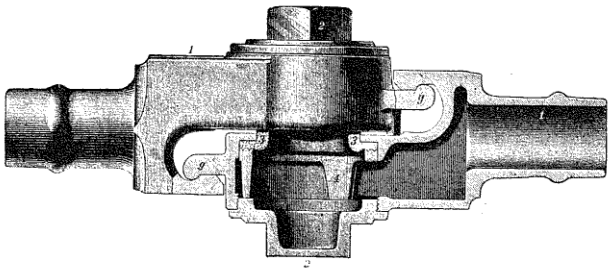


FIG. 551. — Têtes d'accouplement assemblées.

1, boîte d'accouplement ; 2, écrou-couvercle ; 3, rondelle d'accouplement ; 4, serre-joint ; *g*, *g*, queues de serrage.

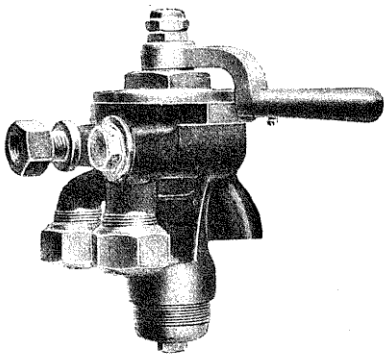


FIG. 552. — Robinet de frein *Lipkowski*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

était entre les positions 3 et 4. En dehors de cette particularité, les manœuvres de freinage se font exactement comme dans les motrices à une loge. Mais, conformément à l'article **29** du Règlement général, le conducteur doit encore faire un essai des freins après le changement de loge.

Compresseurs. — Les voitures motrices sont toutes munies d'un compresseur. Les conducteurs ont à les mettre en marche et à les arrêter au moyen de l'interrupteur; ils doivent également changer les plombs fusibles qui viennent à fondre. Ils doivent encore signaler aux stations tête de ligne ceux qui fonctionnent d'une façon défectueuse.

Pour les freins SOULERIN, la pression dans la conduite générale doit être maintenue entre 3 kg et 3 1/2 kg, le compresseur devant, lui, être réglé à l'aide du disjoncteur automatique entre 4 et 5 kg. Pour le frein WESTINGHOUSE, la pression dans la conduite générale doit être maintenue entre 3 et 4 kg et le compresseur réglé à l'aide du disjoncteur automatique entre 5 et 6 kg. Cette différence de pression sera obtenue en maintenant en cours de route le robinet du mécanicien à la position 2.

Les **opérations de prise de service** comportent les manœuvres suivantes :

1° Fermer les robinets ouverts la veille pour la purge;

2° Ouvrir le robinet d'isolement des réservoirs principaux de la loge de conduite. Le fermer dans chacune des autres loges et placer le robinet de manœuvre de ces dernières à la position 3;

3° *Faire l'essai de la conduite blanche* et pour cela :

a) S'assurer que tous les interrupteurs de compresseurs sont ouverts et qu'il n'y a pas d'air dans le train (tous les manomètres doivent être au zéro);

b) Mettre en marche le compresseur de queue en fermant son interrupteur au direct;

c) Se rendre dans la motrice de tête et vérifier que le manomètre des réservoirs principaux n'est plus au zéro. En cas de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

non-réussite, vérifier les accouplements et robinets de conduite blanche ;

d) Ouvrir l'interrupteur du compresseur de queue ;

4° *Mettre en marche les compresseurs du train en prenant les précautions suivantes :*

a) Si tous les automatiques sont du système Christensen, ne conserver que le fusible double d'un seul automatique, de préférence celui de la première motrice ;

b) S'il y a au moins un automatique d'un système différent, enlever tous les fusibles doubles des automatiques Christensen du train ;

c) Fermer les interrupteurs de compresseurs en commençant par celui du compresseur de commande. Le robinet du flexible d'automatique du compresseur de commande doit être ouvert. Les robinets des flexibles d'automatiques des autres compresseurs doivent être fermés ;

5° Faire, de concert avec le chef de train, l'essai réglementaire des freins prévu par l'article **29** du Règlement général.

Les prescriptions relatives aux **opérations de fin de service** sont les suivantes :

1° *Ouvrir tous les interrupteurs des compresseurs* en ouvrant en dernier celui de *commande ;*

2° *Purger le train* en mettant le robinet de manœuvre à la position 3, et ouvrant :

a) Les robinets de conduite générale en tête et en queue du train ;

b) Les robinets de purge des réservoirs principaux de chaque motrice.

195. Les ***avaries*** (1) pouvant survenir ***aux appareils des freins*** à air sont les suivantes :

Compresseur avarié ;

Blocage inopiné ;

(1) Voir aussi en *Appendice* les prescriptions de la *Circulaire S. T. 4.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Blocage difficile;

Voitures isolées.

Compresseur avarié. — Les différentes avaries qui peuvent se produire aux compresseurs sont :

1° *Non-fonctionnement de l'automatique :* il faut alors manœuvrer l'interrupteur à deux directions de telle sorte que le compresseur reçoive le courant directement sans passer par l'automatique ;

2° *Fusibles fondus :* deux fusibles sont disposés dans le circuit, un bipolaire sur les automatiques et un autre sur l'interrupteur à deux directions ; il est indispensable de les vérifier lorsque le compresseur stoppe intempestivement ;

3° *Fil de terre rompu ou détaché :* le fil de terre part du compresseur, traverse le plancher directement au-dessous, et prend contact avec le truck de la machine; il arrive parfois que ce fil est rompu ou que la connexion se détache : lorsque cela se produit, le compresseur ne marche plus, mais il est facile, en descendant de la loge, de remettre le fil en contact ;

4° *Charbons du collecteur insuffisamment pressés :* si les charbons ne portent pas bien sur le collecteur, il suffit de les y appuyer au moyen des palettes en bois faisant partie de l'outillage ;

5° Enfin, *si le compresseur ne peut être remis en route*, — soit que son induit ait brûlé, soit pour toute autre cause, — le conducteur, n'ayant plus de frein à air à sa disposition, doit prévenir les gardes du train d'avoir à faire usage du frein à main à son commandement, puis marcher avec précaution et en cas de nécessité faire usage du frein électrique.

Mais si le train comporte deux motrices, le compresseur de la seconde peut servir à maintenir la pression dans la conduite générale. Le conducteur doit à cet effet mettre le compresseur avarié hors circuit et maintenir le robinet du mécanicien de la loge de queue à la position n° 1 pendant le fonctionnement du compresseur, la manette devant être ramenée à la position n° 3 aussitôt le compresseur arrêté. Le conducteur,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'il se tient dans la loge de tête, devra fréquemment mettre son robinet à la position n° 1 afin de remplir ses réservoirs principaux; mais pour faire cette manœuvre convenablement, il sera préférable, à moins que le parcours restant à faire ne soit faible, d'effectuer la conduite du train de la loge de queue.

Blocage inopiné. — Lorsque la motrice ou des voitures d'attelage bloquent inopinément, le conducteur doit laisser son robinet à la position de déblocage (n° 1); si cette précaution ne suffit pas, il doit faire marcher le compresseur en ne dépassant pas 6 kg de pression.

Dans le cas où des voitures d'attelage bloquent en cours de route, le conducteur doit isoler ces voitures en fermant le robinet placé près de la triple valve, puis évacuer l'air du cylindre à freins.

Par suite d'un échappement d'air trop prolongé par le sifflet, la motrice peut bloquer ; le degré de blocage est indiqué par le manomètre des cylindres à freins : dès que l'on s'en aperçoit, il faut ramener la manette du robinet à la position 1.

Lorsque le déblocage est impossible, quand la conduite générale est fissurée ou qu'il se produit une forte fuite, le conducteur doit faire la vidange des cylindres à freins après avoir mis le robinet de manœuvre dans la position 3.

Blocage difficile. — Lorsque les voitures du train ou la motrice bloquent difficilement, le conducteur doit maintenir la pression maximum dans les réservoirs et prévenir les gardes qu'il pourra leur demander de serrer les freins à main ; au besoin, il emploiera aussi le frein électrique.

Voitures isolées, accouplement mal fait. — Lorsque le conducteur éprouve des difficultés pour arrêter son train, il doit descendre à la première station et visiter avec soin les robinets d'accouplement de tous les attelages. Ces robinets doivent être ouverts (dans cette position la poignée est perpendiculaire au tuyau de la conduite), à l'exception bien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entendu de celui d'avant de la motrice et de celui d'arrière du dernier attelage ; s'ils sont bien dans cette position, il visitera à la station terminus les robinets d'isolement de chaque voiture.

196. ***Freinage électrique.*** — L'emploi du courant électrique pour freiner les motrices ne doit avoir lieu qu'à très faible vitesse et dans les cas exceptionnels où l'arrêt n'a pu être obtenu par les moyens ordinaires dont dispose le conducteur (frein à air, frein à main des voitures, sablières). Dans tous les cas, le conducteur ne doit en faire usage qu'après avoir constaté que les autres moyens sont impuissants ou insuffisants ; il doit pour cela :

1° Ramener la manivelle au cran de repos ;

2° Amener la poignée du robinet du mécanicien à la position 4 ;

3° Sabler ;

4° Amener la manette de changement de marche sur le cran de marche inverse ;

5° Mettre la manivelle sur le premier cran de série, SANS JAMAIS LE DÉPASSER, y rester jusqu'à ce que l'arrêt soit obtenu et revenir à zéro.

Si le disjoncteur automatique se déclenche, amener vivement la manivelle au premier cran de parallèle. Quoi qu'il arrive, le conducteur ne doit jamais enclencher ou déclencher le disjoncteur lorsque la manivelle est sur un cran quelconque de série ou de parallèle. Cette manœuvre ne doit se faire que lorsque la manivelle est au cran de repos.

Les opérations ci-dessus sont les mêmes pour les automotrices Westinghouse ou les Thomson lorsque l'on marche à deux moteurs. Mais avec ces dernières, lorsqu'elles sont accouplées pour fonctionner à quatre moteurs, le freinage électrique diffère pour la manœuvre du contrôleur, et le conducteur doit, après avoir ramené la manivelle du contrôleur à zéro, renverser la marche avec la manette seule. Cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manette ne doit ensuite être ramenée dans sa position primitive que lorsque le train est complètement arrêté.

Le frein électrique emprunte le fil 3 du coupleur lumière. La bobine de l'appareil a pour effet, lorsque le courant la traverse, de fermer le courant des accumulateurs sur la ligne de train, et par ce fait de court-circuiter le disjoncteur pneumatique, ouvert par le blocage : elle est branchée d'une part sur la ligne de train, et d'autre part à la terre. Lorsque le conducteur relève la poignée de l'interrupteur de frein électrique, il envoie du courant à 550 volts sur le fil 3 du coupleur lumière, et toutes les bobines branchées entre ce fil et la terre sont excitées : les freins étant bloqués, le conducteur dispose alors du courant de commande sur son manipulateur pour réaliser la marche arrière ; il est donc indispensable de placer la manette en marche arrière pour que le freinage électrique fonctionne.

197. ***Éclairage de secours dans les trains.*** — En cas d'interruption du courant de traction et lorsque le train sera arrêté, le conducteur devra prendre les dispositions suivantes :

1° Retirer la fiche double des trous du milieu et de droite désignés par l'inscription « FROTTEURS » et la mettre dans les trous du milieu et de gauche désignés par l'inscription « PERCHE » ;

2° Prendre la perche suspendue au panneau arrière de la loge et l'accrocher par l'extrémité munie d'un crochet au fil du courant d'éclairage en suivant les prescriptions spéciales à ce sujet.

Cette manœuvre faite, tout l'éclairage du train sera de nouveau assuré, sauf une série de cinq lampes de la motrice qui reste branchée sur les frotteurs. — Dès que cette série de cinq lampes s'allumera, on aura la preuve que le courant est remis sur la ligne de traction et que la circulation est rétablie. Le conducteur devra alors :

1° Décrocher la perche et la remettre à sa place ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Remettre la fiche à la position « FROTTEURS ».

Dans le cas d'une automotrice à deux loges ou de deux automotrices accouplées, l'interrupteur général d'éclairage de la loge inoccupée devra toujours être ouvert. Si cette précaution n'était pas prise, toutes les lampes, y compris celle de la loge, seraient allumées, et le troisième rail recevrait le courant d'éclairage par les frotteurs de la motrice.

198. Avaries générales pouvant survenir à l'équipement électrique (1). — *Prescriptions générales.* — Les conducteurs doivent faire usage des lunettes et des gants de caoutchouc de leur boîte à outils, toutes les fois qu'ils ont à visiter des appareils présumés défectueux et qu'un coup de feu est à craindre. Lorsque les frotteurs, les câbles qui vont des frotteurs au fusible, ou le fusible lui-même, sont avariés, il faut toujours isoler les frotteurs avec des palettes en bois avant de procéder à la réparation; si l'appareil avarié, quel qu'il soit, est placé après le fusible, la boîte à fusible ou l'interrupteur général de courant, suivant le modèle de l'automotrice, doit également être ouvert avant d'entreprendre toute opération.

Avaries aux frotteurs. — *On reconnaît qu'un frotteur est à la masse* lorsqu'un arc se produit entre le frotteur et la masse. Après avoir serré les freins et fait couvrir son train, le conducteur doit :

I. Frotteurs ordinaires (*biellette non munie de ressorts*). — 1° Placer une palette sous chaque frotteur en prise sur le rail de courant;

2° Relever successivement chaque frotteur de la motrice en tirant sur la courroie relève-frotteur et en la fixant à son arrêt;

3° Retirer les palettes.

II. Frotteurs ordinaires a biellettes munies de ressorts. — Procéder comme ci-dessus, et de plus :

(1) Voir aussi aux *Appendices*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Assujettir par une sangle le frotteur relevé par la courroie relève-frotteur.

III. Frotteurs munis de relève-frotteur a maintien automatique. — Pour relever le frotteur, tirer à fond sur la courroie au moyen de la poignée. Il n'est pas utile d'engager les trous de la courroie dans le bouton, qui sera utilisé seulement en cas de non-fonctionnement du chien. Pour abaisser le frotteur, appuyer avec le pouce sur le chien et le pousser en arrière; tirer en même temps la poignée de la main droite. Dès qu'on aura obtenu le dégagement de la courroie, laisser retomber le frotteur. Avoir soin de s'assurer que le frotteur est descendu à fond avant de laisser le chien revenir en avant. Si le frotteur repose sur le rail, donner du mou à la courroie en la poussant jusqu'à ce que la poignée vienne toucher le support.

IV. Cas d'un frotteur dont la courroie relève-frotteur se casse ou ne fonctionne pas. — Le conducteur doit relever d'abord l'autre ou les autres frotteurs en prise dont la courroie fonctionne, puis procéder comme suit :

Placer sous la semelle une grande palette. Glisser entre cette palette et chaque extrémité du frotteur une petite palette, de manière à dégager le milieu de la semelle. Y glisser la courroie de la sangle, en entourer le frotteur et la poutre, et la passer dans la boucle maintenue devant le frotteur. Tirer fortement de bas en haut sur la courroie et serrer à fond, de façon à rendre impossible tout mouvement de la semelle. Retirer les palettes.

A défaut de sangle, le conducteur utilisera une corde qui entourera deux fois le frotteur et la poutre. Procéder comme avec une sangle en assimilant le bout libre à la courroie, et l'œil à la boucle.

Remarque. — Lorsqu'en cours de route le relevage des frotteurs d'une motrice doit être effectué en station, le conducteur demandera au chef de train de faire dégager du quai la motrice sur laquelle il doit effectuer la réparation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cas ou il faut relever les frotteurs en pleine voie. — 1° En cas de court-circuit, échauffement d'appareils, commencement d'incendie ou dégagement de fumée, avarie de nature grave ou douteuse aux appareils électriques.

Le relevage des frotteurs doit être accompagné de l'ouverture de tous les interrupteurs de la loge et de l'enlèvement des coupleurs (il est inutile toutefois d'enlever les coupleurs de traction Westinghouse à 14 v);

2° En cas d'interruption de courant de cause inconnue et seulement lorsque l'ordre en est donné.

Avaries de frotteur. — *Remarque.* — 1° En cas d'avarie d'un frotteur ou de son câblage, commencer par relever le ou les frotteurs en prise non avariés;

2° En cas de court-circuit, faire avant tout couper le courant;

3° Partir H. L. P. après toute avarie de frotteur.

a) *Semelle de frotteur coincée en dedans ou en dehors du rail de courant.* — Si cet incident se produit près d'un plan incliné, essayer de dégager le frotteur en avançant ou en reculant, à la condition toutefois que cette manœuvre n'intéresse aucune pédale de signal. Relever ensuite le frotteur après dégagement.

Si la manœuvre n'est pas possible, faire couper le courant, relever les frotteurs non avariés et enlever les coupleurs, dégager le frotteur coincé à l'aide d'une pince ou d'un cric, puis le relever. A défaut de ces appareils, démonter les deux axes supérieurs en redressant et chassant les clavettes; couper la tresse et enlever le patin. En cas d'impossibilité absolue de décoincement, démonter au besoin la poutre. Dans ce dernier cas, le chef de secteur doit être demandé d'urgence.

b) *Frotteur ou câble de frotteur à la masse, axe perdu, boulon d'extrémité de biellette perdu (frotteurs à ressorts), etc.* — Relever les quatre frotteurs, assujettir à la sangle ou à la corde les parties pendantes, s'il y en a. Enlever les coupleurs.

c) *Tresse coupée* . — Placer une palette sous chaque frot-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur en prise. Couper la tresse au burin, puis retirer les palettes. Conserver les voyageurs si aucun court-circuit ne s'est produit et s'il n'y a aucun danger pour la sécurité.

Court-circuit dans un câble de l'équipement électrique. — Les courts-circuits se produisent lorsqu'il y a un contact franc entre deux points d'un circuit qui ne sont pas au même potentiel. Les plus fréquents sont ceux qui prennent naissance soit entre deux câbles, soit entre un câble et la masse.

Lorsqu'un wattman constate qu'un câble s'échauffe d'une manière anormale, il doit user de précaution pour continuer sa route jusqu'à la prochaine station, faire descendre les voyageurs et continuer haut-le-pied.

Si le court-circuit a été franc et que le feu se soit déjà déclaré, il isole immédiatement les frotteurs, puis éteint le feu avec l'extincteur placé à cet effet dans la loge : si le courant est encore sur la ligne, il y a lieu de mettre les lunettes et les gants de caoutchouc.

Si les câbles brûlés n'intéressent qu'un seul moteur, il faut isoler ce moteur (voir ci-après) et continuer la route avec l'autre, après avoir fait descendre les voyageurs à la première station. Si le train a deux motrices, on isole celle qui est avariée pour continuer avec l'autre seule. Une circulaire du Préfet de police du 19 août 1903 a prescrit à ce sujet les mesures suivantes :

« Tout mécanicien qui constatera un court-circuit dans les appareils moteurs ou les connexions du train qu'il conduit, devra immédiatement et toute affaire cessante procéder aux manœuvres et opérations qui lui sont prescrites par les règlements et ordres de service, pour isoler les frotteurs de prise de courant de son train, ainsi que la motrice ou la voiture accidentée. »

Tout d'abord(1), il importe de bien comprendre que, lorsqu'un court-circuit a produit l'inflammation d'une partie

(1) Circulaire S. G. B. 1 du Métropolitain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelconque de la motrice ou des remorques, il ne faut pas seulement éteindre tous les points en ignition, mais aussi et surtout empêcher le retour du courant dans la partie court-circuitée.

En conséquence, en pareil cas, on doit:

1° *S'il s'agit d'une voiture motrice :*

a) Empêcher l'arrivée du courant en coupant les divers interrupteurs de la loge, — en mettant les appareils de marche à zéro, — en isolant les frotteurs avec des palettes et en enlevant les coupleurs et boîtes de jonction AV et AR ;

b) Éteindre complètement l'incendie avec les extincteurs du train ou le poste de secours de la gare si c'est nécessaire;

c) Relever les frotteurs par les relève-frotteurs, mettre les commutateurs à deux moteurs et continuer haut-le-pied sans utiliser la motrice avariée, dont on ne remettra ni les coupleurs ni les boîtes de jonction.

2° *S'il s'agit d'une voiture de remorque :*

a) Empêcher l'arrivée du courant en coupant les interrupteurs de la motrice de commande et en enlevant les coupleurs et boîtes de jonction AV et AR;

b) Éteindre complètement l'incendie comme ci-dessus;

c) Continuer haut-le-pied sans remettre les coupleurs et boîtes de jonction.

Le *relevage des frotteurs* demande certaines précautions. Il faut :

S'il s'agit d'une voiture munie de relève-frotteurs[1] :

1° Après s'être muni de lunettes à verres bleus et de gants en caoutchouc (qui se trouvent dans la boîte à outillage des conducteurs), placer une palette en bois sous chacun des frotteurs en prise sous le rail de courant;

2° Relever chaque frotteur en tirant sur la courroie relève-frotteurs et fixer celle-ci au crochet *ad hoc;*

3° Retirer les palettes.

(1) Circulaire S. G. B. 2.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

S'il s'agit d'une voiture non munie de relève-frotteurs :

1° Après s'être muni comme ci-dessus de lunettes à verres bleus et de gants en caoutchouc, isoler les frotteurs au moyen des palettes en ayant soin de laisser autant que possible le milieu de la semelle libre ;

2° Passer la sangle de secours la boucle en haut et, par un mouvement de va-et-vient, l'amener dans l'axe du frotteur en entourant la semelle et la traverse ; serrer fortement ensuite en remontant la semelle d'aplomb et le plus loin possible du troisième rail ;

3° Retirer les palettes.

Avaries aux résistances. Connexions de résistances dessoudées. — Une des connexions réunissant entre elles les résistances de la voiture peut se dessouder ou se rompre : dans ce cas, la vitesse correspondante à la touche qui aboutit à la colonne de résistance dont la connexion est brisée est beaucoup plus faible que la vitesse normale. Le conducteur doit continuer sa route jusqu'à la station la plus proche, visiter les connexions des résistances et réparer, si possible, la connexion avec du fil de cuivre.

Une autre avarie, résultant du contact entre elles de deux connexions de résistances, se reconnaît à des démarrages brusques et à des vitesses exagérées ; dans certains cas, l'interrupteur peut déclencher et le fusible fondre. Le conducteur doit, aussitôt que possible, visiter les connexions des résistances pour reconnaître celles où le contact s'est produit et les écarter soigneusement les unes des autres.

Avaries aux moteurs. — Les principales avaries qui peuvent survenir à un moteur sont les suivantes :

Moteur à la masse ;

Moteur brûlé ;

Moteur calé.

Moteur à la masse. — *a*) Lorsque le moteur n° 1 est à la terre, aucun moteur ne tourne : le conducteur isole alors le moteur avarié et agit comme dans le cas suivant ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

b) Lorsque le moteur n° 2 est à la terre, le conducteur s'en aperçoit au patinage des roues de l'autre moteur et aux trépidations de la machine, car dans ce cas ces roues concourent seules à l'adhérence de la voiture. Le conducteur doit de suite isoler ce moteur, faire descendre les voyageurs à la première station et continuer haut-le-pied avec un seul moteur, en ayant soin d'aborder les rampes à la plus grande vitesse et de sabler au besoin pour éviter le patinage du seul essieu moteur restant.

Moteur brûlé. — Le conducteur s'aperçoit qu'un moteur a son induit brûlé lorsqu'il ne peut démarrer sur aucune touche série du contrôleur ; il doit agir comme ci-dessus et ne jamais essayer de marcher en parallèle lorsqu'il s'aperçoit d'une avarie semblable.

Moteur calé. — Dans le cas où un essieu, et par ce fait le moteur correspondant, serait calé par suite de l'introduction d'un corps étranger entre les dents des engrenages, il faudrait essayer de revenir un peu en arrière, tout en n'excédant pas un parcours de 10 m et essayer de nouveau de démarrer en avant.

Avaries aux contrôleurs et aux autres organes Westinghouse. — En ramenant trop brusquement la manivelle au zéro, il peut arriver que l'on brise le taquet d'arrêt et que l'on passe à la dernière touche de la marche en parallèle; on s'en aperçoit aussitôt au coup de feu qui se produit. Dans la suite, on doit ramener la manivelle avec précaution quand on veut couper le courant, de manière à ne plus dépasser la touche zéro.

On peut aussi cisailler la goupille qui fixe la manette sur l'arbre du petit cylindre de changement de marche par une brutalité répétée dans la manœuvre de cette manette; on s'aperçoit de cette avarie à ce fait que la manœuvre de la manette n'offre aucune résistance et que la voiture ne peut, souvent, se mouvoir dans aucun sens lorsqu'on fait tourner la grande manivelle. Dans ce cas, le conducteur doit ouvrir le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contrôleur après avoir déclenché l'interrupteur, amener la grande manivelle au zéro, et placer à la main le cylindre de changement de marche à la position voulue; ensuite il peut continuer sa route après avoir amené la manette dans le sens de la marche.

Lorsque le ressort du cliquet de la manivelle vient à casser ou à sauter, on doit manœuvrer ce cliquet avec un doigt de la main gauche et continuer ainsi sa route jusqu'à la station terminus, où la manivelle sera changée.

Si, à la suite de plusieurs fonctionnements, le *disjoncteur automatique* brûle, il faut ramener la manivelle à zéro, arrêter le train, éteindre le court-circuit, essayer de refermer le disjoncteur, continuer sa route avec précaution et prévenir le chef de service à l'arrivée à la station terminus.

Si le *fusible* brûle, le conducteur doit ramener la manivelle du contrôleur à zéro, déclencher l'interrupteur, mettre un nouveau fusible, continuer sa route avec précaution et prévenir à son arrivée.

L'isolement des moteurs d'une automotrice Westinghouse s'effectue à l'aide de deux interrupteurs commandés par deux boules se manœuvrant à la main; la boule supérieure sert à isoler le moteur n° 1 et la boule inférieure à isoler le moteur n° 2. Pour isoler l'un des moteurs, on déclenche d'abord l'interrupteur automatique, puis la boule du moteur, en déplaçant encore cette boule d'un quart de tour environ de la droite sur la gauche jusqu'à nouvel enclenchement.

Avaries au contrôleur et aux autres organes Thomson-Houston. — Par suite d'usure trop grande dans les axes des pignons d'engrenages, ceux-ci peuvent se coincer et empêcher de manœuvrer la grande manivelle. Dans ce cas, il faut s'efforcer de gagner la station, puis, si l'on marche avec deux moteurs, ramener la manivelle au zéro, si c'est possible, sinon déclencher le disjoncteur, faire descendre les voyageurs et agir comme dans le cas d'un train en détresse. Si le train possède deux motrices, on met la motrice de tête hors-circuit en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ouvrant tous les appareils de la loge et en détachant les coupleurs, et, avec la motrice de queue, on gagne la station voisine, où l'on fait descendre les voyageurs. On gagne ensuite en haut-le-pied la station terminus de la ligne.

Si un doigt de contrôleur se fausse, il peut arriver que le grand cylindre ne tourne plus ; le conducteur doit dans ce cas ouvrir l'interrupteur général de courant, enlever le tablier du contrôleur et démonter la touche défectueuse.

Si l'interrupteur automatique déclenche en produisant un arc violent, le conducteur doit ramener sa manivelle à zéro, enclencher de nouveau l'interrupteur, marcher avec précaution et prévenir à son arrivée la station terminus, où on fera polir les plots de contact de rupture et de contact principal, s'il y a lieu.

Lorsque le *fusible brûle*, il faut ramener la manivelle au zéro, ouvrir l'interrupteur général de courant et mettre un nouveau fusible : il suffit pour cela d'enlever le masque, de desserrer les écrous maintenant le plomb fusible de deux ou trois tours, d'enlever les morceaux restants, de placer un autre plomb et de serrer fortement les écrous, puis de replacer le masque.

Si pour une cause ou pour une autre (fils rompus, électro-aimants de rappel brûlés, etc.), l'*inverseur* ne fonctionne plus, il faut le placer dans la position convenable en appuyant dessus avec le pied. Lorsqu'un doigt ne fait plus contact avec les segments correspondants, on frappe dessus légèrement avec un marteau jusqu'à ce que le contact se reproduise : on reconnaît cette avarie à ce que, toutes les précautions ayant été prises avant le départ, le train ne peut cependant démarrer. Si l'inverseur de la motrice arrière fonctionne en sens contraire de celui d'avant et que, remis en place, il n'y reste pas, il faut couper le petit coupleur entre deux quelconques des voitures ; l'inverseur restera alors dans la position qui lui aura été donnée au pied, et les deux motrices fonctionneront normalement, à condition de ne pas changer le sens de marche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les *câbles coupleurs* mal emboîtés peuvent brûler, le contact étant alors mauvais : aussi, avant le départ et à l'arrivée, le conducteur doit-il s'assurer de la fixation des coupleurs, et au besoin les consolider.

Pour isoler les moteurs, il faut avoir toujours soin d'ouvrir l'interrupteur général du courant ; deux manettes placées au pied du contrôleur, dans les automotrices Thomson-Houston, servent ensuite : la manette supérieure, à isoler le moteur n° 1 ; la manette inférieure, à isoler le moteur n° 2. Une troisième manette, placée à cheval sur les deux premières et manœuvrée par celles-ci, doit être ramenée à la main lorsqu'on remet le moteur isolé dans le circuit.

Si l'on marche à quatre moteurs, on met hors circuit la voiture motrice de tête en tirant la manette supérieure et la voiture motrice de queue en tirant la manette inférieure.

Diminution ou interruption du courant. — Dans le cas où le courant vient à baisser, il ne faut pas marcher en parallèle. Si le courant est interrompu, on doit :

1° Ramener la manivelle du contrôleur à zéro ;

2° Continuer par la vitesse acquise jusqu'à la gare la plus proche, si les signaux le permettent ;

3° Dans le cas où le train est arrêté plus de trois minutes, serrer les freins à main ;

4° Après l'interruption, lorsque le courant est rétabli, les trains de la voie 1 doivent partir immédiatement, et les trains de la voie 2 trente secondes seulement après.

Lorsqu'une interruption de courant se produit sur toute la ligne en même temps, les causes viennent de l'usine génératrice. L'usine fait alors prévenir les stations de la durée probable de l'interruption ; si le temps de l'interruption de courant doit dépasser cinq minutes, le conducteur doit éclairer son train à l'aide de la perche en se conformant à ce sujet à la circulaire S. T. 3.

Si, au contraire, l'interruption a lieu dans un secteur déterminé, et par suite d'une cause inconnue, le chef de secteur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait visiter tous les frotteurs des trains dans la section; si cette première opération ne donne aucun résultat, il donne l'ordre de relever tous les frotteurs en prise sur le rail de traction; il fait ensuite remettre le courant. Si celui-ci ne tient pas, il fait ouvrir tous les interrupteurs de sectionnement, et visite ensuite les câbles d'arrivée de courant de la sous-station, au premier interrupteur de sectionnement; si le court-circuit ne vient pas de ces câbles, il fait remettre le courant dans cette partie et fait refermer les interrupteurs de sectionnement l'un après l'autre, afin de trouver plus rapidement la localisation du court-circuit. En fermant chaque interrupteur, il faut bien observer la voie afin de voir où se forme l'arc de rupture. Souvent, cette interruption prolongée de courant provient d'un coussinet franchement à la masse ou d'un câble dans le même cas, car, lorsque le court-circuit n'est pas franc, il est assez facile de déterminer l'endroit de l'avarie par la violence des arcs et par le dégagement de fumée. Lorsque l'interruption vient d'un coussinet, on le fait immédiatement sauter à l'aide d'un marteau; on fait ensuite remettre le courant.

199. Les pertes de courses survenues dans l'exploitation du Métropolitain, sur l'ensemble des cinq lignes en exploitation du 1er juillet 1906 au 30 juin 1907, ont été au nombre de 734; le tableau ci-dessous en donne la répartition d'après les causes qui leur ont été attribuées :

Avaries aux	frotteurs	58
—	contrôleurs	55
—	résistances	»
—	inverseurs	5
—	moteurs	194
—	câblages	9
—	freins et timoneries	61
—	compresseurs	7
—	circuits de commande	14
—	tourelles	50

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avaries aux manipulateurs	2
— disjoncteurs et régulateurs	29
— coupleurs	5
— contacteurs	21
— circuits d'éclairage	47
— coussinets et appareils de voies	8
Pertes par interruption de courant	75
— chute de neige	2
— causes diverses	94

Suivant les lignes, les courses perdues se répartissent de la façon suivante :

Vincennes-Maillot	201
Nation-Dauphine	202
Italie-Étoile	153
Gambetta-Villiers	57
Lancry-Italie	95

Depuis 1907, le service n'a cessé de s'améliorer, et il est actuellement des plus satisfaisants.

C. — Chemins de fer électriques

200. En dehors des funiculaires, un certain nombre de lignes électriques existent déjà en France, notamment celle de Paris-Invalides à Versailles (Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest), celle de Paris-Orsay à Juvisy (Compagnie d'Orléans) et celles à voie de 1 m du Fayet à Chamonix (Compagnie P.-L.-M.) et de Pierrefitte à Cauterets. Le raccordement, à Saint-Germain, entre la gare de la Compagnie de l'Ouest et celle de la Grande-Ceinture, a été exploité aussi au moyen de locomotives électriques : c'est sur ce parcours que le premier essai de traction électrique par conducteur sur les grandes lignes de chemins de fer a été fait en France. Parmi les premières lignes électriques exploitées, on peut citer d'autre part celle à voie de 1 m de la gare à la ville de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Laon (*fig.* 518), équipée par la Compagnie Thomson-Houston et mise en service vers le milieu de l'année 1899.

201. ***Ligne des Invalides à Versailles.*** — Cette ligne, d'une longueur de 14,6 km, a été ouverte à l'exploitation le 1er juillet 1901; la section des Invalides au Champ-de-Mars avait été mise en service quelques mois plus tôt. Le rail de

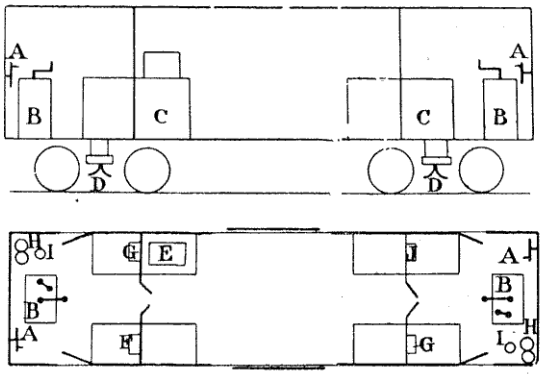


Fig. 553. — Fourgon électrique de la ligne *Invalides-Versailles*.

A,A, frein à main; BB, coupleur-contrôleur; CC, coffre à résistances; DD, frotteur de prise de courant; H,H, régulateur automatique de la pompe à air; GG, interrupteur automatique; H, robinet de frein à air, J, compteur.

prise de courant est alimenté par des sous-stations recevant de l'usine génératrice située aux Moulineaux du courant triphasé à 25 périodes-5.500 v et le transformant en courant continu à 550 v.

La traction des trains est faite au moyen de fourgons locomoteurs T. H. et Westinghouse, et de voitures automotrices fonctionnant suivant les systèmes à Unités multiples T. H. ou Sprague employés sur le Métropolitain de Paris. Les locomoteurs T. H. (*fig.* 553) sont montés sur deux bogies et comportent à chaque extrémité une cabine de manœuvre et, au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

milieu, un compartiment à bagages; leurs caractéristiques principales sont les suivantes :

Longueur totale entre tampons	13 m
Distance d'axe en axe des bogies	7 m
Empattement d'un bogie	2,600 m
Diamètre des roues	1,310 m
Poids	40 t
Effort de traction normal	2.400 kg
— — maximum au démarrage	6.000 kg

Les moteurs, au nombre de quatre, soit un par essieu, ont

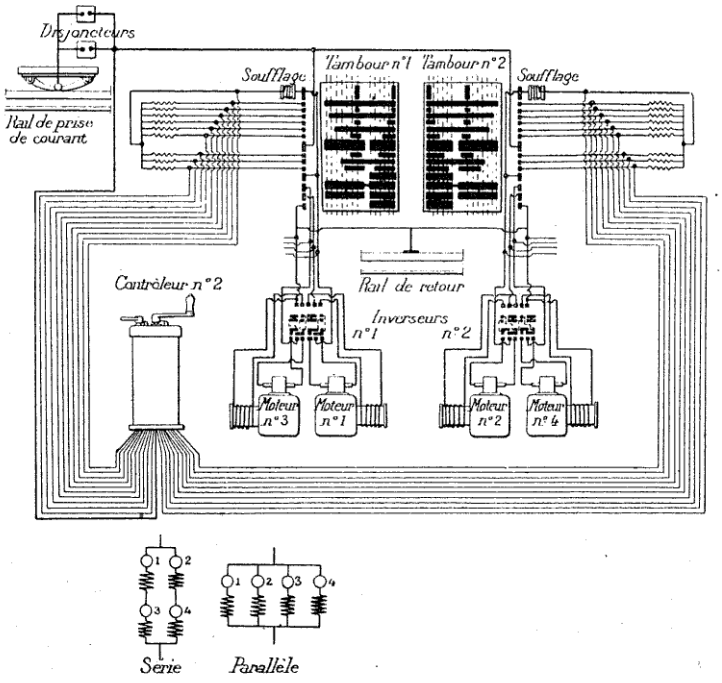


FIG. 554. — Schéma de l'équipement *Westinghouse*.

une puissance normale de 125 chx et peuvent en développer momentanément jusqu'à 200 sans un trop grand échauffement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des inducteurs et de l'induit. L'entraînement des essieux s'effectue par un intermédiaire élastique. Les moteurs des quatre fourgons T.-H. sont munis d'engrenages de réduction de vitesse ; dans les moteurs Westinghouse, l'entraînement se fait directement.

L'induit est calé dans les moteurs sans engrenages sur un arbre creux concentrique à l'essieu ; à une de ses extrémités, cet arbre porte un plateau triangulaire (*fig.* 555) sur lequel viennent s'attacher des ressorts fixés d'autre part à trois points de la roue correspondante. Dans les moteurs à engrenages, l'induit est calé sur un arbre spécial qui entraîne l'arbre creux ci-dessus au moyen de roues dentées ; les moteurs ne reposent pas sur les essieux, et ils profitent totalement de la suspension des bogies.

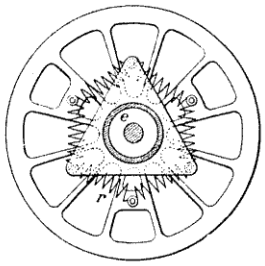


Fig. 555
Entraînement élastique.

Les quatre moteurs peuvent être couplés soit en série par groupes de deux mis en parallèle, soit tous les quatre en parallèle, au moyen du coupleur qui est, dans cinq locomoteurs, du type série-parallèle Westinghouse et, dans les quatre autres, du type T. H., avec bobines de soufflage montées en série dans le circuit parcouru par le courant, dont elles assurent la rupture. En cas d'avarie, les moteurs peuvent être retirés séparément du circuit.

Les résistances de démarrage sont renfermées dans quatre caisses disposées dans les cabines. Les frotteurs de courant sont au nombre de quatre et placés au droit des bogies ; ils sont constitués par deux ailes articulées en acier appuyées sur le rail conducteur par des ressorts ; ils sont enfin reliés électriquement entre eux et aux disjoncteurs automatiques.

Il y a en outre dans chaque cabine un disjoncteur, un contrôleur, un inverseur, un ampèremètre et un voltmètre, un interrupteur pour la commande du compresseur d'air, un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

volant de frein à main et un robinet de manœuvre du frein continu. Dans l'une des cabines se trouve un régulateur automatique du compresseur d'air, lequel est disposé dans le fourgon avec un parafoudre et le tableau des circuits secondaires.

202. ***Marche du courant.*** — Pour mettre les locomoteurs en marche, les interrupteurs étant fermés, on commence par disposer l'inverseur pour le sens de marche voulu, puis on envoie dans les moteurs, en manœuvrant le contrôleur, le courant de la ligne, capté par les frotteurs. Dès le début de cette manœuvre, des résistances se trouvent intercalées dans le circuit afin de réduire l'intensité du courant arrivant aux moteurs; à mesure que le train prend de la vitesse, on retire successivement du circuit les diverses résistances, lesquelles absorbent en pure perte de l'énergie qui s'y transforme en chaleur.

En plus du fonctionnement avec ou sans résistances, le contrôleur permet de grouper les moteurs soit en série soit en parallèle (**56**), la première marche s'employant pour les démarrages et pour les manœuvres dans les gares, et la seconde pour le fonctionnement normal. L'ampèremètre indique à tout moment l'intensité du courant, qui ne doit pas dépasser 700 à 800 amp dans la marche en série, et 1.500 à 1.600 dans le groupement en parallèle.

L'inverseur permet de changer le sens de marche des moteurs et du locomoteur. Après utilisation dans les moteurs, le courant se rend dans les roues et les rails de roulement, pour retourner finalement à l'usine.

203. Les ***voitures automotrices*** sont munies les unes de l'équipement Thomson-Houston, les autres de l'équipement Sprague. Les diverses connexions du circuit électrique, au lieu d'être établies par la manœuvre à la main du contrôleur et de l'inverseur, comme dans les locomoteurs, y sont réalisées à distance au moyen de relais ou contacteurs dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les T. H., et d'électro-aimants et d'un servo-moteur dans les voitures SPRAGUE. Les relais et le servo-moteur sont actionnés dans les deux systèmes au moyen d'un courant de faible intensité qui est envoyé, par un **manipulateur** que manœuvre le conducteur électricien, tant dans les appareils de la voiture sur laquelle on manœuvre l'inverseur que dans ceux des autres motrices du train à l'aide d'un câble à plusieurs conducteurs.

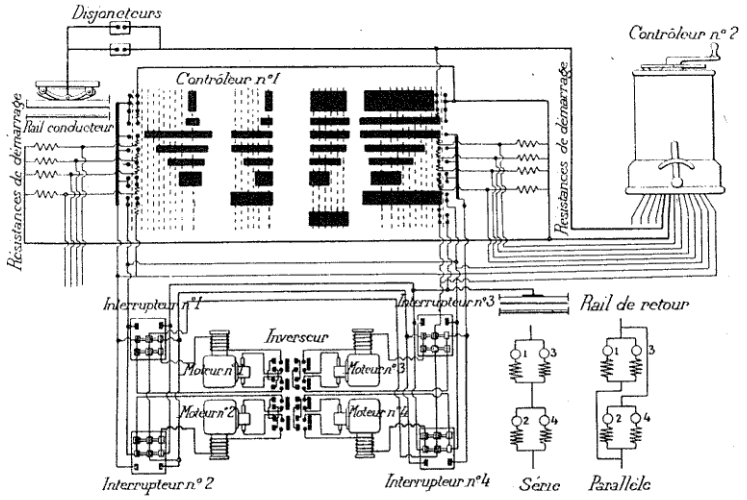


FIG. 556. — Équipement de locomoteur T. H.

Chaque automotrice comportant un poste de manœuvre, il en résulte que toutes celles qui entrent dans la composition d'un train peuvent, le cas échéant, être commandées de l'une quelconque d'entre elles.

La *commande à distance des disjoncteurs* ne s'applique qu'aux appareils intermédiaires : relais, électro-aimants, servo-moteur. Le courant principal est indépendant pour chaque automotrice, dont les moteurs sont alimentés directement par les frotteurs. Dans certains cas, les moteurs d'une automotrice peuvent encore être alimentés, le circuit de commande étant interrompu; si l'avarie se produit dans la motrice de tête, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

wattman supprime l'arrivée du courant en manœuvrant à la main le disjoncteur de cette voiture (*fig.* 557 *a*), tandis que, si c'est dans la motrice de queue, la commande à distance est

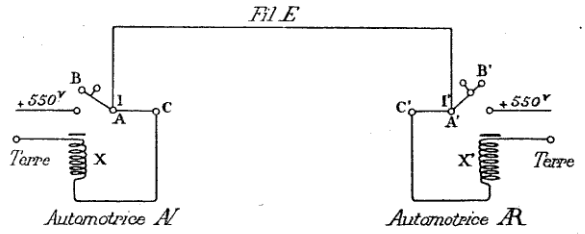


FIG. 557 *a*. — Commande à distance du disjoncteur de l'automotrice de queue (cas d'avarie à la motrice de tête).

obtenue par la manœuvre de l'interrupteur I de la motrice de tête, qu'il faut amener dans la position de la figure 557 *b*.

Les **automotrices T.-H.** sont à deux bogies, chaque essieu étant actionné par un moteur propre, comme dans les loco-

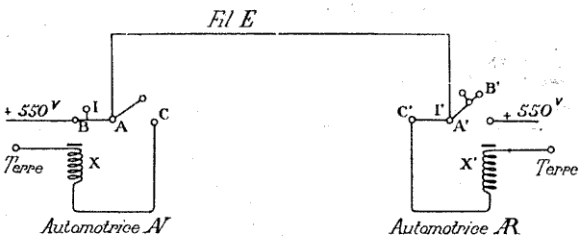


FIG. 557 *b*. — Commande à distance du disjoncteur de l'automotrice de queue (cas d'avarie à la motrice de queue).

moteurs, avec transmission de mouvement par engrenages ; mais ici la carcasse des moteurs est, comme dans les tramways, suspendue par une extrémité au châssis du bogie, l'autre extrémité reposant sur l'essieu par l'intermédiaire de deux paliers, et le pignon de l'arbre de l'induit engrène avec une roue dentée calée également directement sur l'essieu.

Dans la composition d'une rame, il entre deux automotrices,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui sont placées l'une en tête et l'autre en queue et sont reliées par trois câbles conducteurs : le câble de ligne qui établit une communication permanente entre les frotteurs des deux automotrices, un câble T.-H. à neuf conducteurs destiné à assurer le fonctionnement simultané des relais des deux automotrices, enfin le fil de commande à distance des disjoncteurs.

Chaque motrice est munie d'un compresseur d'air à com-

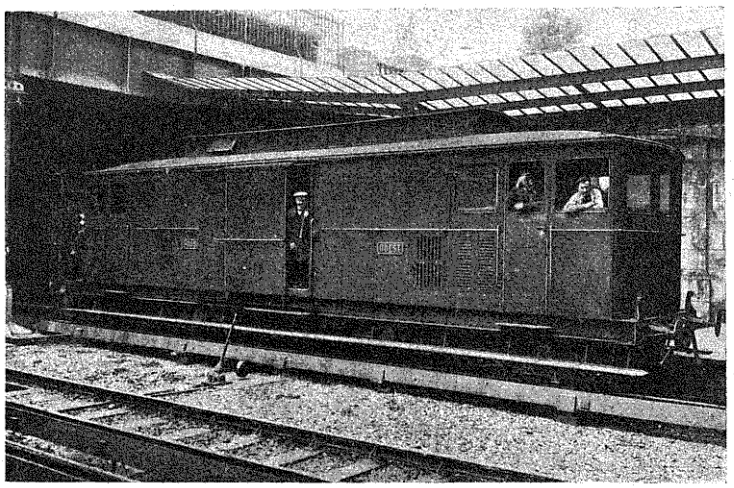


FIG. 558. — Locomoteur T.-H.

mande électrique, ainsi que des autres appareils entrant dans l'équipement habituel. Normalement, un compresseur n'est maintenu en service que lorsque la conduite du train se fait par l'automotrice sur laquelle il est placé; en cas d'avarie à l'un quelconque des compresseurs, l'autre est maintenu constamment en service. Les réservoirs principaux sont reliés entre eux par une conduite peinte en bleu parallèle à la conduite générale qui est peinte en blanc, et avec laquelle elle ne doit jamais être accouplée.

Manœuvre. Marche du courant. — L'inverseur étant disposé dans le sens de marche voulu, la manœuvre du manipula-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

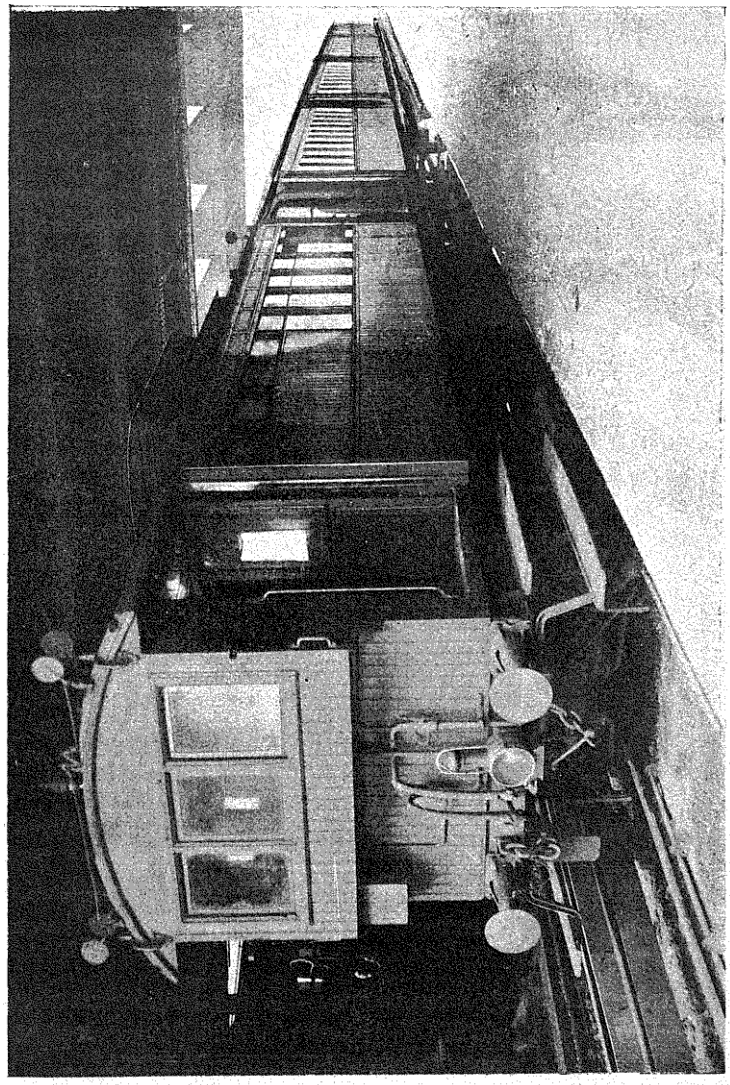


Fig. 559. — Train à *Unités multiples*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur permet d'envoyer le courant de commande dans les bobines des relais qui établissent les connexions du circuit principal; le courant venant des frotteurs passe alors dans les résistances, l'inverseur et les moteurs.

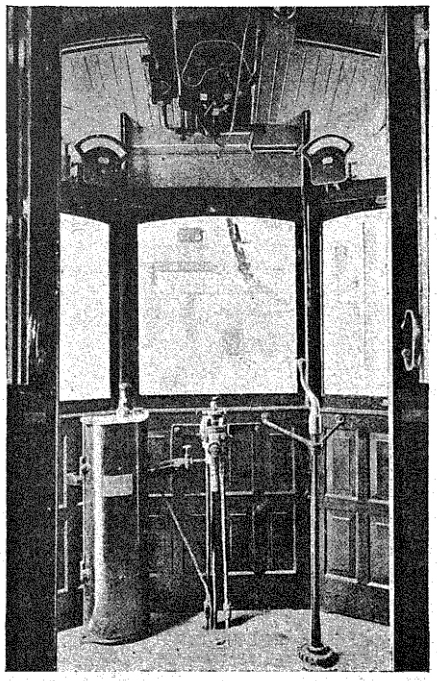


Fig. 560. — Devant de cabine de motrice T.-H. *Unités multiples.*

Le manipulateur permet aussi, comme les contrôleurs ordinaires, le groupement des moteurs en série ou en parallèle avec intercalation ou suppression des résistances; dans la période de démarrage et de mise en vitesse, l'intensité du courant principal ne doit pas dépasser, pour chaque motrice, 200 amp dans le groupement en série et 400 amp dans la marche en parallèle.

Les **automotrices** Sprague ne comprennent que deux moteurs, qui sont montés sur les essieux d'un même bogie, — celui qui est disposé sous la cabine; l'autre bogie est simplement porteur.

Le frein á air a la même disposition que dans les motrices T.-H.; la conduite reliant les réservoirs principaux est peinte ici en blanc et la conduite générale en noir.

Manœuvre. Marche du courant. — La manette du manipulateur peut occuper les six positions indiquées sur la figure 562.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La position 0 correspond à l'arrêt ou à la marche sans courant.

En tournant la manette vers la droite, à la position C,

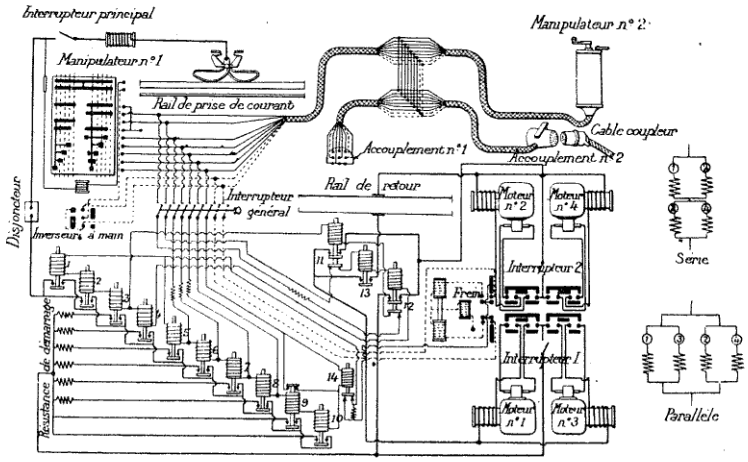


FIG. 561.— Schéma de l'équipement d'une voiture automotrice à 4 moteurs d'un train à Unités multiples T.-H.

l'inverseur est disposé pour la marche AV des moteurs;

A la position S, les moteurs fonctionnent en série marche AV;

A la position P, les moteurs fonctionnent en parallèle marche AV.

En tournant la manette vers la gauche :

A la position C, l'inverseur est disposé pour la marche AR des moteurs;

A la position S, les moteurs fonctionnent en série marche arrière (il n'y a pas de position « parallèle » pour la marche AR).

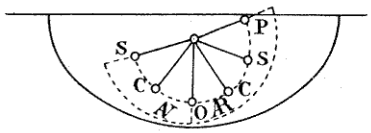


FIG. 562. — Manipulateur *Sprague*.

Les deux automotrices d'une rame sont reliées par le câble SPRAGUE à sept conducteurs destiné à assurer la commande

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simultanée des appareils; cinq de ces conducteurs : C, S, P,

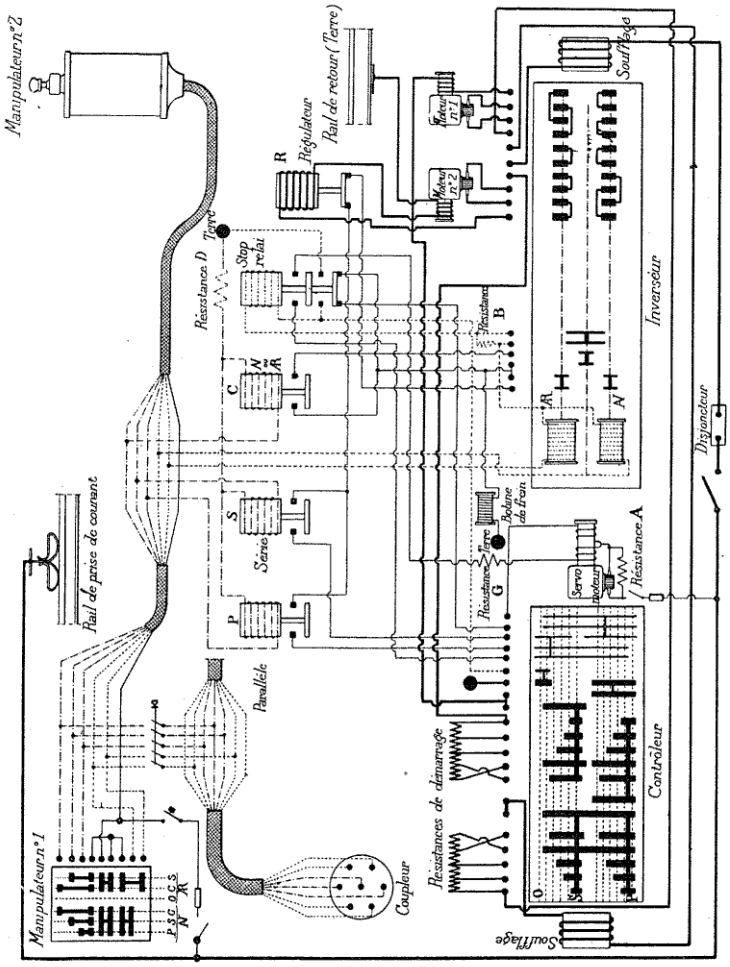


FIG. 563.— Schéma de l'équipement d'une voiture à 2 moteurs d'une rame automotrice *Sprague* (ligne *Invalides-Versailles*).

AV, AR (*fig.* 562), sont utilisés pour la commande des appareils intermédiaires, les deux autres E servent à la commande à distance des disjoncteurs (anciens fils de frein).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'inverseur est actionné par deux électro-aimants et le contrôleur par un servo-moteur. Le régulateur R limite automatiquement l'intensité du courant dans les moteurs; en cas de non-fonctionnement, le manipulateur doit être manœuvré de manière à limiter l'intensité du courant, pour chaque automotrice, à 250 amp dans le couplage des moteurs en série et à 500 amp dans le couplage en parallèle.

204. ***Avaries des machines électriques.*** — En cas d'incident ou d'avarie, les conducteurs électriciens doivent se rappeler les principes suivants (1) :

1° Toute solution de continuité dans le chemin parcouru par le courant électrique empêche le passage de celui-ci; en cas de non-passage du courant, il faut donc s'assurer tout d'abord qu'aucun interrupteur n'est ouvert, aucune connexion défaite, et aucun câble rompu ;

2° Le courant électrique suit toujours le chemin le plus facile (c'est-à-dire le moins long et le plus large); s'il se présente dans le passage du courant un trajet raccourci lui permettant de gagner plus facilement le rail de retour ou la terre, il l'empruntera toujours, donnant naissance aux phénomènes dits « courts-circuits » ;

3° L'intensité d'un courant augmente avec la facilité du trajet à parcourir. Ceci explique la grande intensité du courant au moment d'un court-circuit.

Il importe donc, pour le bon fonctionnement des machines, d'avoir des conducteurs ne présentant aucune coupure, ni aucun contact accidentel entre eux, ni avec la masse ou la terre.

Les avaries aux machines électriques peuvent se classer en trois catégories :

1° Celles qui intéressent la partie du circuit comprise entre les frotteurs de prise de courant et les disjoncteurs automa-

(1) Instructions de la Compagnie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tiques, pour le circuit principal, ou les fusibles, pour les circuits secondaires;

2° Celles qui intéressent la partie du circuit située au delà des disjoncteurs;

3° Les avaries intéressant la partie mécanique des machines.

Les avaries intéressant la partie du circuit précédant les disjoncteurs doivent être évitées à tout prix, et les plus grands soins apportés par les conducteurs électriciens dans la vérification méticuleuse de l'état des frotteurs de prise de courant et de la câblerie réunissant ces frotteurs aux disjoncteurs et aux fusibles (sur les rames automotrices, ce circuit comprend également le câble de ligne placé sur les voitures de remorque). Des instructions détaillées du service électrique de la Compagnie indiquent les mesures à prendre lorsqu'un défaut est constaté dans ces parties, ainsi que les précautions spéciales à observer dans les travaux exécutés au voisinage du rail conducteur, ou lorsque le courant vient à être supprimé sur la ligne.

Parmi les avaries pouvant se produire au circuit avant le disjoncteur, les plus fréquentes paraissent être les suivantes :

Rupture d'une pièce de frotteur : axes, ailettes ou chapes;

Fusion des coupe-circuits des frotteurs de prise de courant;

Court-circuit entre le frotteur de prise de courant et ses supports;

Courts-circuits aux câbles réunissant les frotteurs aux disjoncteurs ou au tableau des circuits secondaires.

Les avaries aux disjoncteurs proviennent le plus souvent d'un défaut de soufflage dû au manque d'entretien des pièces ou à une avarie de la bobine. Sur les locomoteurs, si l'un des disjoncteurs vient à être avarié, il faut employer le deuxième disjoncteur; sur les rames automotrices, on isole la motrice dont le disjoncteur est avarié, et on continue la remorque avec l'autre.

Les avaries pouvant survenir au circuit principal après le disjoncteur sont les suivantes, dans les locomoteurs T.-H :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Manette de commande du contrôleur cassée ou avariée ;

Manette de commande de l'inverseur cassée ou avariée ;

Verrouillage du contrôleur et de l'inverseur devenu difficultueux ou impossible ;

Doigt de prise de courant mal réglé ou faussé ;

Segment de contact ou bobine de soufflage brûlé ;

Décollage d'un tambour de contrôleur ;

Avaries aux résistances de démarrage, ou à l'un des câbles reliant les résistances à l'un des contrôleurs ;

Coup de feu dans un moteur ou avarie d'un câble de moteur, pouvant nécessiter l'isolement d'un moteur, lequel s'effectue à l'aide d'un interrupteur dont chaque moteur est muni.

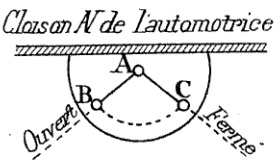


FIG. 564. — Interrupteur T.-H.

Les mêmes avaries peuvent survenir aux locomoteurs WESTINGHOUSE, et il peut s'en produire en outre dans la transmission du mouvement de la manette de commande aux deux tambours d'un même contrôleur.

En ce qui concerne les AUTOMOTRICES, s'il survient à l'une d'elles une avarie dont la réparation nécessiterait un certain temps d'arrêt, on doit l'isoler (*fig.* 564) et continuer la remorque du train avec la seconde automotrice.

Les avaries particulières aux motrices T.-H. sont les suivantes :

Inverseur principal n'obéissant pas à la manœuvre ;

Manœuvre intempestive d'un interrupteur principal en cours de route ;

Collage des doigts de contact des relais ;

Court-circuit ou perte dans un coupleur, dans le câble à neuf conducteurs, ou dans les moteurs.

Les avaries particulières aux automotrices SPRAGUE sont :

Mauvais fonctionnement des armatures des relais, qui ne se lèvent pas ou ne retombent pas régulièrement ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Câbles se touchant ou étant à la terre, les relais ne se levant pas régulièrement ou leur fonctionnement ne correspondant pas à la position du manipulateur ;

Avarie dans un coupleur ou le câble SPRAGUE, due aux mêmes causes et produisant les mêmes phénomènes;

Collage des doigts de l'inverseur;

Inverseur n'obéissant pas à la manœuvre;

Coincement du contrôleur;

Avarie aux moteurs.

Les mesures à prendre pour réparer ces diverses avaries ou pour pouvoir continuer la marche sont généralement très simples, et quelques opérations sur place suffisent, avec des notions théoriques exactes, pour familiariser les conducteurs avec ces mesures, dans l'exécution desquelles il faut toutefois apporter de l'attention et de la prudence.

205. La ligne de ***Paris-Orsay à Austerlitz*** (longueur 3.800 m) a été ouverte à l'exploitation le 28 mai 1900; elle présente des déclivités atteignant jusqu'à 11 mm par mètre et des courbes dont le rayon descend à 200 m en pleine voie et à 150 m en gare d'Orsay.

A partir de 1903, les trains de banlieue ont été remorqués électriquement jusqu'à Juvisy (19 km), et ils le seront dans la suite jusqu'à Brétigny (36 km du quai d'Orsay). Au début, la traction des trains était faite par huit locomotives (E_1 à E_8), auxquelles on a ajouté, depuis l'ouverture de Juvisy, trois locomotives-fourgons (E_9 à E_{11}) et cinq voitures automotrices (AE_1 à AE_5). Les locomotives primitives ont été elles-mêmes transformées à cette date, et leur puissance, notamment, a été augmentée. Les principales conditions d'établissement des locomotives et des automotrices sont données dans le tableau ci-après.

Les locomotives E_1 à E_8, fournies par la Compagnie THOMSON-HOUSTON, se composent (*fig.* 565) d'une caisse en tôle d'acier reposant sur deux bogies. Les longerons de ces bogies,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en acier forgé, reposent au moyen de ressorts sur les boîtes à huile des essieux et supportent eux-mêmes, par l'intermédiaire d'autres ressorts, les traverses de pivots de manière à réaliser une double suspension élastique entre la caisse et les essieux.

L'avant et l'arrière sont aménagés pour recevoir les résis-

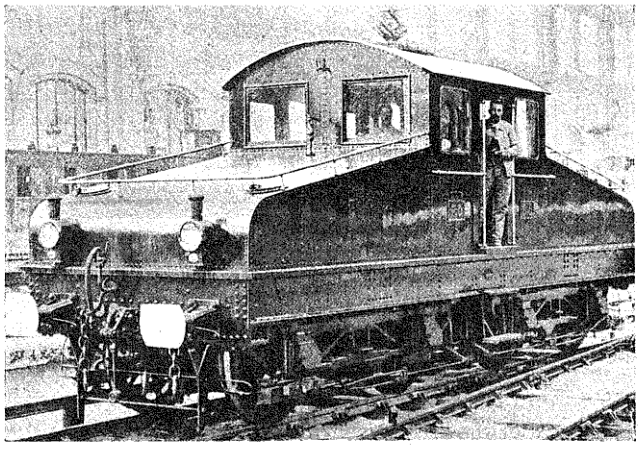


Fig. 565. — Locomotive électrique du *Chemin de fer d'Orléans*.

tances de démarrage et les câbles de connexions; au centre est placée la cabine du mécanicien renfermant tous les appareils de manœuvre, de mesure et de sécurité. Cette cabine, longue de 2,50 m et de même largeur que la locomotive, est pourvue sur tout son pourtour de châssis vitrés, abritant les appareils et les agents contre les intempéries et permettant à la vue de s'étendre dans toutes les directions.

Chaque locomotive est munie de quatre moteurs électriques commandant chacun un essieu au moyen d'un harnais d'engrenages.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DÉSIGNATIONS	LOCOMOTIVES E_1 à E_8	FOURGONS AUTOMOTEURS E_9 à E_{11}	AUTOMOTRICES AE_1 à AE_5
Poids à vide..... t	49	55	45
Longueur entre tampons... m	10,609	11,371	17,360
Longueur de caisse..... m	9,460	10,200	16,200
Nombre de bogies.....	2	2	2
Empattement des bogies... m	2,388	2,388	1,981
Ecartement d'axe en axe des bogies..... m	4,877	5,639	12,400
Diamètre des roues..... m	1,245	1,245	1,060
Rapport d'engrenages	2,23 (4,1 pour la E_1)	2,23	3,08

Ces moteurs sont du type G. E. 65 (1) et ont une puissance nominale de 270 chx chacun au régime de marche d'une heure; mais ils peuvent être soumis à une surcharge égale pendant environ cinq minutes, la puissance effective totale réalisée étant alors d'environ 2.000 chx.

La machine E_1 a conservé le rapport d'engrenages de 4,1 de la construction, qui lui permet de réaliser un grand effort de traction, et par exemple de démarrer un train de 300 t en rampe de 11 mm : elle est actuellement utilisée dans un service de manœuvres à faible vitesse et à forte charge. Le rapport d'engrenages des locomotives E_2 à E_8 a été ramené à 2,23, de manière à permettre une vitesse de marche plus élevée, laquelle atteint en effet 70 km avec un train de 200 t.

Le contrôleur servant à la conduite est du type série-parallèle; il permet, par la manœuvre continue de la manette, depuis la position d'arrêt jusqu'à celle de pleine marche, de relier les moteurs d'abord par groupes de deux en série entre eux et avec les résistances de démarrage, celles-ci étant graduellement supprimées au fur et à mesure de l'accéléra-

(1) L'abréviation G. E. désigne la *Compagnie Générale Electrique* de New-York, réunie depuis à la Compagnie française THOMSON-HOUSTON.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion du train. Les deux groupes de moteurs sont ensuite reliés en parallèle avec les résistances de nouveau intercalées, afin d'éviter un afflux exagéré du courant, puis elles sont encore successivement enlevées de manière à maintenir l'intensité du courant sensiblement constante jusqu'au moment où le démarrage est terminé.

Le contrôleur est aussi muni d'un dispositif permettant de renverser les connexions des inducteurs pour produire la marche arrière de la locomotive.

Indépendamment du contrôleur et des appareils de mesure ou autres (ampèremètre, voltmètre, wattmètre-totalisateur, interrupteurs, fusibles, etc.), la cabine contient encore un compresseur d'air électrique pour l'alimentation du frein à air comprimé et du sifflet.

Le courant est généralement amené aux locomotives par un troisième rail, placé à l'extérieur latéralement à la voie, le retour du courant à l'usine étant assuré par les rails de roulement; cependant, sur quelques voies de manœuvres, de même qu'à l'entrée de la gare du quai d'Orsay, l'alimentation est faite par des conducteurs aériens, ou bien le troisième rail est placé dans l'axe de la voie. Pour ces trois modes d'alimentation, les locomotives sont pourvues de six patins de contact placés trois à l'avant et trois à l'arrière, et d'une prise de courant aérienne disposée sur le toit de la cabine : cette dernière prise de courant est constituée par un parallélogramme articulé surmonté d'une pièce en forme de T qui assure un contact permanent.

Les locomotives sont également munies de tous les accessoires ou organes utilisés sur les locomotives à vapeur de la Compagnie d'Orléans : sablières, fanaux, appareils de choc et de traction, etc. (1).

Les locomotives-fourgons ou fourgons automoteurs (*fig.* 566) ont la même puissance que les précédentes, mais leur poids

(1) *Bulletin Thomson-Houston*, n° 75.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est plus élevé, et aussi leur adhérence, tous leurs essieux étant également moteurs ; elles ont le même diamètre de ban-

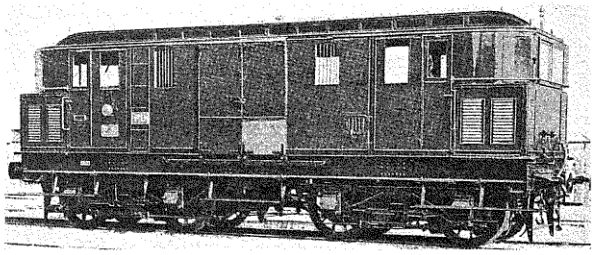


Fig. 566. — Fourgon automoteur.

dages, mais leurs bogies sont un peu plus écartés entre eux, et l'empattement est ainsi un peu plus grand.

Les voitures automotrices (*fig.* 567) sont plus légères, et ne pèsent en effet que 45 t en charge (voir tableau ci-dessus) ; elles sont très longues et elles ont des roues plus petites et un

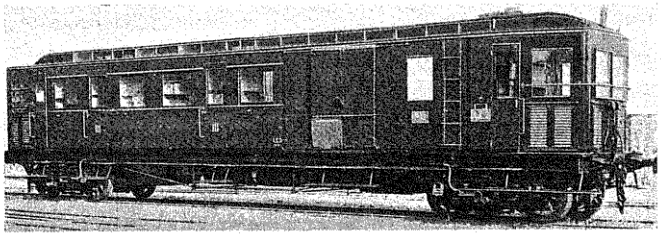


Fig. 567. — Automotrice électrique du *Chemin de fer d'Orléans*.

rapport d'engrenages plus grand que les locomotives. Les moteurs, du type GE-66, sont également au nombre de quatre, et ils ont une puissance de 125 chx chacun au régime de marche d'une heure.

Ces automotrices sont équipées suivant le système à « Unités multiples Thomson-Houston » également employé au Métropolitain de Paris et qui a été décrit plus haut ; elles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comportent deux cabines extrêmes dans lesquelles sont rassemblés les divers appareils constituant l'équipement électrique du train : contrôleurs, inverseurs, résistances, contacteurs, etc. La commande des automotrices peut se faire de n'importe quelle cabine en prenant les précautions nécessaires, de sorte qu'elles n'ont pas besoin d'être retournées aux terminus. Avec deux automotrices, remorquant un poids total de 200 t, la distance d'Austerlitz à Juvisy peut être franchie en quinze minutes sans arrêts, c'est-à-dire à une vitesse commerciale de 60 km.

Toutes les dispositions ont été prises dans ces voitures pour éviter les risques d'incendies, telles que la construction entièrement métallique des cabines et l'emploi de bois ignifugé pour la caisse. En même temps, tous les appareils ont été étudiés de manière à rendre la manœuvre aussi simple et aussi automatique que possible, grâce à des dispositions particulières de détail des contrôleurs principaux. En particulier, un relais traversé par le courant des moteurs vient bloquer le contrôleur au moyen d'un frein spécial, et empêcher toute surcharge accidentelle de ces moteurs (1).

Le courant électrique est produit sous la forme alternative triphasée à 5.500 volts à l'usine d'Ivry, dont la puissance est de 4.500 chx; une partie du courant se rend du tableau de distribution à des sous-stations de traction situées à Orsay, à Ivry et à Ablon, où des commutatrices le transforment en courant continu à 600 volts, qui est amené au rail d'alimentation.

206. La ligne du ***Fayet à Chamonix,*** établie en voie unique et à la largeur de 1 m, a une longueur de 19 km; la différence d'altitude des points extrêmes est de 457 m, ce qui porte l'inclinaison moyenne à 24 mm, mais les plus fortes rampes ont 90 et 80 mm sur des longueurs respectives de 2.116 et

(1) *Bulletin Thomson-Houston*, n° 123.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1.386 m (1). Quant aux courbes, il y en a un très grand nombre de 150 m de rayon.

La prise de courant se fait par un rail latéral isolé ; dans les fortes rampes, un quatrième rail est encore disposé dans l'axe des rails de roulement, et les voitures portent un frein formé de deux mâchoires qui peuvent venir frotter latéralement contre ce rail, aux descentes.

Les trains ont un poids mort de 90 t et sont formés de quatre voitures à voyageurs, qui sont toutes motrices, et d'un fourgon automoteur à bagages disposé en tête ; le wattman se tient sur la plate-forme avant de ce fourgon, d'où il peut commander simultanément les appareils de manœuvre des divers véhicules du train, à l'aide d'un servo-moteur système Auvert, fonctionnant par l'air comprimé. Chaque motrice est munie de deux moteurs de 65 chx et pèse environ 22 t, comme le fourgon.

La force motrice est fournie par deux usines hydro-électriques comprenant chacune quatre turbines centripètes, à axe horizontal, de 325 chx : trois turbines seulement sont en service à la fois dans chaque usine.

Chaque turbine met en mouvement une dynamo génératrice Gramme à courant continu à six pôles, de 200 kw ; deux dynamos de 40 kw à quatre pôles, actionnées par des turbines centrifuges, servent d'excitatrices aux génératrices.

Le courant est produit et envoyé dans le rail conducteur à la tension de 550 v ; un train normal marchant à la vitesse de 12 km à l'heure absorbe, dans la rampe de 90 mm, 800 amp sous 550 v ; le démarrage dans la même rampe demande 1.100 amp.

Les freins de tous les véhicules peuvent être commandés soit à la main, soit à l'air comprimé. La commande par l'air comprimé du frein à sabots est du système Westinghouse-Henry, c'est-à-dire double (directe et automatique) ; celle du frein à mâchoires est automatique seulement.

(1) Cette ligne a été prolongée en 1907 jusqu'à la frontière suisse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La durée du trajet est de 1 h environ ; à la descente, la vitesse est limitée à 10 km sur les déclivités de 80 et de 90 mm.

§ II. — VÉHICULES A TRANSMISSION ÉLECTRIQUE

207. Dans ce système, on l'a vu, un moteur à pétrole commande directement une dynamo génératrice, dont le courant sert à actionner une ou deux réceptrices, attaquant l'essieu moteur ou les roues par l'intermédiaire d'un différentiel (dans le cas d'un seul moteur), ou de harnais d'engrenages.

Ce système a été appliqué avec deux moteurs à des automotrices des chemins de fer de l'Etat hongrois par la maison DE DION-BOUTON, puis avec un moteur à des omnibus de ville, à un fourgon des Sapeurs-Pompiers de Paris et à un fourgon automoteur du Métropolitain.

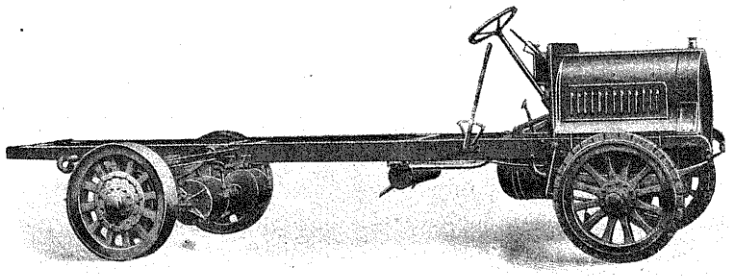


FIG. 568. — Châssis à transmission électrique *Kriéger*.

Il est aussi employé par la Maison KRIÉGER dans ses derniers véhicules électriques (*fig.* 568 à 573). Le moteur à explosion (1) a son arbre accouplé par cardan à l'induit formant volant d'une dynamo multipolaire, dont les enroulements inducteurs sont disposés de façon à rendre la machine

(1) Notice du Constructeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autorégulatrice. Dans ces conditions, quelles que soient les variations d'effort aux jantes, c'est-à-dire quelles que soient les variations correspondantes de l'intensité du courant demandé à la génératrice, la puissance recueillie aux bornes reste à peu près constante, et cela dans des limites très étendues. Il en résulte la suppression de tout changement de vitesse mécanique ou électrique et de tout embrayage; le couple moteur se proportionne de lui-même à l'effort résistant, et la vitesse augmente et diminue automatiquement suivant la résistance de la route, le travail (produit de l'effort par la vitesse) restant sensiblement constant.

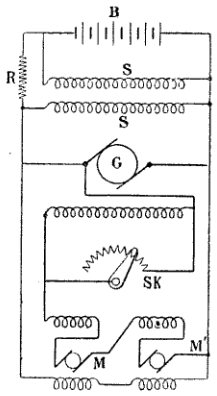


Fig. 569. — Schéma des connexions dans les véhicules *Kriéger*.

B, batterie d'excitation ; R, résistance ; S, S, excitations séparées et shunt ; G, génératrice ; SK, shunt de l'enroulement démagnétisant; M, M', moteurs compound.

Par exemple, au moment du démarrage, le moteur donnant une certaine puissance (mettons, pour fixer les idées, la moitié de sa puissance normale), l'effort moteur transmis aux roues en opposition directe avec l'effort résistant commence à se produire avec l'amorçage de la génératrice à zéro, puis il augmente sans que le moteur à pétrole change de régime ni de puissance jusqu'à devenir égal à l'effort résistant et faire démarrer le véhicule. Si la résistance de la route ne varie pas, l'effort moteur, une fois le démarrage effectué, va en diminuant sans que le moteur à pétrole change de régime : l'énergie est alors employée en partie à accélérer la vitesse, qui vient à correspondre automatiquement à la puissance donnée à cet instant par le moteur à pétrole (avec une perte représentée par la résistance de la transmission). En augmentant ou diminuant la puissance du moteur à pétrole, on augmenterait ou on diminuerait proportionnellement la vitesse du véhicule ; d'autre part, la puissance du moteur restant constante,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la vitesse du véhicule augmenterait ou diminuerait encore automatiquement avec la résistance de la route : déclivités, virages, fondrières, etc.

L'induit avec son collecteur spécial est disposé pour que

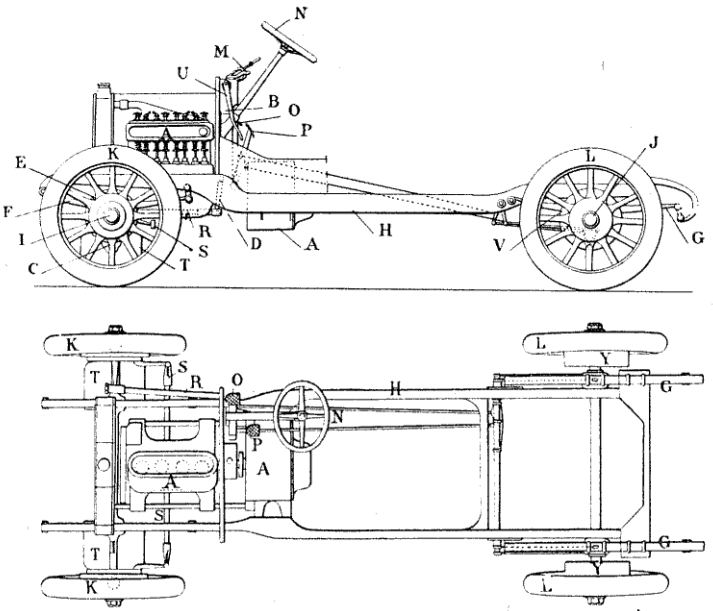


FIG. 570-571. — Châssis *Krieger* avec moteurs électriques à l'avant.

A, groupe électrogène ; B, appareil de marche ; C, pignon ; D, manivelle de direction ; E, engrenage ; F, ressort AV ; G, ressort AR ; H, châssis ; I, essieu AV ; J, essieu AR ; K, roues AV ; L, roues AR ; M, manette de changement de marche ; N, volant de direction ; O, pédale de frein ; P, pédale de frein à cliquet ; R, bielle de commande de la direction ; S, bielle d'accouplement ; T, moteurs électriques ; U, pédale de commande de gaz ; V, tambour de frein.

les trépidations ne puissent le détériorer ni provoquer d'étincelles aux balais.

Le moteur à explosion repose sur deux longerons placés intérieurement au châssis, et fixés par une de leurs extrémités à la carcasse de la dynamo formant elle-même traverse du châssis à cet endroit; cette disposition assure un centrage parfait de l'induit dans la carcasse et permet, le radiateur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

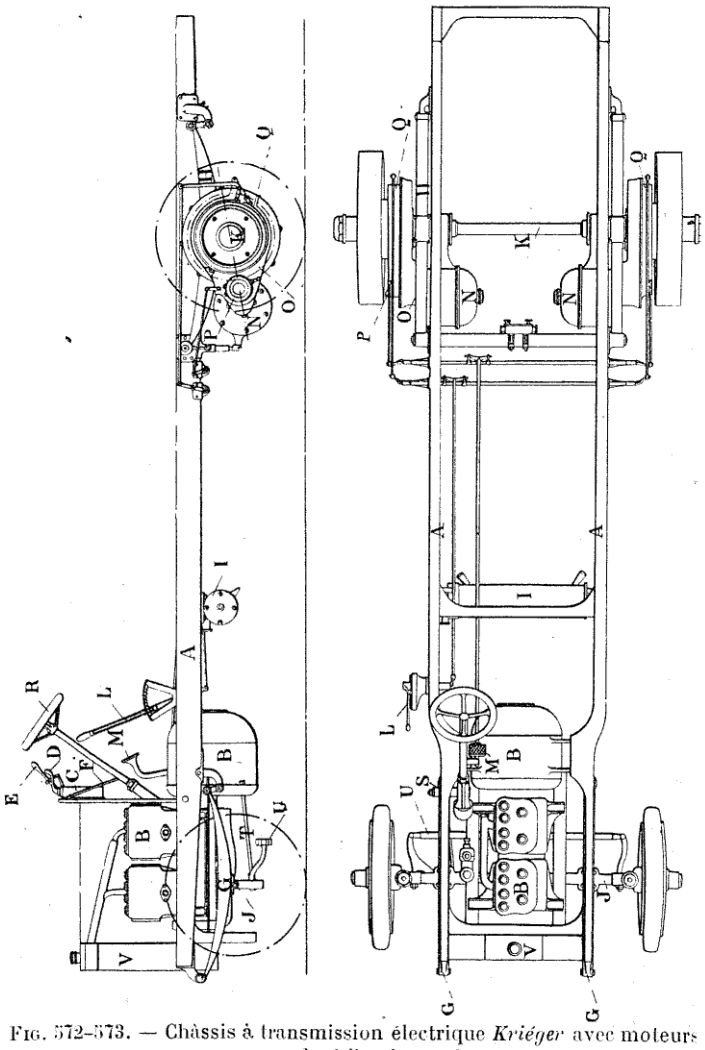


FIG. 572-573. — Châssis à transmission électrique *Kriéger* avec moteurs commandant l'essieu arrière.

AA, châssis ; B, groupe électrogène ; C, appareil de marche ; D, manette de changement marche ; E, manette de commande de shunt ; F, pédale de commande des gaz ; G, resso avant ; H, ressorts arrière ; I, pot d'échappement ; J, essieu avant ; K, essieu arriè L, levier du grand frein sur roues ; M, pédale du petit frein intermédiaire ; N, réceptri (moteurs) ; O, engrenages (double réduction) ; P, frein sur intermédiaire ; Q, frein sur roue R, direction ; S, manivelle de commande ; T, bielle ; U, barre d'accouplement ; V, radiate

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étant enlevé, de retirer l'ensemble du moteur et de l'induit hors du châssis pour un changement de pièces. La carcasse, les bobines inductrices et l'équipement restent en place pendant cette opération.

Le moteur est muni d'un carburateur automatique qui permet de n'employer, pour la régulation du groupe moteur-dynamo, que le simple étrangleur ordinaire, sans régulateur électrique quelconque.

L'appareil de manœuvre, placé sur le tablier, consiste en une boîte contenant un contact d'amorçage de la génératrice et un inverseur pour la marche avant ou la marche arrière du véhicule. Le contact d'amorçage est manœuvré par une pédale qui, en s'abaissant, ouvre également l'admission des gaz au moteur. Lorsque le wattman n'a pas le pied sur cette pédale, la génératrice ne peut s'amorcer, et l'admission des gaz correspond au ralenti maximum du moteur; lorsque, au contraire, le conducteur appuie sur la pédale, il amorce la génératrice et augmente l'ouverture d'admission des gaz, ce qui produit une augmentation progressive de vitesse.

Une petite manette placée sur le côté droit de l'appareil de manœuvre permet, en changeant le régime d'excitation de la génératrice, de faire varier la vitesse du moteur à explosion; le coupleur ou combinateur ordinaire n'est plus de la sorte nécessaire. L'inverseur est commandé aussi par une manette disposée au-dessus du même appareil.

Le courant engendré par la dynamo est envoyé dans deux moteurs qui actionnent les roues avant ou arrière par un harnais d'engrenage à double réduction de vitesse. Cette attaque des roues d'un même essieu par deux moteurs permet de supprimer le différentiel.

Les freins sont disposés sur les roues arrière et sont au nombre de deux par roue; ils sont composés de deux sabots extensibles logés dans l'intérieur d'un tambour : chaque paire de freins est actionnée par une pédale dont une est munie d'un encliquetage à levier permettant au conducteur de lais-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ser le frein serré lorsqu'il est descendu de son siège. En outre, un cinquième frein existe sur l'arbre intermédiaire du démultiplicateur, et on peut encore employer le freinage électrique en faisant travailler les moteurs en génératrices et en les faisant débiter sur des résistances réglables.

Le **fourgon** DE DION **du Métropolitain** est utilisé pour le service d'entretien des voies la nuit ; un moteur à benzine à quatre cylindres, d'une puissance de 32 chx à 1.500 tours, entraîne par un joint d'OLDHAM une dynamo compound (**56**) à quatre pôles, dont les enroulements inducteurs à fil fin sont excités par le courant d'une petite batterie d'accumulateurs.

Le courant produit par la génératrice est envoyé dans deux moteurs à quatre pôles également, dont deux conséquents; les moteurs ont chacun un induit à double bobinage relié à deux collecteurs.

Trois vitesses déterminées peuvent d'abord être obtenues par le groupement des induits, soit en série tous les quatre, soit en parallèle par groupes de deux en série, soit les quatre induits en parallèle. Les vitesses intermédiaires sont facilement réalisées par l'intercalation de résistances dans le circuit des inducteurs ou par des groupements différents de ces derniers.

§ III. — TRACTION A ACCUMULATEURS

208. ***Voitures électriques à accumulateurs*** de la COMPAGNIE GÉNÉRALE DES OMNIBUS DE PARIS. — Ces voitures sont de deux types, et ont été construites par la COMPAGNIE DE FIVES-LILLE et par la SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES. Elles diffèrent entre elles par le châssis, les moteurs et le coupleur, mais leur contenance et leur puissance sont les mêmes.

Du matériel THOMSON-HOUSTON, coupleurs et moteurs, est aussi employé sur plusieurs voitures F. L.

Le châssis des automotrices F. L. est formé par deux longe-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rons en tôle et cornières réunis par des traverses et des goussets ; il repose sur les boîtes d'essieux par l'intermédiaire de quatre ressorts à lames : la caisse est montée sur un cadre en fer reposant directement sur le châssis.

Le châssis de la S. A. se compose de deux longerons en

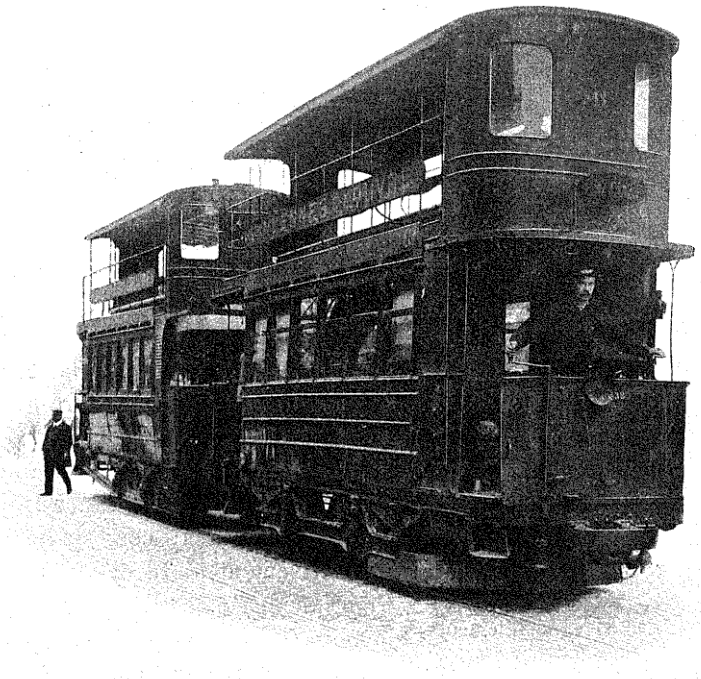


Fig. 374. — Automotrice électrique à accumulateurs « à charge rapide » de la *Compagnie générale des Omnibus de Paris.*

tôle emboutie réunis par des entretoises ; il repose sur les boîtes à huile par l'intermédiaire de huit ressorts à boudin, un extérieur et un intérieur par boîte. La caisse, montée sur un cadre en fer, repose sur le châssis par l'intermédiaire de quatre ressorts à boudins placés vers le milieu et quatre ressorts à lames disposés aux extrémités des longerons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le poids des voitures en charge complète avec 52 voyageurs est environ de 20 t.

209. Les ***accumulateurs*** sont placés dans ces caisses en bois disposées sous les banquettes et fermées par des couvercles avec joints en caoutchouc. Sous le voltage de régime de 560 v, le débit de charge varie, suivant l'état d'avancement, de 260 à 50 amp. La décharge a lieu sous une tension moyenne de 416 v (2 v par élément), le débit ne dépassant pas 300 amp en marche normale. La capacité des batteries en bon état est de 80 amp-h environ avec une tension descendant à 375 v. Sur la ligne « Cours de Vincennes-Louvre », la dépense est en moyenne de 22 amp-h pour un tour d'automotrice seule, et de 32 amp-h pour un tour-train de deux voitures, correspondant respectivement à 13 et 19 chx-h. Pour une durée de trajet de 1 1/4 h, la puissance moyenne correspondante est de 10 et 16 chx.

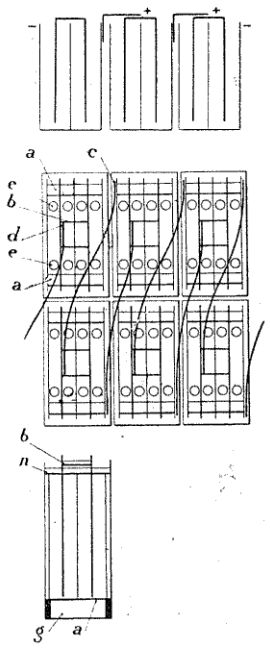


FIG. 575-577. — Éléments d'accumulateur *Tudor*.

a, bandes de jonction des plaques négatives ; *b*, tête des plaques positives ; *c*, *d*, lames de jonction des plaques positives et négatives entre elles ; *e*, *e*, tubes en verre séparateurs des plaques ; *g*, espace libre dans le fond de chaque bac pour le logement de la matière active tombée des plaques.

La capacité utilisable au régime (très faible) de 1 amp par kilogramme d'électrode atteint un chiffre de 6 1/2 amp-h à 8 amp-h, et ne descend pas au-dessous de 3 1/2 amp-h à 4 amp-h pour des régimes de décharge atteignant 5 et 6 amp par kilogramme d'électrodes *positives et négatives*.

Les accumulateurs sont du système Tudor à charge rapide ; chaque batterie comprend 204 ou 208 éléments, et chaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

élément est composé lui-même de deux lames positives comprises entre trois lames négatives, renfermées toutes dans un bac en ébonite de 360 × 214 × 82 mm. La hauteur commune des plaques est de 266 mm et leur largeur de 185 mm; les positives ont une épaisseur de 13 mm, les négatives extrêmes 4 mm et la lame du milieu 7 mm. Les négatives sont réunies par deux bandes de plomb *a*, reposant sur des saillies intérieures des bacs; elles supportent les positives par deux tubes en verre, et toutes les lames sont séparées entre elles par des tubes en verre verticaux de 8 mm (*fig.* 575 à 577).

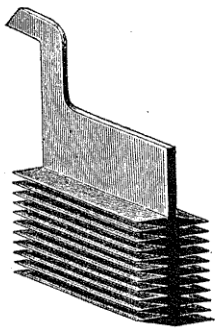


Fig. 578. — Plaque « positive » *Tudor*.

Les plaques positives se composent (*fig.* 578) d'une âme en plomb pur de 1 mm environ d'épaisseur, de laquelle partent des ailettes triangulaires de 6 mm de longueur, dont les sommets sont espacés de 1 1/2 mm; la surface développée atteint 24 dm² par kilogramme d'électrode, soit 240 dm² environ par élément. Ces plaques, du type Planté, sont formées par une série de charges et de décharges successives, continuées pendant plusieurs semaines; la formation intéresse au plus 1/10e de millimètre de chaque face des plaques, et c'est ainsi leur grande surface développée qui constitue leur grande capacité, en même temps qu'elle diminue le temps de formation puis de charge.

Les plaques négatives sont du genre Faure à formation hétérogène; elles sont du type à grille et sont constituées par une monture en plomb antimonié (l'addition d'antimoine en proportion de 6 à 8 0/0 a pour but de donner plus de rigidité à la monture et de la rendre plus inaltérable), dont les bords sont plus épais que le quadrillage intérieur, de sorte que celui-ci est entièrement recouvert par la matière active, laissant croire que cette matière ne forme qu'une seule pastille. En réalité, chaque plaque comporte 1.600 alvéoles, dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lesquelles la matière active, formée de litharge et d'un peu de minium agglutinés avec de l'eau acidulée à 10 ou 15° Baumé, est pressée mécaniquement. A la formation, cette matière se transforme en plomb réduit grenu et spongieux, se laissant traverser par une épingle sous une faible pression de la main, et présentant une grande surface à l'action électrolytique, de manière à permettre également une charge rapide.

Les plaques positives sont encadrées par les négatives (*fig.* 575 et 577), de manière que leurs deux faces soient intéressées de la même façon à l'action électrolytique; sans cette disposition, elles se gondoleraient et pourraient venir toucher les plaques négatives, en déterminant en tout cas la chute de la partie extérieure formant la matière active. Les plaques négatives extrêmes ont une épaisseur moitié moindre que la plaque intermédiaire ; une seule de leurs faces est active.

Les plaques positives d'un même élément sont réunies entre elles par une tête évidée, entre les côtés de laquelle la queue en plomb pur, ou en plomb antimonié, des négatives, vient s'insérer et est soudée à la lampe, sans apport de matière. Les extrémités inférieures des unes et des autres sont à une distance de 50 mm du fond du bac, afin que la matière active qui se détache des plaques ne puisse établir de contact et, par suite, de court-circuit entre elles.

Les plaques entrent juste dans les bacs, mais elles peuvent se dilater en hauteur pour éviter le foisonnement ou gondolement qui se produirait sans cela, en amenant des contacts et des courts-circuits; les bacs sont renfermés dans un certain nombre de coffres disposés sous les banquettes des voitures et munis d'une fermeture étanche pour empêcher les projections d'acides. Un grillage, ménagé dans les côtés de la caisse, permet aux gaz qui se forment pendant la charge d'être évacués au fur et à mesure dans l'atmosphère, de manière à empêcher toute explosion.

Tous les bacs (qui sont en ébonite de bonne qualité,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

souples et résistants, conservant une résistance électrique élevée, même pour une température de 80° et une densité de 30° de l'électrolyte) sont montés en tension, la queue en plomb pur dont est muni chaque élément négatif étant soudée à la lampe à la tête, en plomb pur également, qui réunit les deux plaques positives. Il résulte de ce mode de montage que la capacité de chacun des bacs est égale à celle de la batterie tout entière ($i = 1$), mais les f. é. m. s'ajoutent ($E = n \times e$, n étant le nombre des éléments et e leur f. é. m.); quant à la résistance, elle croît comme le nombre d'éléments ($R = r \times n$). D'autres modes de couplage peuvent être et sont employés, dans les voitures de tramways et dans les électromobiles sur route : couplages mixtes dans lesquels un certain nombre de groupes sont formés par la réunion de n éléments en tension, ces groupes étant ensuite reliés en quantité.

L'électrolyte d'emplissage, marquant 22 ou 26° à l'aréomètre Baumé, est obtenue par un mélange d'acide pur concentré à 66° et d'eau distillée. L'évaporation qui se produit pendant les charges successives augmente la densité du liquide; on la ramène au chiffre convenable, 20 à 26° suivant la saison (la chaleur augmente la diffusion de l'acide sulfurique, diminue la résistivité de l'électrolyte, facilite la charge et la décharge des accumulateurs, et augmente ainsi leur capacité), en ajoutant de l'eau acidulée à 22° ou 26° ou bien de l'eau distillée pure. L'emplissage se fait la nuit, à la rentrée définitive des voitures au dépôt; le transvasement de l'eau acidulée des touries dans les bacs se fait par siphonnage au moyen d'un tuyau en caoutchouc. Le liquide doit recouvrir les plaques de 1 à 2 cm; on doit éviter d'en répandre dans les coffres, qui n'étant recouverts intérieurement que de papier rubéroïd avec une ou deux couches de peinture blanche spéciale, présentent un isolement insuffisant permettant des pertes et parfois des courts-circuits quand ils sont rendus humides par des épanchements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

210. Le *poids total des batteries*, comprenant les coffres, les bacs, le liquide, les connexions et les plaques, est de 4.700 à 4.800 kg ; chargées normalement, elles présentent une f. é. m de 460 à 465 v et une capacité de 50 à 60 amp-h au régime de décharge en 1 1/4 h, cette décharge étant poussée jusqu'à la tension de 400 v (poussée jusqu'à 375 v, elle atteindrait 80 amp-h). Pour un train de la ligne « Cours de Vincennes-Louvre », formé d'une automotrice pesant environ 20 t en charge et d'une voiture d'attelage du poids de 8,3 t, la quantité d'**énergie** dépensée dans un voyage aller et retour (13,3 km), effectué à la vitesse moyenne de marche de 16 km à l'heure (travail correspondant 20 chx), est de près de 23.000 w-h, soit 4,6 w-h par kilogramme de poids de la batterie. Le cheval-heure correspond dans ces conditions à un poids de la batterie de 155 kg.

Le **régime** normal de **décharge** en 1 1/2 h est de 33 amp, soit une densité de courant de 0,12 par décimètre carré de surface de plaque positive; la batterie peut aussi, aux dépens de sa capacité, fournir un courant de 100 amp en décharge continue et jusqu'à 250 à 350 amp en décharge intermittente, avec une densité de courant de 1,25 amp par décimètre carré de surface de plaque positive. Chaque élément débite au régime normal 70 w utiles et renferme une énergie spécifique disponible égale à 3,2 w-h.

Les **constantes spécifiques** de l'élément de ces batteries sont alors les suivantes au régime de décharge en 1 1/4 h (en se rappelant que, les éléments étant montés en tension, la capacité de chacun d'eux est la même que celle de la batterie entière) :

Débit spécifique en amp par kg de poids total	33 : 22 = 1,5 amp
Puissance utile spécifique en watts par kg	440 × 33 : 4.800 = 3 w
Capacité spécifique en amp-h par kg	60 : 22 = 2,7 amp-h

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Energie utile spécifique en watts-h par kg	26.400 : 4.800 = 5,8 w-h
Poids spécifique en kg par kilowatt	4.800 : 14,520 = 330 kg
Poids spécifique en kg par kilowatt-h	4.800 : 26,4 = 182 kg

Au régime de 3,2 w par kilogramme, l'élément Tudor renferme 5,8 w-h par kilogramme de poids total. Ce sont ces deux chiffres qui servent, avec la consommation par voiture-kilomètre et qui est ici de 1,6 kw-h environ, pour calculer le poids de la batterie ; une variation du régime de décharge modifierait ce dernier chiffre, qui serait augmenté ou diminué de 20 0/0 par exemple avec un débit réduit de moitié ou porté au double.

211. Les plaques font, les positives, un ***parcours*** de 30.000 km en moyenne, et les négatives 22.000 km ; dans l'intervalle, elles ne nécessitent qu'un **lavage** tous les 3.000 km environ (soit tous les mois) avec parfois un grattage des négatives pour les débarrasser du sulfate qui s'est déposé à leur surface. C'est au repos que les plaques tendent le plus à se sulfater (une décharge poussée trop loin a le même inconvénient) ; avant de les remettre en service après un arrêt de plus de 12 à 15 h, il est bon de les désulfater par une charge lente en 2 h au régime de 30 à 50 amp, suivie d'une décharge sur place, sur résistance liquide, ou mieux en faisant faire aux voitures un parcours haut-le-pied de quelques kilomètres. Quand les automotrices doivent être arrêtées plus d'une journée, il est bon de **débarquer** la batterie. Les plaques sont détachées à l'endroit de la soudure au moyen d'un couteau spécial, et posées sur le sol, puis lavées à grande eau et au jet ; les négatives sont grattées, les positives redressées, les queues ou têtes mauvaises refaites ; les bacs sont vidés de leur liquide dans des touries, puis lavés au-dessus d'auges où l'on recueille la matière active qui s'est détachée des plaques. Cette matière,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mise à part dans des tonneaux ou des coffres, est vendue au fournisseur d'accumulateurs, en même temps que le vieux plomb. Les bacs sont ensuite examinés avec soin, réparés au papier rubéroïd et au compound (sorte de peinture isolante) s'il y a lieu; puis on y introduit les plaques et on les emplit partie avec de l'électrolyte vieille, partie avec de l'électrolyte neuve ou de l'eau distillée, de manière à avoir, suivant la saison, un titre de 20 à 26° Baumé. Les plaques doivent être recouvertes de 10 à 20 mm par le liquide. — Enfin la batterie est embarquée, les connexions sont reliées entre elles par une soudure autogène à l'aide d'un chalumeau oxhydrique, et les bornes sont reliées aussitôt à un circuit de charge réglable au moyen d'un rhéostat et muni d'un voltmètre et d'un ampèremètre. On soumet ainsi la batterie pendant quelques heures à un régime de charge lente avec une intensité de 15 à 20 amp et un voltage correspondant.

Avant de mettre la voiture en service, on lui fait faire encore les manœuvres dans le dépôt, puis un certain parcours haut-le-pied, afin de pouvoir charger ensuite plus complètement la batterie, dont la capacité sera en effet augmentée de la sorte. Les deux premiers jours de service, on a encore soin de ne pas faire remorquer de voiture d'attelage à l'automotrice, et ce n'est généralement que le troisième jour qu'elle peut faire tous les services indistinctement. Avec ces précautions, on évite les épuisements trop profonds que produirait une décharge excessive due à une trop grande dépense de courant.

212. Quand il s'agit de ***former une batterie*** neuve au dépôt (les plaques positives ont déjà à ce moment subi une formation de deux à trois semaines chez le fournisseur, quant aux négatives elles ne demandent qu'un seul passage de courant), cette batterie est mise sur banc et soumise à un courant de 10 à 15 amp pendant cinq jours consécutifs, sans aucune décharge dans l'intervalle. Une pareille batterie n'atteint sa capacité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maximum qu'après dix à douze jours de service, pendant lesquels on évite de l'affecter à un service un peu dur ; si l'on veut qu'elle ait atteint complètement cette capacité avant sa mise en service, il faut la former dans les conditions ci-après.

On la soumet à un régime de charge de 12 amp, sans aucune interruption si c'est possible, puis on la décharge au régime de 30 amp jusqu'à ce que ce voltage aux bornes à circuit fermé soit tombé à 1,85 v par élément. La batterie est ensuite rechargée à refus au régime constant de 30 amp (les ampères-heures fournis devant être supérieurs de 40 0/0 au plus aux ampères-heures débités pendant la décharge précédente), puis déchargée au même régime de 30 amp. On pratique dans les mêmes conditions quinze décharges et charges successives, en augmentant graduellement le courant de charge de 30 à 50 amp, le courant de décharge ayant toujours la même valeur.

Pour la réception des batteries, on les soumet aux essais proprement dits, qui comprennent les phases ci-après[1] :

a) Charge à refus à 30 amp ;

b) Décharge à 60 amp jusqu'à 1,75 v par élément à circuit fermé ;

c) Charge rapide sous voltage constant de 2,6 v par élément pendant quinze minutes ;

d) Décharge au régime de 60 amp jusqu'à 1,75 v ;

e) Les charge et décharge *c* et *d* sont répétées trois fois chacune, et la moyenne des résultats relevés fixe la valeur de capacité utilisable de la batterie au régime de 60 amp.

Toutes ces opérations sont répétées au régime de charge de 100 puis de 150 amp ; l'énergie en kilowatts-heures et les quantités en ampères-heures ayant été notées, le rendement en énergie ne doit pas descendre au-dessous de 63 0/0.

[1] Extrait du cahier des charges.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aux différents régimes, les ampères-heures moyens devront être au minimum :

De 28	ampères-heures	pour un	régime de	60 ampères
De 25	—	—	100	—
De 20	—	—	150	—

le tout étant mesuré en employant un voltmètre, un ampèremètre et une montre à secondes.

Au régime moyen de 30 amp, la capacité de la batterie est sensiblement plus élevée ; on l'estime à 60 amp-h lorsque la décharge est poussée jusqu'à 1,75 v par élément (360 v environ pour la batterie de 208 éléments), la charge ayant été elle-même poussée à 2,2 v avec une durée de vingt-cinq à trente minutes et un voltage suffisant (540 à 550 v).

Pour faire l'essai de capacité d'une batterie en service, on la remplit, après décharge, d'électrolyte à faible densité, et on la charge au régime de 25 amp pendant 2 1/4 h ; on la décharge au même régime jusqu'à 1,90 v par élément, puis on la recharge au régime de 25 amp, encore pendant 2 1/4 h. On fait une dernière décharge au régime de 40 amp jusqu'à 1,87 v par élément (390 v pour la batterie de 208 éléments) : si la capacité atteint ainsi 55 amp-h, on pourra remettre la batterie en service.

Au lieu d'une décharge continue à 40 amp, on peut aussi faire une décharge à 60 amp pendant une série d'opérations comportant deux minutes de décharge et une minute de repos : on se rapproche davantage ainsi des circonstances du service ; l'essai a la même durée, et comme résultat on trouve généralement une capacité un peu plus élevée.

213. Les ***contrôleurs*** ou ***coupleurs*** de marche sont du type **série-parallèle**. Le coupleur S. A. (matériel Siemens et Halske) est composé de deux arbres portant des cames commandant des bras articulés; à l'extrémité de ces bras sont les touches qui ferment les circuits lorsqu'elles sont engagées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans leurs logements sous l'action du ressort à lame. Il comporte deux manettes, l'une (la petite) permettant la marche avant en série et le freinage électrique, très rarement utilisé; l'autre servant à retirer successivement du circuit les diverses parties du rhéostat. Chacune des marches en série ou en parallèle comporte quatre crans; au dernier cran, pour chacune d'elles, tout le rhéostat se trouve hors circuit : c'est la marche qu'il faut employer normalement; aux autres crans, le courant traverse une partie ou la totalité du rhéostat, qui, par son échauffement, donne lieu à une perte sèche.

Le coupleur F. L. (matériel de l'Allgemeine Elektricitats Gesellschaft, brevets Sprague), est composé de deux cylindres munis de touches qui ferment les circuits; il comporte également deux manettes, l'une permettant d'obtenir les marches avant et arrière, soit avec les deux moteurs, soit avec un seul moteur; la seconde servant à faire varier les couplages et la vitesse. La marche en série comporte quatre crans et celle en parallèle trois seulement.

Le coupleur T. H. comprend, comme le coupleur F. L., deux cylindres munis de touches fermant les circuits. Le plus petit, actionné par une petite manette, commande les marches avant et arrière; le plus grand, muni d'une manette plus grande également, donne la marche en série ou en parallèle, avec ou sans résistances, la première au moyen de cinq touches et la seconde de quatre touches. A la partie inférieure de l'appareil sont disposés deux interrupteurs qui permettent de retirer l'un ou l'autre moteur du circuit.

Sur chacune des deux plates-formes avant et arrière se trouve un **interrupteur à main** permettant de couper le courant en cas de besoin, notamment au moment de la charge et dans certains stationnements; l'interrupteur avant est en outre automatique dans les voitures S. A.

214. Les ***moteurs***, au nombre de deux, ont une puissance nominale de 30 chx chacun (ils en ont développé 45 aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

essais) ; ils attaquent les essieux par une transmission à simple réduction de vitesse formée d'un pignon et d'une roue dentée, droits ou à chevrons, ayant un rapport de 1 à 5 environ ; les engrenages à chevrons coûtent plus cher, mais ils font moins de bruit et ne prennent pas autant de jeu latéral. Pour l'allure de 16 km et un diamètre de roues de 0,800 m, l'induit tourne ainsi à 530 tours par minute.

Le moteur repose, d'une part, sur l'essieu par deux paliers, et il est suspendu à l'opposé, au châssis, par l'intermédiaire de ressorts à boudins : c'est la suspension dite « par le nez ».

Les moteurs S. A. sont à quatre pôles, dont deux conséquents et non bobinés ; les pôles à bobines correspondent aux faces verticales de la cuirasse et les pôles conséquents aux faces horizontales. Les induits sont enroulés en tambour.

Les moteurs F. L. sont à quatre pôles disposés sur les quatre faces du prisme formé par la cuirasse ; les induits sont à enroulement Gramme.

Enfin les moteurs T.-H., du type TH2, sont à quatre pôles avec induit en tambour ; leur puissance est de 30 chx effectifs.

Dans tous ces moteurs, les balais sont en charbon et placés sur la ligne neutre.

Pour venir aux moteurs, le courant, partant du pôle positif de la batterie, passe par les plombs fusibles (situés sous la plate-forme avant de la voiture), le coupleur, l'interrupteur automatique ou à main et les résistances (disposées contre la paroi de la caisse, sur la plate-forme) ; des moteurs, le courant retourne au pôle négatif de la batterie en passant par l'interrupteur arrière.

Les **conditions d'établissement** des moteurs F. L. sont les suivantes : ampères, 55 ; volts, 400 ; nombre de tours, 510.

L'induit comporte 67 sections de 7 tours. Le noyau, en tôles de 5/10es de mm, porte le même nombre de rainures, qui sont garnies de micanite (isolant à base de mica) ; les fils de jonction sont disposés et frettés sur un disque recouvert d'une couche de 3 mm de micanite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les bobines sont formées de 212 spires en fil de $\frac{52,5}{10}$ d'une section de 21,5 mm².

L'induit a une résistance à 20° de 0,175 ohm ; à 75°, cette résistance est de 0,212 ohm. Pour les inducteurs et les balais, ces chiffres sont respectivement :

0,183 et 0,222 — 0,048 et 0,058 ohm.

Le poids total du moteur est de 1.250 kg environ, celui de l'induit de 260 kg. L'entrefer est réglé au montage à 3 mm pour le pôle du haut et à 3,75 mm pour celui du bas.

Aux essais, le moteur, d'une puissance normale de 25 chx, a fourni pendant une heure un travail continu de 38 chx sous une intensité de 70 amp et une différence de potentiel de 400 v, l'échauffement au-dessus de la température normale étant au bout de ce temps de 75° C.

On a indiqué déjà les soins à donner aux moteurs : nettoyage journalier des collecteurs, visite des balais, des connexions, des câbles, graissage des paliers, etc. Les roues d'engrenages doivent être l'objet de soins constants également ; en les renfermant dans des carters aussi clos que possible et en les graissant au moyen d'un lubrifiant efficace (graisse adhésive ou autre), on peut tripler leur durée en diminuant encore leur résistance à l'entraînement.

La dépense d'énergie des automotrices à accumulateurs, à Paris, est de 80 à 100 watts-heure par tonne kilométrique ; la dépense de charbon à l'usine, tous les services accessoires compris, s'élève au plus à 3 kg pour les plus lourdes voitures.

215. Toutes les automotrices sont munies d'un ***frein à main*** à commande par chaîne sur chaque plate-forme, et du ***frein à air comprimé***, continu et semi-direct semi-automatique, système Soulerin, décrit à l'article **86**. Le compresseur est à un cylindre et actionné par un excentrique monté sur l'essieu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avant : par exception, deux automotrices sont munies d'un compresseur à deux cylindres système Lipkowski (*fig.* 579) ou Christensen, commandés par un moteur électrique Thomson-Houston ou de la Société l'Industrie internationale, recevant le courant de la batterie.

Un régulateur électrique à fonctionnement automatique (*fig.* 580-581), en ouvrant le circuit d'alimentation, détermine l'arrêt du compresseur lorsque la pression maximum dans le

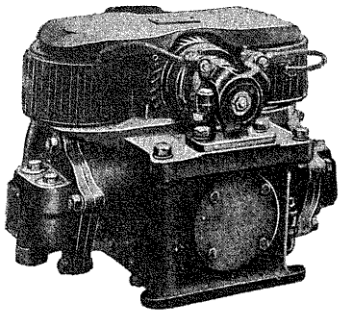


Fig. 579. — Compresseur *Lipkowski* à commande électrique T.-H.

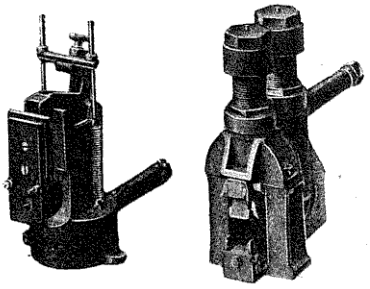


Fig. 580. — Régulateur électrique de compresseur *Lipkowski*.

réservoir principal est atteinte (6 à 7 kg) ; dès que cette pression s'abaisse de 1/2 à 3/4 de kilogramme, le compresseur se remet automatiquement en route à sa vitesse normale, et il maintient ainsi la pression de l'air dans le réservoir principal à un chiffre sensiblement constant et voisin de la pression maximum qu'on s'est fixée.

Un dispositif de soufflage éteint l'arc produit par la rupture brusque du courant produisant l'arrêt du compresseur, chaque fois que la pression d'air maximum est atteinte.

216. ***Conduite.*** — Pour réduire la dépense d'énergie, les moteurs doivent être en bon état d'entretien, tant au point de vue électrique [fils, lames ou sections d'induit, d'inducteurs et de collecteur, bien isolés et propres ; balais portant bien, sans pression excessive (3 kg environ) sur les collecteurs lisses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et bien tournés eux-mêmes; connexions, câbles, coupleur en bon état d'entretien], qu'au point de vue mécanique (paliers bien lubrifiés et sans jeu, engrenages maintenus propres et suffisamment graissés dans des carters fermés). Les freins doivent être particulièrement vérifiés, car un mauvais montage des sabots, en occasionnant un frottement intempestif dans le parcours, augmenterait considérablement la résistance au roulement et occasionnerait l'épuisement de la batterie. Les boîtes d'essieux et leurs guides doivent aussi être bien lubrifiés, ainsi que le compresseur d'air et les articulations du mécanisme de commande si le mouvement est donné au piston par un essieu.

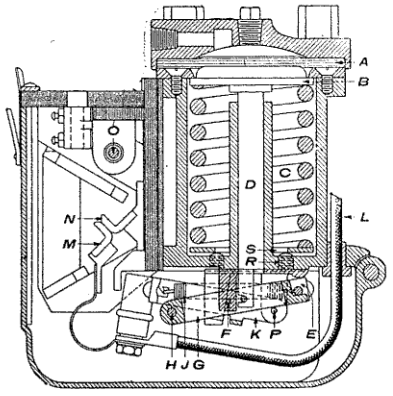


Fig. 581.— Régulateur M. C. de compresseur électrique T.-H.

A, diaphragme ; B, plateau de cylindre ; C, ressort réglable ; R, vis de pression pour le réglage du ressort C ; D, tige fixée au plateau B ; O, bobine de soufflage de l'étincelle de rupture ; E, F, G, leviers et axes ; H, P, pivots.

La capacité de la batterie étant en raison directe du temps de décharge, on ne doit pas forcer inutilement la marche, mais au contraire profiter de toutes les circonstances favorables : pentes, franchissements de points d'arrêts lorsqu'il ne se présente pas de voyageurs pour monter ou descendre, voie propre et bien roulante, etc., pour couper le courant et réduire la dépense d'énergie chaque fois que cela est possible : le régime alternatif de travail et de repos auquel on soumet ainsi la batterie est encore, d'ailleurs, favorable à son rendement comme à celui des moteurs, ceux-ci se refroidissant d'une manière efficace entre deux périodes de travail. Autant que possible, on ne freinera pas non plus en grande vitesse, surtout pour les arrêts prévus, qui devront normalement s'effectuer à demi-vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

217. Les ***avaries*** qui surviennent le plus fréquemment en cours de route sont : la fusion ou la rupture d'une connexion par un courant trop intense ou par les cahots de la marche ; la vidange complète d'un bac fissuré ou perforé ; la création de courts-circuits dans les bacs par suite de gondolement des plaques ou de chute d'une grande quantité de matière active, ou dans les coffres par suite d'épanchement de l'électrolyte ; enfin l'échauffement soit électrique, soit mécanique, des induits, un court-circuit dans le coupleur...

Quand une connexion est fondue, incident qui peut se produire dans les démarrages brusques, principalement quand le frein est resté un peu serré, ce qu'il faut avoir soin d'éviter absolument (aux États-Unis on estime que le démarrage ne doit pas s'effectuer en moins de douze secondes, la marche en série durant la moitié de ce temps et la marche en parallèle sur résistances l'autre moitié), le débit de la batterie s'arrête et les moteurs ne reçoivent plus de courant ; la région où cette fusion s'est produite se détermine par l'examen des lampes, celle correspondant au groupe d'éléments dans lequel se trouve la connexion fondue ne s'allumant pas. On rétablit la connexion au moyen de cales en bois ou en plomb venant presser l'une contre l'autre les parties détachées.

Lorsqu'un bac s'est vidé entièrement, le passage du courant, qui ne s'effectue entre les plaques d'un même bac que par l'intermédiaire de l'électrolyte, n'a plus lieu et le courant n'arrive plus aux moteurs ; toutefois les lampes peuvent s'allumer par suite d'un reste d'humidité des bacs et des plaques, et c'est une indication qui est utile pour déterminer d'une façon exacte la nature de l'avarie. Le bac vide se reconnaît à la vue (il devient blanchâtre), ou bien à la chaleur et à l'odeur de caoutchouc brûlé qui s'en dégagent : si l'on s'obstinait à vouloir remettre le véhicule en marche avant d'avoir réparé l'avarie, le bac pourrait même prendre feu. On rétablit le passage du courant en isolant le bac vide et le retirant ainsi du circuit, et en reliant les connexions à celles du bac suivant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un couteau à connexions, des cales en bois ou en plomb, un tournevis et un marteau sont suffisants pour effectuer ces réparations ; comme autre outillage, il faut encore des fusibles de rechange et quelques clefs. — Quand du liquide se répand dans les coffres, la planche de fond de ces derniers devient conductrice, et, si un court-circuit se produisait, elle pourrait s'échauffer et prendre feu. Aussi il est nécessaire que ces caissons soient maintenus bien secs, et par suite que les bacs soient toujours étanches : d'une manière générale, d'ailleurs, l'humidité et l'eau sont des ennemis en électricité.

Par l'évaporation qui se produit principalement à la charge, la hauteur de l'électrolyte diminue dans les bacs, et il importe de la rétablir chaque nuit, en y ajoutant de l'eau pure ou de l'eau acidulée, de manière à avoir une densité convenable dépendant de la température extérieure et du service demandé à la voiture. La chaleur augmente la conductibilité de l'eau acidulée ; la densité doit donc être plus faible en été, où une densité aussi forte qu'en hiver produirait d'ailleurs dans la voiture des émanations gênantes pour les voyageurs. D'autre part, une forte densité augmente la capacité des plaques en les rendant poreuses ; mais les plaques sont attaquées et s'usent plus rapidement, de sorte qu'on doit toujours réduire cette densité au chiffre le plus faible possible, suivant la température et le parcours plus ou moins long à effectuer par la voiture entre deux rechargements. Une densité de 20 à 22° est généralement convenable en été ; en hiver, elle peut être poussée jusqu'à 26 et 27° : cette densité se mesure, avons-nous dit, chaque soir à la rentrée de la voiture, afin de déterminer la proportion d'eau pure ou d'eau acidulée à verser dans les bacs pour remplacer la perte produite par évaporation ou par épanchement.

L'eau acidulée est préparée avec de l'eau distillée ; l'eau pure que l'on met aussi dans les bacs doit être également de l'eau distillée, ou à défaut de l'eau filtrée ou tout au moins claire, sans cela elle formerait sur les plaques des dépôts qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diminueraient leur capacité, en entravant tant leur charge que leur décharge.

Lorsque les plaques d'un bac viennent à se toucher, soit par gondolement, soit par suite de chute de matière active, il s'établit entre elles un court-circuit qui empêche la communication de se faire par l'électrolyte et décharge l'élément sur lui-même. L'élément permet encore la circulation du courant, mais il ne prend pas la charge : il est **mort**, suivant l'expression employée (qu'on applique aussi aux bacs dont les plaques sont fortement sulfatées).

L'eau de ce bac ne s'évapore ni ne bouillonne à la fin de la charge, et le voltmètre n'indique aucune f. é. m. Dans les batteries un peu vieilles ou fatiguées, ces gondolements et chutes de matières peuvent affecter plusieurs bacs à la fois et diminuer beaucoup la capacité de la batterie ; le nombre des éléments qui travaillent se trouvant réduit, ces éléments se déchargent plus profondément, ce qui fait qu'ils se fatiguent beaucoup et qu'ils se sulfatent. On remarque encore que la batterie prend une grande intensité et une grande quantité d'énergie ; l'intensité, au début de la charge, s'élève par exemple à 300 amp au lieu de 200, et elle est encore de 100 amp au lieu de 50 à la fin, après un même temps de charge. La quantité d'énergie indiquée au compteur est également plus forte de 40 à 50 0/0, soit de 300 kw-h, par exemple, au lieu de 200. En outre, il se produit des dégagements de gaz qui chargent l'air de vapeurs acides et incommodent les voyageurs.

218. Pour toutes les batteries, la ***charge*** doit s'effectuer, au début, pour diminuer l'intensité (le voltage restant constant et égal à 540 v environ, sauf par les temps froids où il peut être plus élevé de 10 à 15 v), en intercalant dans le circuit des résistances qui doivent rester d'autant plus longtemps en jeu que la batterie est plus épuisée ; la totalité des résistances ne doit généralement être enlevée qu'au bout de cinq minutes. Le temps de charge doit lui-même être proportionné à l'épuise-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment de la batterie, et varier de vingt à trente minutes. Dans les batteries en bon état, le voltage au retour des voitures est de 410 à 420 v (il n'y a pas plus de une voiture sur six revenant avec seulement 400 v), et il s'élève à 460 ou 465 (pour 208 éléments) à la fin. Les voitures revenant avec 360 v peuvent encore continuer leur service, si on fait durer la charge au moins vingt-huit ou trente minutes ; au-dessous de ce point critique de 360 v (1,73 v par élément), les plaques sont sulfatées, et il faut les désulfater par une charge lente à faible régime d'une durée de près de deux heures, complétée par une charge rapide à grande intensité, donnant une sorte de coup de fouet à la batterie.

Pour le chargement des voitures en service, chaque voiture vient s'arrêter en regard d'un poste de charge libre ; le mécanicien ramène son coupleur à la position d'arrêt, serre le frein à main, ouvre l'interrupteur de la plate-forme avant et enlève les manettes du coupleur, avant d'engager dans les bornes de charge de la voiture les extrémités des câbles qui lui sont passées par le brancheur; ces extrémités présentent généralement une différence de section ou de forme, ou bien elles sont peintes en couleurs différentes, de manière qu'on ne puisse intervertir les pôles. Les écrous des bornes sont serrés sur les câbles, et c'est seulement à partir de ce moment que le chargeur, averti par une sonnerie que fait fonctionner le brancheur, doit envoyer le courant dans la batterie. Si la sonnerie ne fonctionne pas, un coup de sifflet du brancheur, pendant le jour, indique au chargeur que la voiture est branchée sur le poste ; la nuit, l'extinction des lumières de la voiture, qui est effectuée par le mécanicien dès que l'accouplement est fait, indique au chargeur qu'il peut mettre la voiture en charge. Avant de fermer le circuit de charge au moyen de l'interrupteur unipolaire du tableau et du commutateur, cet agent relève d'ailleurs le voltage de la batterie au moyen d'une fiche mobile (c'est le moyen le plus sûr de se rendre compte que la voiture est bien branchée), chiffre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il inscrit sur le registre de relevé des compteurs. Le commutateur doit être laissé plusieurs minutes sur le premier plot, surtout si l'intensité du courant pris par la voiture est élevée ; le chargeur passe ensuite sur la seconde touche, et il enlève enfin toute résistance au bout de cinq à six minutes. Pendant cette manœuvre, le chargeur tient constamment les yeux sur l'ampèremètre, de manière à pouvoir ramener le commutateur à la position de repos s'il manifestait un débit anormal. La dépense de courant des automotrices étant d'autant plus faible, dans les démarrages, que le voltage est plus élevé, il y a intérêt à prolonger la charge le plus possible ; on considère que cette charge est terminée lorsque l'ampèremètre ne marque plus que 50 à 60 amp ; le chargeur coupe alors le courant en ramenant vivement le commutateur et en ouvrant l'interrupteur, et il donne l'ordre au brancheur de retirer le câble de charge en faisant apparaître au balcon de la cabine le numéro de poste à débrancher, et en attirant l'attention du brancheur par un son de corne ou de trompe.

De grandes précautions doivent être prises pendant la charge pour éviter les accidents. Ainsi un coup de feu peut se produire par la simple chute d'un fil de sonnerie venant établir un court-circuit entre les deux bornes de charge ou les deux extrémités des câbles, et mettre la voiture momentanément hors de service. Les câbles de la voiture peuvent aussi occasionner des courts-circuits, quand ils sont dénudés ou fortement mouillés dans les parties pouvant venir en contact avec des parties métalliques, comme les tôles de plate-forme de la voiture. Un semblable accident se produit, par exemple, quand on débranche les câbles de charge avant que la charge ne soit terminée, et que les extrémités nues des câbles viennent toucher une tôle du châssis ; il se forme au contact des parties métalliques un arc chaud et intense qui troue les tôles et les tuyaux et peut brûler le brancheur. Le chargeur doit, dans un pareil cas, être averti pour qu'il puisse rapidement couper le courant. Le fait seul de débrancher une voi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ture avant que le courant n'ait été coupé au poste de charge suffit pour produire un violent coup de feu à l'usine et la mise en œuvre des disjoncteurs automatiques ou la fusion des plombs de sûreté. Enfin l'interrupteur de la plate-forme avant ayant été ouvert, si le machiniste n'a pas bien ramené la manette du coupleur à la position d'arrêt, un coup de feu pourra encore se produire au coupleur, aux moteurs de la

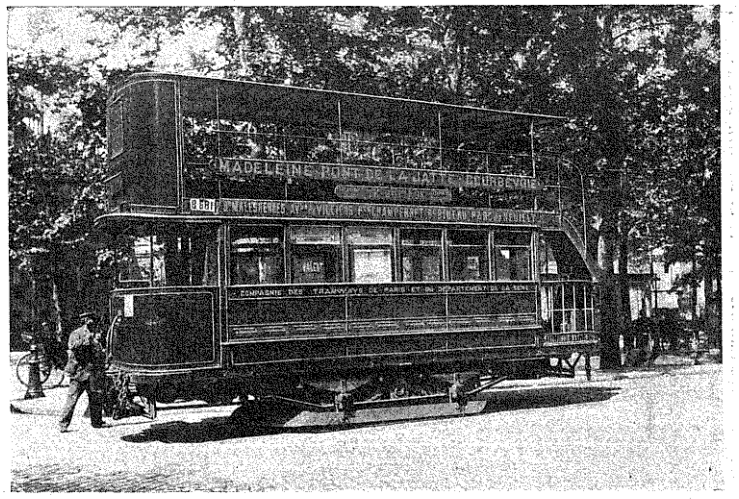


FIG. 582. — Automotrice électrique à accumulateurs « à charge rapide » des *Tramways-Nord* (Paris).

voiture et au tableau de distribution de l'usine lorsque la voiture sera mise en charge. On peut citer le cas d'une voiture qui s'est mise d'elle-même en marche, malgré que le frein à main fût serré, par suite de contacts établis par le coupleur qu'on visitait et manœuvrait pendant la charge, l'interrupteur n'ayant pas été précédemment ouvert, faute très grave assurément. Les voitures à charge rapide de la ligne « Madeleine-Courbevoie » des TRAMWAYS-NORD sont munies de leviers qu'on rabat d'un côté pour la charge et mettent la batterie en communication avec les bornes, en l'isolant au contraire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du coupleur, de sorte que l'automotrice ne peut se mettre en marche pendant la charge. Lorsque celle-ci est terminée, on rabat le levier ci-dessus dans l'autre sens, ce qui a pour effet de rétablir la communication de la batterie avec le coupleur, et de la couper entre les câbles de charge et la batterie.

Sur ces voitures on peut aussi, dans le cas d'avarie à une partie de la batterie (bac vide, connexion fondue, incendie

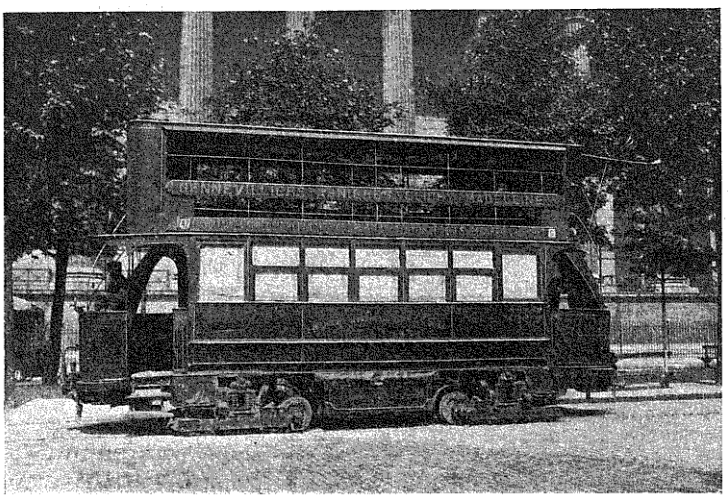


Fig. 583. — Automotrice électrique à accumulateurs et à trolley de la *Compagnie des Tramways-Nord*.

local, etc.), l'isoler au moyen de commutateurs, soit pour éteindre ou localiser l'incendie, soit pour marcher avec l'autre partie seule de la batterie.

Dans ces voitures, encore, lorsque le wattman met la poignée du régulateur de marche sur la première touche, c'est une résistance liquide (électrode de plomb dans un bain de carbonate de soude) qui se trouve intercalée dans le conducteur allant des coupleurs aux inducteurs; elle se trouve remplacée par une résistance en maillechort dès la deuxième touche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En cas d'avarie à un moteur, un interrupteur de secours permet de le retirer du circuit et de marcher avec le second moteur seul, les câbles alimentant le moteur avarié étant mis en court-circuit pour permettre le passage du courant.

Les accumulateurs sont disposés sous les banquettes et ont un poids total de 3.600 kg ; la consommation d'énergie des voitures est de 80 w-h par tonne kilométrique, et celle de charbon de 2,5 kg par kilomètre.

Pendant qu'on effectue la charge, les glaces des voitures doivent être abaissées pour donner une évacuation plus facile aux émanations qui se manifestent généralement à la fin de l'opération, par suite de la décomposition de l'électrolyte sous l'action du courant. On peut profiter de l'ouverture des coffres pour vérifier la hauteur de l'électrolyte dans les bacs et s'assurer qu'il n'y en a pas de partiellement vides. Lorsque les batteries sont un peu vieilles, elles prennent une grande intensité au début de la charge si le commutateur n'est pas maintenu un temps suffisant sur les résistances ; il en résulte parfois la fusion des connexions, qu'on peut remplacer plus rapidement si les coffres sont ouverts à l'avance.

219. Les ***accumulateurs*** lourds dits ***à charge lente*** sont employés aussi, à Paris, sur les lignes de tramways de Saint-Denis à l'Opéra et à la Madeleine (*fig.* 584-585). Ces accumulateurs, du type de la SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX, pour les positives, sont disposés dans des caisses situées sous le châssis, entre les essieux ou en dehors ; on les remplace au dépôt après chaque voyage par des batteries nouvellement chargées. La charge dure cinq heures, et elle est effectuée, ainsi, lentement et à fond à la fois : cette charge peut être aussi attentivement surveillée au point de vue des bacs morts ou partiellement vides, des connexions, etc. La batterie à la fin de la charge est donc en très bon état, entièrement désulfatée, et sa capacité est par la suite très élevée, ce qui lui permet de fournir un long parcours avec, au besoin, une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

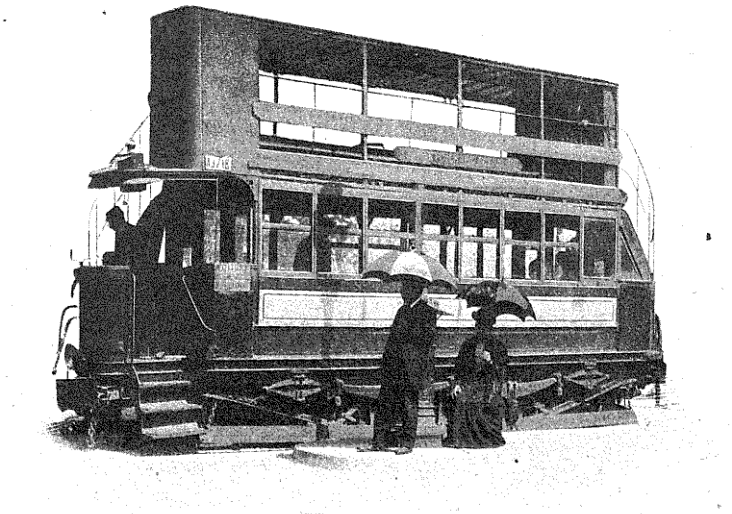


Fig. 584. — Automotrice électrique à accumulateurs, ligne «*Neuilly-St-Augustin* » de la *Compagnie des tramways-Nord* (Paris).

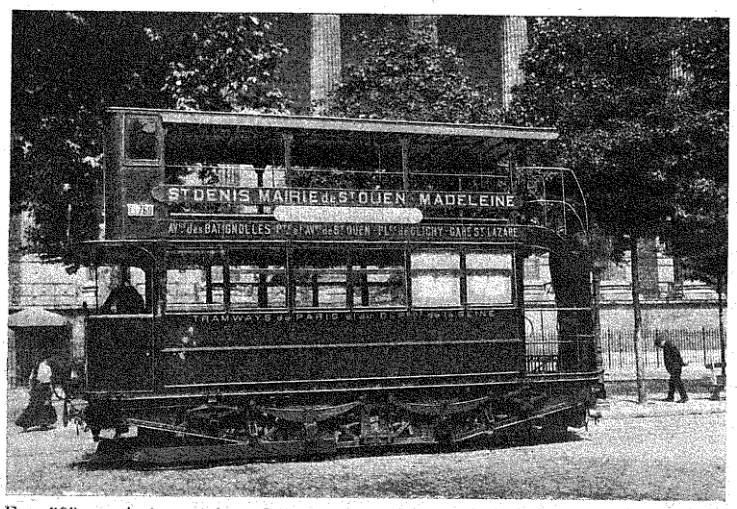


Fig. 585. — Automotrice électrique à accumulateurs « à charge lente » des *Tramways-Nord* (Paris).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

décharge poussée plus loin que dans les accumulateurs à charge rapide.

Les plaques positives employées dans ces accumulateurs sont du type à arêtes de poisson représenté figure 586. Le réempâtage de ces plaques est très facile et permet de prolonger beaucoup leur durée.

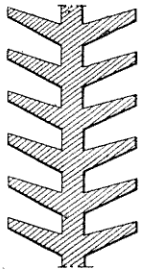


Fig. 586. — Plaque positive de la *Société pour le travail électrique des métaux*.

220. *Véhicules sur routes à accumulateurs.* — Un camion à accumulateurs, de la maison Mildé, a été mis en essai vers 1900 à la Raffinerie Say; actuellement, il n'y a, en France, que les fourgons du service des postes, à Paris, qui soient mus par ce mode de traction. Ces fourgons (*fig.* 587) ont été équipés également par la maison Mildé; ils servent au transport des dépêches entre le bureau central du Louvre et les bureaux principaux des arrondissements.

Ils étaient en juin 1908 au nombre de 16, dont 12 journellement en service, effectuant chacun un parcours d'environ 80 km; leur poids est de 1.900 kg en charge. Les accumulateurs, du système Heinz, sont renfermés dans une caisse isolée logée dans le compartiment du fourgon; ils se composent de 44 bacs d'un poids de 17 kg y compris l'électrolyte. Les plaques positives sont formées de 7 lames et les négatives de 8 lames; les unes et les autres sont du type Faure, à matière active rapportée et à charge lente.

La capacité de la batterie est de 150 amp-h. La charge s'effectue sur un banc de l'atelier (non sur les fourgons mêmes) avec un courant de 120 v, sous intensité constante de 30 amp; elle dure 5 h. La décharge dure environ 3 h, correspondant à un parcours moyen de 40 km; des batteries de rechange permettent de faire repartir les fourgons pour effectuer un second parcours sans attendre le rechargement de chaque batterie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le lavage des batteries s'effectue après un nombre de décharges compris entre 90 et 120; la durée des plaques positives est de trois à quatre mois, celle des négatives dépasse un an. L'électrolyte doit marquer entre 28 et 30° Baumé.

L'équipement électrique a été établi par la maison Mildé.

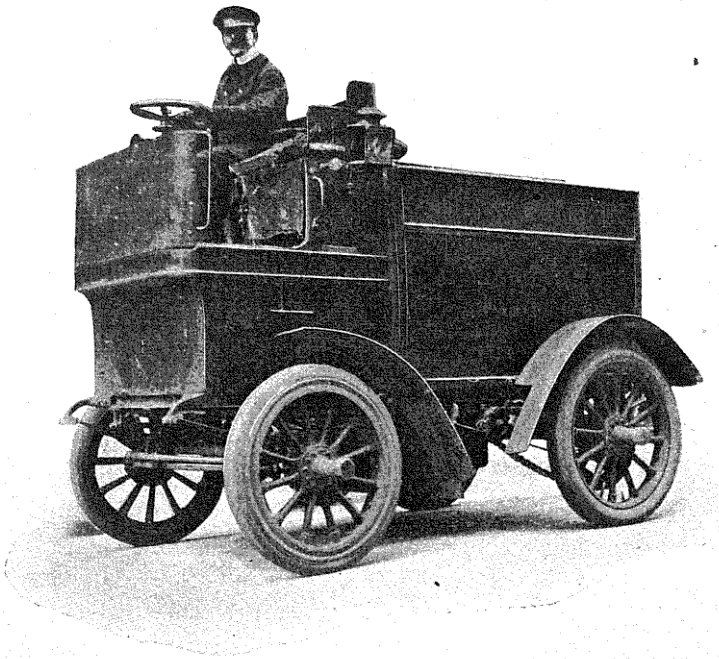


Fig. 587. — Fourgon électrique à accumulateurs du *Service des Postes*, à Paris.

Les moteurs, au nombre de deux, sont à excitation en série; ils attaquent les roues de l'essieu arrière par des chaînes : leur puissance est de 6 chx.

Le contrôleur est du type série-parallèle, avec connexions pour résistances de démarrage comme dans les tramways.

La vitesse normale est de 18 km à l'heure.

Le frein est à tambour et patins intérieurs avec commande au pied.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des autobus à accumulateurs, ou ***électrobus***, sont en service à Londres(1). La batterie, placée sous la caisse, comprend 47 éléments du poids total de 1.600 kg en moyenne. Sa capacité est de 530 amp-h et permet d'effectuer trois ou quatre voyages sans rechargement.

Les moteurs électriques sont au nombre de deux et peuvent être couplés suivant le système série-parallèle au moyen du contrôleur; l'attaque des essieux se fait par des chaînes. Le poids des véhicules en ordre de marche sans voyageurs est de 5.500 kg.

221. La ***traction*** électrique ***par accumulateurs*** est appliquée sur des ***chemins de fer*** d'intérêt général ou d'intérêt local en Italie, en Allemagne, en Belgique, etc., mais elle ne l'est sur aucune ligne de grand réseau ou de tramways vicinaux en France.

Pour les tramways urbains ou suburbains, dans notre pays, cette solution n'est qu'une solution d'attente qui doit céder le pas prochainement à la traction directe par conducteur, soit aérien, soit souterrain, à moins que l'on n'arrive sous peu à trouver un accumulateur léger, résistant, de grande capacité et de peu d'entretien, toutes conditions paraissant bien difficiles à réaliser. Faute de cette solution du problème de la traction électrique, les accumulateurs ne seront plus employés dans un temps rapproché pour la traction (en dehors des usines, où ils pourront rendre encore des services comme batteries-tampons), que sur quelques rares sections de lignes à conducteur, où la pose du fil aérien n'aura pas été autorisée par les municipalités, celle de conducteurs souterrains présentant elle-même des difficultés qui n'en auront pas permis l'emploi.

222. Dans les ***véhicules mixtes***, un moteur à pétrole attaque

(1) Au nombre de 16 au 1er août 1908.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les roues par un embrayage et une transmission de prise directe, tout en actionnant une dynamo électrique dont l'induit lui sert de volant.

Il fournit un travail constant, qui peut n'être utilisé qu'en partie pour produire le mouvement du véhicule, si la résistance de ce dernier à la marche est faible ; le surplus est alors employé à charger une petite batterie d'accumulateurs par le moyen de la dynamo travaillant en génératrice. Lorsque la résistance du véhicule dépasse au contraire la puissance du moteur à pétrole, la dynamo lui vient en aide en empruntant l'énergie nécessaire à son nouveau mode de fonctionnement à la batterie d'accumulateurs. C'est donc l'utilisation automatique de cette dernière et de la dynamo qui sert à proportionner à tout instant, suivant le profil et la vitesse, le couple moteur au couple résistant du véhicule.

Dans l'autobus Girardot système G. E. M., le réglage de l'allure s'obtient en modifiant l'intensité du champ inducteur de la dynamo. La f. é. m. produite par la rotation de l'induit étant proportionnelle à ce champ et à la vitesse de rotation (**61**), pour qu'elle soit égale à celle de la batterie d'accumulateurs, qui lui est opposée, il faut que la dynamo tourne à une vitesse d'autant plus grande que l'excitation sera plus faible. Pour une excitation donnée, le véhicule prend une vitesse déterminée, dont il ne s'écarte qu'assez peu, lors même que l'effort résistant augmente dans une assez grande proportion : la conduite du véhicule devient ainsi très facile.

La batterie d'accumulateurs ne subit que de faibles variations de voltage, et elle peut être entretenue très économiquement ; elle est aussi utilisée pour l'allumage du mélange explosif du moteur à pétrole, pour l'embrayage, qui est électrique, pour la mise en route et l'éclairage du véhicule. Ce mode de propulsion est relativement simple et économique, et il est très souple : il a été employé par la Maison Kriéger dans ses premiers véhicules. La génératrice est établie pour fonctionner à puissance constante et produire une tension

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

¡nversement proportionnelle à l'intensité du courant absorbé par les moteurs. Les pôles inducteurs, rapportés sur une carcasse en acier coulé, sont au nombre de six et comportent chacun trois bobines : deux en fil fin et une en gros fil. Ce système d'enroulement permet, avec l'aide du coupleur, de faire varier l'allure du véhicule par l'excitation du gros fil ou du fil fin. Le freinage et la récupération peuvent être aussi facilement obtenus. L'excitation est séparée pour éviter les désamorçages qui seraient à craindre avec l'excitation shunt seule ; le collecteur enfin comporte six lignes de balais.

Les moteurs, au nombre de deux entraînant chacun une roue avant par engrenages, sont tétrapolaires avec excitation compound (1).

Pour obtenir l'**embrayage électromagnétique** du moteur à pétrole avec la transmission, le volant est bobiné, c'est-à-dire que sa jante est entourée de fil isolé, et l'une des extrémités du fil est en contact avec la masse, tandis que l'autre aboutit à un collecteur circulaire également isolé. La source d'électricité (accumulateurs) est elle-même reliée d'un côté à la masse et de l'autre au collecteur ; une résistance est intercalée dans le circuit, de manière à permettre au conducteur de faire varier à son gré, au moyen de la pédale de débrayage, la quantité d'électricité admise dans le bobinage, et par suite la force d'adhérence du volant contre un plateau solidaire de l'arbre du récepteur.

Le volant fonctionne ainsi comme un aimant, la valeur de l'aimantation dépendant de l'intensité du courant, et on peut faire patiner facilement l'embrayage de manière à obtenir une allure progressive du véhicule avec une vitesse constante du moteur.

(1) *Revue d'électricité*, 23 février 1907.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANNEXES

NOTE I

PRESSIONS ET TEMPÉRATURES DE LA VAPEUR D'EAU SATURÉE

PRESSION EFFECTIVE	TEMPÉRATURE	PRESSION EFFECTIVE	TEMPÉRATURE
Kg	Degrés C.	Kg	Degrés C.
0,5	111	6	164
1	120	7	170
1,5	127	8	175
2	133	9	179
2,5	138	10	183
3	143	11	187
3,5	147	12	191
4	151	15	200
4,5	155	18	209
5	158	20	214

NOTE II

COMPAGNIE GÉNÉRALE DES OMNIBUS (SERVICES TECHNIQUES)

SERVICE DE LA TRACTION MÉCANIQUE (CIRCULAIRE N° 594)

Objet : Matériel roulant. — Entretien courant et réparations de nuit. — Il est indispensable que l'entretien courant du matériel roulant soit exécuté avec le plus grand soin et qu'il soit remédié dans le plus bref délai aux défectuosités de matériel qui sont signalées journellement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les règles actuellement suivies pour le signalement des défectuosités, l'exécution et la vérification des réparations sont, en général, suffisantes. Il importe, toutefois, de veiller de très près à la vérification des réparations. Les règles générales ci-dessous rappelées doivent être appropriées par les chefs de dépôts suivant les particularités de leur exploitation.

Les défectuosités peuvent être constatées par les machinistes, les visiteurs, les brigadiers-machinistes, les agents du personnel supérieur des dépôts.

I. **Signalement des défectuosités.** — Dès leur arrivée au terminus ou au dépôt, les machinistes doivent signaler, aussi exactement que possible, par écrit, en complétant leur signalement par des indications verbales, s'il y a lieu, toutes les défectuosités qu'ils ont pu constater à leur machine, sans s'occuper de la nature de la réparation qu'il y a lieu d'effectuer.

Les brigadiers-machinistes doivent signaler sur le *Livre de visite des terminus* toute défectuosité dont la réparation s'impose à bref délai ; les agents du personnel supérieur agiront, le cas échéant, de la même manière.

A la fin du service, les brigadiers-machinistes doivent signaler toutes les défectuosités constatées dans le courant de la journée sur le *Livre des brigadiers*, en ayant soin de ne pas omettre la date et le numéro de la machine.

Enfin, ils doivent porter, sur leur rapport de chaque jour, les défectuosités sur lesquelles ils désirent attirer l'attention du chef de dépôt.

II. **Exécution des réparations.** — A. *Pendant la durée du service.* — Les visiteurs de service dans les terminus, soit sur la voie publique, soit dans les dépôts, doivent, dans le plus bref délai, faire le nécessaire pour supprimer les défectuosités signalées.

Si la durée d'une réparation à faire est plus longue de quelques minutes que la durée du stationnement, les visiteurs doivent prévenir le chef de service du terminus afin qu'il puisse faire le nécessaire pour retarder le départ de la machine et couvrir la distance en devançant le départ d'une autre, généralement la suivante.

Si la durée de la réparation est beaucoup plus longue que celle du stationnement, les visiteurs doivent en informer le chef de service du terminus, afin qu'il prenne ses dispositions pour arrêter la machine pour un tour et la remplacer par une réserve.

Le visiteurs doivent inscrire sur le *Livre de visite* la date, le numéro de la machine, la nature des réparations, et y apposer leur signature.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur ce même livre, ils doivent prendre note des réparations qui pourraient être différées sans nuire à la marche de la machine dans des conditions de complète sécurité, afin que ces réparations puissent être effectuées ultérieurement.

Les visiteurs doivent effectuer non seulement les réparations signalées, mais encore celles qu'ils reconnaîtraient nécessaires au cours de leurs visites ; ils doivent l'indiquer sur le *Livre de visite*.

B. *A la fin du service.* — Le chef de service qui surveille la rentrée doit inscrire sur le *Livre des visites de nuit* les signalements de défectuosités non encore réparées qu'il relève sur les *Feuilles journalières*, le *Livre de rentrée des machinistes*, le *Livre de visite du terminus* et le *Livre des brigadiers*. Il inscrit également le travail à faire.

Le chef de service doit procéder ensuite au classement des réparations, suivant qu'elles doivent être exécutées par les visiteurs de nuit ou le matin, à la première heure, par des agents spécialisés. S'il est nécessaire, il apprécie celles des réparations qui peuvent être différées jusqu'au lavage de la machine; les défectuosités dont la réparation est ainsi différée doivent être notées sur le *Livre des réparations à prévoir pour les lavages* (arrêt des automotrices pour le lavage des chaudières).

Pour chaque catégorie d'agents (sabotiers, charrons, etc.), le chef de service doit dresser une liste spéciale indiquant la date, le numéro des machines, le travail à faire et, s'il est nécessaire, les défectuosités signalées.

Chaque agent ayant exécuté un travail doit porter, en regard de l'indication de ce travail, dans la colonne réservée à cet effet sur le *Livre de visite de nuit*, la mention « Fait » et sa signature.

Si les agents chargés des réparations viennent à découvrir des défectuosités non signalées, ils doivent en effectuer la réparation et la mentionner sur la *Liste des travaux à faire* qui leur a été remise par le chef de service. Ce dernier notera les dites défectuosités sur le *Livre de visite de nuit*. La constatation de leur réparation sera faite dans la forme précédemment indiquée.

III. **Vérification des réparations.** — Les vérifications des réparations doivent être faites par le chef de service de nuit, s'il y en a un; en cas contraire, par le chef de service qui effectue la sortie des voitures.

Les vérifications doivent être aussi nombreuses que possible. Toute réparation importante doit être vérifiée.

Le chef de service doit émarger dans la colonne spéciale du *Livre de visite de nuit*, en regard de toutes les réparations qu'il aura

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

personnellement vérifiées ; de plus, s'il est chef de service de nuit et qu'il a surveillé l'ensemble des travaux, il signe, au bas de la page du livre, sous la mention « Surveillé, le ... » ; s'il n'a pas surveillé les travaux et qu'il soit chef de service de sortie des voitures, il doit signer au bas de la page sous la mention « Pris connaissance, le ... ». Cette déclaration d'avoir pris connaissance des réparations qui étaient à effectuer doit être faite pour l'obliger à vérifier le plus grand nombre possible de réparations et notamment toutes celles qui sont importantes.

Le chef de service doit noter sur le *Livre de visite de nuit*, et d'une manière très apparente, les réparations qui n'auraient pu être effectuées ; s'il y a lieu, des mesures doivent être prises pour que la réparation soit exécutée pendant la journée en arrêtant la machine pendant un temps plus ou moins long.

Les chefs de dépôt sont invités à organiser le service d'entretien courant et de réparations de nuit conformément aux règles générales qui font l'objet de la présente circulaire.

Les chefs de dépôt principaux sont priés de veiller à l'observation de ces règles et de s'assurer personnellement, par des visites inopinées et matinales, que l'entretien courant est régulièrement assuré.

NOTE III

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER NOGENTAIS

TRACTION ÉLECTRIQUE SYSTÈME THOMSON-HOUSTON (INSTRUCTIONS AUX CONDUCTEURS)

Sortie du dépôt et mise en marche. — Dans le dépôt, les manœuvres doivent toujours se faire très lentement et les arrêts seulement avec le frein à main.

Avant de démarrer, le conducteur s'assure que les freins sont bien desserrés et qu'ils fonctionnent bien, ainsi que les sablières; il ferme l'interrupteur principal et l'interrupteur automatique, met en place les pédales et leviers de sablières, le bouton du timbre, la manette du frein à air et les deux manivelles du contrôleur. Puis il attend

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le signal que le receveur lui donne après avoir mis le trolley sur le fil.

Pour démarrer, il met la petite manivelle sur la marche « avant », c'est-à-dire vers le sens de la marche, puis il tourne la grande, en passant franchement d'un cran à l'autre sans rester entre deux crans.

La grande manivelle doit rester sur le premier cran le temps nécessaire au démarrage, c'est-à-dire dix à douze secondes environ, puis cinq secondes environ sur les deuxième, troisième et quatrième, mais pas moins, afin que la vitesse de la voiture augmente graduellement et sans secousse pour les voyageurs.

Le cinquième cran est le cran de marche de petite vitesse, et le conducteur peut y laisser la petite manivelle autant que cela est nécessaire.

Pour obtenir plus de vitesse, pour gravir une rampe ou remorquer une autre voiture, le conducteur tourne sa grande manivelle sans arrêt entre les crans 5 et 6, puis l'arrête cinq secondes sur les crans 7 et 8 et la laisse au cran 9. Ce cran est celui de marche à grande vitesse.

Pour couper le courant, ramener vivement la grande manivelle à 0.

Le conducteur doit s'attacher à consommer le moins de courant possible; à et ceffet, il doit lancer sa voiture et ramener sa grande manivelle à 0 aussitôt que la vitesse réglementaire est atteinte. Il ne doit jamais se servir du courant dans les descentes, où il doit ramener sa manette de marche au point « mort ».

Sur toute la ligne, le conducteur doit faire agir son timbre avant chaque croisement de voie ou de rue transversale.

Le passage de la voiture dans les courbes se fera lentement, surtout pour les aborder ou les quitter.

Les aiguillages et les croisements de voie doivent être franchis très doucement, à la vitesse d'un homme au pas. Également le passage des aiguilles ou croisements aériens, *ainsi que des isolateurs de sections*, qui se fera avec les plus grandes précautions et *sans courant*, de façon à éviter les étincelles sur ces appareils et à pouvoir arrêter instantanément la voiture si le trolley s'échappe.

Le conducteur devra toujours s'assurer avant de passer que les aiguilles ne baillent pas et sont faites dans le sens convenable.

Il est formellement interdit aux conducteurs de confier leurs manivelles à des personnes non autorisées par la Direction.

Pour stopper, ramener vivement la grande manivelle du contrôleur à 0 et serrer le frein.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En cas d'interruption du courant, ramener vivement la grande manivelle du contrôleur à 0 et serrer le frein. Tourner le bouton des lampes si l'interruption a lieu dans le jour. Après que les lampes auront été allumées, c'est-à-dire lorsque le courant est sur la ligne, démarrer doucement au bout de quinze secondes si le numéro de la voiture est pair et trente secondes si le numéro est impair et ouvrir le circuit des lampes, ainsi que dans les cas d'orage.

La voiture ne démarre pas. — Voir : 1° Si le trolley n'a pas quitté le fil ;

2° Si l'interrupteur automatique n'a pas agi ;

3° Si le plomb fusible est fondu.

Dans ce dernier cas, baisser la perche de trolley ou ouvrir l'interrupteur automatique, enlever les débris du plomb fondu et en remettre un autre en ayant soin de bien serrer les bornes qui le tiennent, remettre la perche. Si le plomb fond une deuxième fois, c'est qu'une avarie est survenue à l'équipement électrique. Prévenir le plus vivement possible le chef conducteur ou les brigadiers ou le dépôt, et ne plus essayer de démarrer. Baisser le trolley et faire pousser la voiture par une autre ;

4° Si la voiture est isolée.

Pour pouvoir démarrer dans ce cas, si le conducteur a de l'eau à sa portée, il mouillera les rails au portage des roues, sinon le receveur prendra le fil de contact placé dans le caisson d'outillage, l'appuiera fortement sur le châssis du truck et sur le rail, mais du côté des roues « Arrière », et le conducteur fera démarrer la voiture en ayant soin de prévenir les voyageurs de ne toucher aucune partie métallique de la voiture.

Le fil de contact peut servir aussi lors d'un déraillement sur un terrain solide ou du pavage. Le conducteur fera avancer sa voiture par ce moyen du côté où la voiture est le plus près du rail.

En arrivant à un terminus, le conducteur serre son frein à fond, enlève ses manivelles, manettes et pédales, et va les replacer du côté du nouveau sens de marche.

Le receveur change le trolley de côté et desserre le frein pendant que le conducteur le serre à l'autre bout de la voiture.

Dans les manœuvres, il est expressément recommandé de ne jamais marcher la perche en « Avant », c'est-à-dire de faire en « Arrière » sans changer la perche de côté.

Au terminus, le conducteur ne devra jamais laisser sa petite ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nivelle sur le contrôleur, au cran de marche ; s'il descend de sa voiture, *il doit la prendre avec lui.*

Freinage. — Le freinage est la partie la plus délicate de la conduite de la voiture, et la manière seule d'employer les freins indique la qualité du conducteur.

Frein à main. — En règle générale, lorsque le conducteur *n'aura pas de voiture de remorque*, il se servira presque exclusivement de son frein à main. Pour sortir du dépôt, ou y rentrer, pour ralentir dans les courbes, sur les pentes ou aux aiguillages, il faut se servir de ce frein.

Pour arrêter la voiture ou en modérer l'allure après avoir ramené la grande manivelle du contrôleur à 0, manœuvrer le frein à main en appuyant le rochet contre la roue dentée avec le pied et en se servant du cliquet pour toujours ramener la poignée dans la position convenable. Il faut toujours manœuvrer le frein progressivement, sans brusquerie, pour éviter le blocage des roues. Au moment de l'arrêt complet, mollir le frein pour éviter une secousse aux voyageurs.

Pour descendre une pente, l'aborder à une vitesse modérée, serrer progressivement le frein comme il est indiqué ci-dessus, mais en n'appliquant le rochet que pour reprendre le frein, sans le laisser en place une fois la vitesse réglée.

En cas de blocage des freins, les roues patinent. Il faut alors lâcher complètement les freins, sabler abondamment pour forcer les roues à tourner, puis reprendre le serrage progressivement. Comme cette manœuvre dans une descente demande beaucoup de sang-froid et qu'un accident est possible à la vitesse atteinte, le conducteur doit comprendre toute la prudence qu'il doit apporter pour conduire sa voiture.

Lorsque le rail est gras, le conducteur doit sabler pour éviter le patinage.

Frein à air. — Pour la manœuvre du frein à air, il faut attendre que le manomètre des réservoirs indique au moins 2 atmosphères de pression.

Pour freiner, amener la manette du frein dans la position « Service » et la faire vivement retourner au point « Mort », laisser agir le frein et, si cela est nécessaire, revenir de nouveau au point « Service » jusqu'à l'arrêt complet. A ce moment, laisser la manette aller au point « Marche ».

Mais il ne faut introduire que la quantité d'air nécessaire dans le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frein pour ne pas être obligé de mettre la manette sur « Desserré » et par conséquent consommer l'air en pure perte. En introduisant l'air graduellement, on obtient un arrêt très doux et sans secousse.

Au moment de remettre en marche, amener la manette au point « Desserré » jusqu'à ce que l'air contenu dans le cylindre du frein soit échappé; à ce moment, la laisser aller au cran « Marche » et démarrer.

Dans les descentes, le frein doit être appliqué progressivement en manœuvrant la manette du point « Mort » au point « Desserré », autant de fois qu'il est nécessaire pour obtenir une vitesse régulière. Mais il ne faut introduire, au début de la descente, qu'une très petite quantité d'air en venant très vivement sur « Service » puis à « Mort ». Les freins étant alors appuyés sans serrer, il devient très facile d'être maître de la voiture et de régler la vitesse de descente en augmentant graduellement la pression au cylindre du frein.

Pour un arrêt subit, mais seulement en cas de danger, amener vivement la manette au point « Brusque », l'y maintenir le temps voulu et sabler abondamment.

Il est bien entendu que cette manœuvre a lieu après avoir ramené la manivelle du contrôleur à 0.

Frein électrique. — En cas de danger absolu, mais dans aucun autre cas, il est possible d'arrêter instantanément la voiture au moyen du contrôleur :

1° En amenant vivement à fond la petite manivelle du contrôleur du côté opposé au sens de la marche, après avoir mis la grande à 0;

2° En amenant la petite manivelle sur la marche « Arrière » et en manœuvrant la grande, mais d'un cran seulement.

Dans ces manœuvres, le sablage contribue pour beaucoup à l'arrêt instantané, et il ne faut jamais oublier de l'employer.

Il est expressément défendu de se servir de ces deux moyens d'arrêt, sauf en cas de nécessité absolue. Le frein électrique fonctionne même lorsque la perche n'est pas en contact avec le fil de ligne.

Remorques. — La conduite d'une voiture en remorquant une autre n'est différente qu'en ce qu'elle exige un surcroît de précautions.

Pour le démarrage, il faut que la grande manivelle du contrôleur reste assez longtemps sur le cran 1, pour que l'attelage soit bien raidi avant de passer au cran 2.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le freinage ordinaire de la voiture de remorque est commandé par la manette du frein à air de la voiture automotrice.

A chaque prise de service, les conducteurs et receveurs devront s'assurer que tous les appareils de la voiture qu'ils prennent sont en bon état et fonctionnent bien, qu'ils ont sur la voiture un levier d'aiguillage, un câble isolé pour le déraillement et des plombs de rechange. Ils devront vérifier si l'éclairage fonctionne bien, ainsi que les sablières.

NOTE IV

RÈGLEMENT DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE DES OMNIBUS DE PARIS

POUR LA CONDUITE DES AUTOMOTRICES A ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

Les prescriptions ci-après doivent être exactement suivies pour la préparation et la conduite des automotrices, de même que pour les mesures à prendre en cas d'avarie (ces automotrices comportent trois types de coupleurs et également trois types de moteurs).

CHAPITRE I

APPRÊTS AU DÉPOT

ARTICLE PREMIER. — *Charge de la batterie.* — La charge des batteries, avant la première course, a lieu, soit la nuit au dépôt (charge lente), soit à la sortie au terminus (charge rapide); dans le premier cas, la charge est encore complétée au terminus, sauf pour les matinales, qui sont entièrement chargées au dépôt.

La charge est faite par des agents spécialement désignés pour ce travail, le machiniste n'ayant qu'à fixer aux bornes de charge de sa plate-forme les câbles que lui passe le brancheur du terminus.

ART. 2. — *Visite de l'appareillage électrique.* — Le machiniste doit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'assurer que tout l'appareillage électrique est en bon état, c'est-à-dire :

1° Que les collecteurs sont propres (ils sont nettoyés au papier de verre par un homme du dépôt);

2° Que les balais portent bien sur les collecteurs (cette visite a déjà dû être faite par un ouvrier);

3° Que l'interrupteur de la plate-forme arrière est en place et peut être retiré facilement;

4° Que l'interrupteur de la plate-forme avant est également en place et peut aussi se manœuvrer facilement;

5° Que les lampes d'éclairage s'allument toutes lorsque les interrupteurs spéciaux d'éclairage sont fermés;

6° Que les plombs fusibles, s'il en existe, sont bien en place et en bon état;

7° Pour le régulateur de marche ou coupleur, que les contacts sont propres et que les parties mâles pénètrent à fond dans les parties femelles dans ceux du système S. A. (c'est-à-dire de la Société alsacienne), et que les balais portent bien sur les segments des cylindres dans les régulateurs F. L. (Fives-Lille) et T. H. (Thomson-Houston).

Recommandation importante : Il ne doit être procédé à la vérification des organes des coupleurs qu'après qu'on s'est assuré que l'interrupteur de la plate-forme avant est ouvert.

Art. 3. — *Graissage.* — Avec de l'huile à mouvement ordinaire, le machiniste doit garnir les graisseurs de l'excentrique, des divers organes de la pompe à air et des boîtes d'essieux. Il répand aussi quelques gouttes d'huile entre les boîtes et leurs glissières ou plaques de garde, en s'attachant à ne pas en répandre sur le sol.

Avec de la graisse jaune, il garnit les graisseurs des paliers des moteurs sur les essieux, et, dans les voitures S. A., les paliers d'induits (ces mêmes paliers dans les voitures F. L. et celles munies de moteurs T. H. sont graissés périodiquement à l'huile par les soins du dépôt); il a soin de presser légèrement la graisse, de manière qu'elle vienne toucher la portée ou fusée à graisser.

Avec de la graisse noire ou de la graisse « adhésive », le machiniste enduit enfin les dents des roues d'engrenages et des pignons.

Art. 4. — *Visite du mécanisme.* — En même temps qu'il fait le graissage, le machiniste doit vérifier le bon état des divers organes mécaniques de sa machine. Il s'assure en particulier que la tuyauterie et les joints des organes du frein à air sont étanches et que les boyaux d'accouplement de l'automotrice et de l'attelage sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien assujettis et en bon état. Il vérifie également l'écartement des sabots de frein, lequel doit satisfaire à deux conditions :

1° Les sabots ne doivent pas frotter contre les roues pendant la marche ;

2° Il doit suffire d'un tour et demi ou deux tours de la manivelle de commande à main du frein pour obtenir le serrage complet.

Si ces conditions n'étaient pas remplies, le machiniste devrait reprendre le réglage en se faisant aider par les visiteurs du dépôt et en se conformant aux instructions affichées.

Le mécanicien s'assure ensuite que le robinet de manœuvre du frein à air se déplace facilement, *que le robinet d'isolement placé sur le réservoir principal se trouve ouvert en grand* (il a pu être fermé à la rentrée), enfin que le robinet d'accouplement arrière est ouvert si l'automotrice remorque une voiture d'attelage, ainsi que le robinet correspondant de cette dernière, ou qu'il est au contraire fermé si l'automotrice n'a pas d'attelage.

ART. 5. — *Sablières.* — Le machiniste doit s'assurer que les sablières avant et arrière sont garnies de sable sec et fin. *Il manœuvre les leviers des sablières avant de quitter le dépôt, pour s'assurer du bon fonctionnement de ces dernières.*

ART. 6. — *Outillage.* — La boîte à outils doit toujours être au complet et en bon état; il en est de même des bidons ou burettes de graissage, ainsi que des plombs fusibles et des lampes électriques de rechange. Le goujon d'attelage peut être placé dans la boîte à outils ou engagé dans la tulipe avant, avec la cheville en place. La voiture doit être munie d'un cric en bon état et des cales de levage prescrites.

Les machinistes sont responsables de leur outillage.

CHAPITRE II

SERVICE SUR LA LIGNE

ART. 7. — *Démarrages.* — Au moment du départ, le machiniste met les manettes en place sur le régulateur, ferme l'interrupteur de la plate-forme avant et attend le signal de départ. A ce signal, qui lui est donné par le conducteur, il donne un coup de timbre avertisseur et desserre les freins de la main droite. Ensuite :

a) S'il s'agit d'un régulateur de marche S. A. il pousse de la main gauche la grande manette du régulateur de la position *Arrêt* à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

position *Avant* 1, puis il porte la main gauche sur la petite manette, qu'il pousse de la position 1 à celle 2, puis, après un léger temps d'arrêt, à celle 3 et, après un temps égal, à la position 4, qui correspond à la marche en série sans résistances.

Si la vitesse est insuffisante, le machiniste pousse la grande manette de la position *Avant* 1 à celle *Avant* 2, ce qui fait revenir automatiquement la petite manette de la position 4 à celle 1; il pousse alors graduellement la petite manette de la position 1 successivement à celles 2, 3, 4, comme il l'a fait précédemment : en dernier lieu, il obtient ainsi la marche en parallèle sans résistances;

b) *S'il s'agit d'un coupleur* F. L., le machiniste pousse de la main gauche la grande manette du régulateur sur la position 1 et de suite après sur la position 2, puis sur celles 3 et 4 après un léger temps d'arrêt chaque fois. Si la vitesse est insuffisante, il pousse rapidement la grande manette à la position 5, puis successivement, avec de légers temps d'arrêt, sur les positions 6 et 7;

c) Il opère de même *s'il s'agit d'un coupleur* T. H., avec cette seule différence que la marche en série comporte ici 5 crans et la marche en parallèle 4, soit 9 crans en tout, les arrêts devant alors s'effectuer sur les crans 5 et 9.

Le démarrage doit être fait avec lenteur (en un temps minimum de dix à quinze secondes), et d'autant plus lentement que le profil est plus dur, c'est-à-dire que la voiture tend à se lancer moins rapidement.

ART. 8.— *Marche.— a*) *S'il s'agit d'un coupleur* S. A., le machiniste doit s'attacher à ne jamais maintenir la petite manette dans les positions 1, 2, 3, mais dans la position 4 seulement;

b) *Avec le coupleur* F. L. la grande manette ne doit être maintenue que dans les positions 4 et 7;

c) Enfin, *avec le coupleur* T. H. le machiniste doit s'attacher à ne laisser la grande manette dans d'autres positions que celles 5 et 9, la main gauche devant être employée à la manœuvre du régulateur et la main droite à celle des freins.

En temps ordinaire, le machiniste doit régler sa marche de façon à conserver sa distance normale avec les autres voitures de la ligne ; dans les fortes pentes, il doit rester toujours maître de sa machine et se tenir prêt à ralentir l'allure au moyen du frein à air ou à main, dès qu'il est nécessaire.

Les courbes prononcées doivent toujours être abordées à faible vitesse et franchies en employant la marche en série. Avant d'aborder une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aiguille prise en pointe, le machiniste doit se rendre exactement compte de la position des lames et ne s'engager sur l'aiguille que si ces lames collent parfaitement. Avec des lames entre-bâillées, les roues pourraient monter sur les lames de l'aiguille : le machiniste doit alors arrêter sa voiture pour permettre au conducteur de nettoyer l'aiguille.

ART. 9. — *Arrêts.* — Lorsqu'un arrêt devient nécessaire, par suite d'un obstacle sur la voie ou si la voiture arrive à un bureau ou à un point d'arrêt où il y a des voyageurs à prendre ou à laisser, le machiniste ramène vivement la grande manette à la position d'arrêt, puis il fait usage des freins. Sous aucun prétexte, on ne doit freiner sans avoir ramené la grande manette à l'arrêt.

Les arrêts ordinaires ou prévus doivent être effectués progressivement et en sablant légèrement si les rails sont gluants ; pour un arrêt rapide, il faut généralement faire usage des sablières pour éviter un glissement des roues qui retarderait l'arrêt complet.

ART. 10. — *Usage du frein à air.* — Il convient de maintenir dans le réservoir principal une pression de 4 à 5 kg.

Dans le cas d'automotrices marchant sans attelage, il est préférable de se servir du frein direct, dont le réglage est plus facile : toutefois, pour éviter l'encrassement des cuirs du distributeur, il faut plusieurs fois par jour faire usage du frein automatique.

Lorsqu'une automotrice remorque une ou plusieurs voitures, le machiniste doit employer le freinage à l'automatique, qui seul agit sur les voitures remorquées. Pour les freinages modérés et prévus, il suffit d'établir en temps voulu une dépression de 1 à 2 kg, dans les cylindres à freins ; pour les arrêts imprévus et urgents, on pousse la poignée du robinet de frein à la position extrême droite, et on fait usage des sablières, quitte à opérer le desserrage avant l'arrêt complet pour éviter les secousses, si le danger a disparu.

Pour opérer le desserrage des sabots, on ramène la poignée de manœuvre à la position extrême gauche jusqu'à ce que le sifflement produit par l'échappement de l'air ait à peu près cessé ; il faut ensuite ramener la poignée dans la position de marche voisine, afin que le frein puisse être actionné de l'arrière par le conducteur.

Dans le cas où, par suite d'une raison quelconque, le machiniste ne peut utiliser le frein à air, il règle sa marche à une allure plus ou moins ralentie, de manière à pouvoir toujours arrêter à temps en se servant du frein à main.

ART. 11. — *Marche en arrière.* — Pour effectuer la marche en arrière, le machiniste doit :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a) *S'il s'agit d'un coupleur* S. A., amener la grande manette de la position *Arrêt* à la position *Arrière* et agir ensuite sur la petite manette comme pour la marche avant ;

b-c) *S'il s'agit d'un régulateur* F. L. ou T. H., placer la petite manette dans la position arrière et agir sur la grande manette comme précédemment.

Le machiniste doit user de prudence dans la marche arrière, principalement dans l'accrochage de deux voitures, en n'employant que le fonctionnement en série et en se tenant prêt à couper le courant et à freiner au premier signal du conducteur.

ART. 12. — *Avaries en cours de route*. — Les avaries en cours de route peuvent intéresser :

1° La batterie d'accumulateurs ;

2° L'équipement électrique;

3° La partie mécanique de l'automotrice.

1° *Avaries de batteries*. — Les avaries de batterie peuvent consister dans la rupture d'une connexion ou d'un bac, et dans un commencement d'incendie.

Une connexion rompue ou fondue immobilise l'automotrice, la totalité des lampes ne peut être alors allumée, ce qui est une première indication pour le mécanicien. Une rupture de bac amenant l'écoulement du liquide a pour conséquence de produire un échauffement local, qu'on supprime en isolant le bac.

Les incendies se déclarent dans les coffres des accumulateurs par suite d'un court-circuit amené généralement par les épanchements d'acide. Lorsqu'un pareil incendie se déclare (ou dans l'équipement électrique), on ne doit pas l'éteindre avec de l'eau, mais avec du sable (celui des sablières) ou des chiffons secs (on évitera de toucher avec les mains les pièces électrisées); de plus, le machiniste devra ouvrir les interrupteurs AV et AR, et, si l'incendie continue, *couper quelques connexions en plusieurs points de la batterie*.

Une insuffisance de charge pour des causes diverses peut entraîner à un certain moment le ralentissement de l'automotrice ou du train : en même temps l'intensité lumineuse des lampes baisse graduellement. Lorsque les lampes brillent simultanément d'un éclat normal, le ralentissement ne peut donc être attribué à cette cause, et il provient généralement alors d'une avarie dans l'équipement électrique.

Lorsque la batterie émet des odeurs de nature à incommoder les voyageurs, le conducteur doit en faire part au machiniste, qui en informe le chef de service dès son retour au terminus de charge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Avaries de l'équipement électrique.* — Les *avaries de l'équipement électrique* peuvent intéresser les moteurs, le câblage, le rhéostat, le régulateur, les interrupteurs et les coupe-circuits.

Si, en cours de route, l'automotrice ne démarre pas lorsque le machiniste manœuvre à la façon habituelle les manettes du régulateur, c'est qu'un fusible a fondu ou qu'un moteur est avarié. Il convient d'abord de s'assurer de l'état des fusibles, et, si l'un d'eux a fondu, de le remplacer; si l'automotrice ne démarre pas encore, le machiniste s'assure, s'il peut soulever les trappes des moteurs, que les balais portent bien sur les collecteurs et que les câbles ne sont pas avariés. Cette constatation faite, si le démarrage ne se produit pas, il faut essayer de marcher avec un seul moteur, les manœuvres à faire étant les suivantes, suivant le type du coupleur :

a) *Cas d'un coupleur* S. A. — Le machiniste ouvre le régulateur et met en place la fiche d'isolement du moteur 1, puis il essaie de marcher en amenant la grande manette à la position *Avant* 2 et la petite successivement sur les positions 1, 2 et 3; si le démarrage ne se produit pas, il ramène la grande manette à l'arrêt, enlève la fiche d'isolement du moteur 1 et met en place celle du moteur 2, puis il recommence la manœuvre ci-dessus en amenant la grande manette à la position *Avant* 2. Si le démarrage ne se produit pas encore, c'est que les deux moteurs (ou la batterie) sont avariés, et le machiniste devra attendre l'automotrice suivante, qui poussera la sienne après qu'il les aura attelées et qu'il aura aussi accouplé les boyaux de frein.

b) *Cas d'un régulateur* F. L. — Le machiniste amène la grande manette à la position d'arrêt et l'indication I AV de la petite manette en regard de l'index, puis il essaie de faire avancer l'automotrice en agissant sur la grande manette. Si le démarrage ne s'effectue pas, le machiniste doit ramener la grande manette à l'arrêt et l'indication II AV de la petite manette en regard de l'index, et essayer de faire avancer l'automotrice dans cette nouvelle position en agissant comme ci-dessus sur la grande manette. Si le démarrage ne se produit pas encore, c'est que les deux moteurs (ou la batterie d'accumulateurs) sont avariés, et il faut faire garer l'automotrice ou la faire pousser par la suivante.

c) *Cas d'un régulateur* T. H. — Le machiniste amène la grande manette à la position d'arrêt, ouvre le régulateur et isole l'un des moteurs au moyen d'un interrupteur spécial placé à la partie inférieure du régulateur, puis il essaie de faire avancer l'automotrice en agissant sur la grande manette. Si le démarrage ne s'effectue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas, il faut ramener la grande manette à l'arrêt, remettre en circuit le moteur qui avait été isolé, isoler l'autre moteur au moyen du second interrupteur spécial et essayer de faire avancer l'automotrice en agissant sur la grande manette. Si le démarrage ne se produit pas encore, les deux moteurs (ou la batterie) sont avariés.

Si, pour une cause quelconque, en cours de route, l'interrupteur de plate-forme avant vient à s'ouvrir (interrupteur automatique sur les automotrices S. A., ou interrupteur à fusible sur les voitures F. L.), le machiniste doit ramener la grande manette du régulateur à la position *Arrêt*, fermer l'interrupteur et manœuvrer le régulateur pour la marche. Si l'interrupteur s'ouvre de nouveau, le machiniste doit essayer de marcher avec un seul moteur; l'interrupteur peut encore s'ouvrir : dans ce cas, l'automotrice se trouvera en panne, et il faudra la faire pousser.

Les avaries de câblage et de rhéostat sont généralement irréparables par le machiniste; l'outillage de la voiture est généralement suffisant, au contraire, pour permettre d'effectuer les réparations légères que peuvent nécessiter le régulateur, les interrupteurs et les coupe-circuits.

3° *Avaries à la partie mécanique.* — Ces avaries sont de diverses sortes. Lorsqu'elles sont peu importantes, l'outillage du machiniste est suffisant pour lui permettre de les réparer lui-même; lorsqu'elles sont plus importantes, il convient de faire son possible pour mettre la voiture en état d'être poussée ou remorquée, et faire prévenir le dépôt ou le brigadier-machiniste par le téléphone de la ligne ou de l'Etat, en donnant des explications aussi précises que possible sur la nature de l'avarie.

Art. 13. — *Service au terminus.* — Le machiniste doit amener sa voiture auprès du poste de chargement qui lui est indiqué, puis serrer les écrous des bornes de charge sur les extrémités du câble qui lui est passé par le brancheur et éteindre aussitôt les lumières si elles se trouvaient allumées.

Art. 14. — *Précautions à prendre au terminus.* — Au terminus, les machinistes en service doivent immobiliser leur voiture en serrant fortement le frein à main, enlevant les manettes du régulateur et ouvrant l'interrupteur de la plate-forme avant. Ils restent encore, ces précautions prises, responsables de leur automotrice, et ne doivent pas s'en éloigner sans en demander l'autorisation au chef de service, qui désigne un manœuvre pour les remplacer dans la surveillance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III

RENTRÉE AU DÉPOT

ART. 15. — *Remisage et rentrée au dépôt.* — A la rentrée au dépôt, le machiniste doit placer sa machine à l'endroit qui lui est désigné, puis prendre les précautions indiquées à l'article 14. Avant de quitter le dépôt, il rend compte verbalement au chef de service de toutes les défectuosités de fonctionnement qu'il a constatées, en les inscrivant aussi sur la feuille de l'automotrice ou sur le livre de réparations du dépôt.

ART. 16. — *Entretien et propreté de la machine.* — Le machiniste doit entretenir sa machine en parfait état de propreté, la plate-forme doit être balayée, les divers appareils essuyés, et les parties polies bien entretenues.

ART. 17. — *Observations générales.* — *a*) Le présent règlement est spécialement d'ordre technique.

b) Les machinistes restent, en outre, soumis à tous les règlements généraux tant de la Compagnie générale des Omnibus que du service du contrôle, et en particulier à l'ordonnance générale de police du 10 juillet 1900.

NOTE V

PRÉCAUTIONS A PRENDRE DANS LA MANIPULATION DES ACCUMULATEURS

Dans la **manipulation des accumulateurs**, ou seulement dans la visite et l'examen des bacs, de la charge, etc., on peut avoir les vêtements tachés par des projections d'acide. Les parties tachées sont facilement reconnaissables, car elles présentent une couleur rouge minium un peu foncé. Si on a soin de frotter sans retard l'étoffe avec de l'ammoniaque, l'action de l'acide se trouve neutralisée, les taches disparaissent. et on n'a pas à craindre que le vêtement soit troué. L'eau acidulée attaque aussi le cuir des chaussures,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et il est préférable, lorsque l'on a à circuler autour des bancs de charge, de mettre des socques ou des galoches.

En cas de brûlure avec de l'acide, il faut laver abondamment la partie brûlée avec de l'eau et y étendre ensuite de l'huile, en renouvelant cette dernière deux ou trois fois dans les premiers instants de la brûlure.

NOTE VI

COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

TRAINS « THOMSON DOUBLE ». — CONDUITE. — AVARIES

A. Le mode de conduite des trains « Thomson double » est le suivant (1) :

a) **Manœuvre du contrôleur.** — Amener la manivelle successivement et franchement sur chaque cran en y marquant l'arrêt et en ne passant d'un cran à l'autre que lorsque la vitesse a cessé de croître, ceci en particulier pour passer du dernier cran de série au premier cran de parallèle. La cadence à employer varie suivant qu'il s'agit de trains à une ou deux motrices. Pour ramener la manivelle au zéro, opérer rapidement et sans arrêt, mais en évitant toute brutalité.

Remarques. — 1° La main droite du conducteur ne doit jamais quitter la poignée de la manivelle tant que celle-ci n'est pas ramenée au zéro ;

2° Le conducteur ne doit jamais toucher aux appareils du tableau avant de ramener la manivelle au zéro (exception seulement pour le cas spécial de contrôleur coincé) ;

3° En cas de disjonction : fusion de plomb, avarie d'appareil ou interruption de courant, ramener la manivelle au zéro ;

4° Les trains à deux motrices doivent être munis d'une seule manette de changement de marche.

b) **Marche dans les boucles et courbes.** — Maintenir la vitesse

(1) Circulaire S. T. 5 de la Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réglementaire en admettant du courant de temps à autre sur les moteurs, sans dépasser les premiers crans du contrôleur et sans trop échauffer les résistances.

c) **Arrêt d'urgence.** — Emploi de la marche AR pour les trains a une seule motrice. — 1° Ramener la manivelle à zéro ;

2° Serrer à fond le frein à air et sabler ;

3° Placer la manette à la marche AR ;

4° Mettre la manivelle sur un des premiers crans de série, y rester jusqu'à ce que l'arrêt soit obtenu et la ramener au zéro ;

5° Si le disjoncteur saute avant que l'arrêt soit obtenu, ne pas le réenclencher, mais placer immédiatement la manivelle au premier cran de parallèle ; la maintenir à cette position jusqu'à ce que l'arrêt soit obtenu et la ramener ensuite au zéro ;

6° Une fois le train complètement arrêté, et à ce moment seulement, remettre la manette à la position primitive.

Emploi du frein électrique pour les trains a deux motrices. — Les arrêts d'urgence des trains à deux motrices s'obtiennent en effectuant 1, 2 et 3 ci-dessus, c'est-à-dire en faisant frein électrique.

B. ***Opérations de prise de service.*** — 1° S'assurer que le disjoncteur et l'interrupteur général sont ouverts ;

2° Faire l'essai du contrôleur en le tournant de zéro à fond de parallèle dans chaque sens de marche. On vérifiera aussi que les doigts sont bien réglés, qu'aucun moteur n'est isolé et que la troisième manette est en place ;

3° Placer le commutateur à deux moteurs (plots supérieurs) ;

4° Fermer le disjoncteur puis l'interrupteur général ;

5° Faire l'essai de l'inverseur dans chaque sens de marche (on vérifie ainsi les fusibles de traction et d'inverseur).

Trains à deux motrices. — Faire successivement dans chaque motrice les opérations ci-dessus. Puis :

6° Faire l'essai d'ensemble des inverseurs avec l'aide du chef de train ;

7° Vérifier les coupleurs ;

8° Dans la deuxième motrice, ouvrir le disjoncteur et l'interrupteur général, s'assurer que le contrôleur est à zéro (grand et petit cylindres).

C. ***Opérations de fin de service.*** — Ouvrir le disjoncteur, puis l'interrupteur général ; enlever la manette.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D. ***Avaries.*** — I. **Avarie de contrôleur.** — Remarque. — Avant d'ouvrir le contrôleur, ouvrir l'interrupteur général.

a) Manivelle. — 1° *Ressort de cliquet cassé.* — Manœuvrer le cliquet avec un doigt de la main gauche et continuer avec voyageurs.

2° *Cliquet cassé.* — Le cliquet ne répond plus à l'effet du poussoir.

Pour les trains à une motrice, partir haut le pied, en plaçant les crans avec précaution.

Pour les trains à deux motrices, remplacer la manivelle de la loge AV par celle de la loge AR.

b) Doigt faussé ou brulé. — L'écarter ou l'enlever et continuer avec voyageurs.

c) Contrôleur coincé. — 1° Arrêter en station en faisant sauter le disjoncteur. Si l'arc persiste, ouvrir l'interrupteur en prenant les précautions indiquées dans la circulaire S. T. 1. — Procéder de même en cas d'arcs persistants au contrôleur ;

2° Ouvrir le contrôleur, vérifier la manivelle, les doigts et le pare-étincelles ;

3° En cas de non-réussite :

Pour les trains à une motrice, demander le secours en évitant de refermer les appareils du tableau ;

Pour les trains à deux motrices, isoler complètement la motrice de tête comme en cas de court-circuit, en ayant soin d'enlever les deux coupleurs, et partir H. L. P. de la deuxième loge. Toutefois, si le contrôleur est coincé au zéro, mettre sa manette à la position neutre, laisser les coupleurs et partir H. L. P. à quatre moteurs en conduisant de la loge AR.

II. **Tirage dans la marche du train.** — *a*) Vérifier les freins à air et à main.

Pour les trains à deux moteurs :

b) Vérifier la position des deux commutateurs ;

c) S'assurer qu'aucun plomb de moteur n'est fondu.

III. **Le démarrage ne peut être obtenu.** — 1° Vérifier les freins ;

2° Essayer le démarrage jusqu'au quatrième cran ;

3° Rechercher si les plombs fusibles de frotteur ne sont pas fondus ; dans ce cas, le compresseur ne fonctionne pas, même en plaçant son interrupteur à la position « direct ». De plus, chaque voiture du train est éteinte complètement (trains à une motrice) ou bien a une série éteinte (trains à deux motrices) ;

4° Rechercher s'il n'y a pas interruption de courant ;

5° Vérifier la position du ou des inverseurs ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6° Vérifier les plombs de moteurs (refermer ensuite la boîte et remettre la courroie);

7° S'assurer que le disjoncteur est bien enclenché ;

8° Actionner le ou les inverseurs (on vérifie ainsi le fusible de traction) ;

9° S'assurer que le ou les commutateurs sont en bonne position ;

10° Ouvrir le contrôleur et vérifier le portage des doigts ;

11° Dans le cas de trains à deux motrices, vérifier le coupleur de traction et s'assurer que le petit cylindre AB est au zéro ;

12° En cas de non-réussite :

Trains à une motrice. — Essayer le démarrage en isolant successivement chaque moteur. Partir H. L. P. avec le moteur reconnu bon.

Trains à deux moteurs. — Essayer le démarrage en mettant le commutateur AV à deux moteurs.

IV. **Démarrage anormal.** — Faire avertir le chef de secteur, rechercher s'il s'agit d'une avarie de moteurs ou d'une avarie de résistances. Dans ce dernier cas, ne partir H. L. P. que si le démarrage est trop rapide et risque d'amener des réclamations de voyageurs.

Si un arc se produit aux résistances sur un certain cran du contrôleur, avoir soin de franchir ce cran rapidement.

V. **Il est impossible de marcher en parallèle.** — Refaire l'essai à blanc du contrôleur pour vérifier la position des trois manettes. En cas de moteur ou groupe isolé, avertir le chef de secteur.

VI. **Disjonctions.** — *Trains à une motrice.* — A la première disjonction, continuer la marche normale en faisant avertir le chef de secteur. A la deuxième, visiter les moteurs en commençant par le moteur 1 en cas de disjonction en série, et par le moteur 2 en cas de disjonction en parallèle. Si aucune avarie n'est découverte, continuer en employant seulement la marche série si les disjonctions se produisent en parallèle. A la troisième disjonction, partir H. L. P. Dans la marche H. L. P., si les disjonctions continuent, faire l'essai moteur par moteur et isoler le moteur avarié.

Remarques. — 1° La manette supérieure du contrôleur correspond au moteur 1 (le plus loin de la loge), la manette inférieure au moteur 2.

Avant d'isoler un moteur, ouvrir l'interrupteur général.

Pour isoler un moteur, tourner la manette correspondante à fond vers la droite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour remettre un moteur en circuit, tourner la manette vers la gauche et rabattre la manette d'enclenchement.

2° Après une disjonction, ramener la manivelle à zéro. Ouvrir l'interrupteur général. Réenclencher le disjoncteur, puis refermer l'interrupteur général en évitant de regarder le disjoncteur.

3° En cas de difficulté pour le réenclenchement, écarter avec les deux mains les deux plots de rupture et faire réenclencher par le chef de train.

Trains à deux motrices. — Tout ce qui précède s'applique aux trains à deux motrices en remplaçant le mot *moteur* par le mot *groupe* (le groupe 1 comprend l'ensemble des deux moteurs de la motrice AV). Lorsqu'un moteur est reconnu avarié après la visite ou les essais, isoler complètement la motrice correspondante et partir H. L. P. à deux moteurs avec l'autre motrice.

VII. **Plombs fusibles fondus.** — 1° Plombs de frotteurs (gauche). — *a*) Fusion d'un seul plomb G (se reconnaît aux arcs produits) : continuer avec voyageurs en ayant soin de ramener à zéro en passant sur les aiguilles et interruptions.

b) Fusion des deux plombs G : trains à une motrice, demander le secours; trains à deux motrices, changer de loge et partir H. L. P.

2° Plombs de traction. — Plombs de moteur. — Remplacer une fois et une seule tout plomb fondu en ayant soin d'ouvrir d'abord l'interrupteur général.

En cas d'une deuxième fusion d'un *même* plomb, partir H. L. P. de la première station rencontrée.

VIII. **Avaries d'inverseur.** — *a*) Mise a cheval. — Ouvrir le disjoncteur, enlever le plomb d'inverseur (dans la loge AV) et mettre celui-ci en bonne position à la main. Pour cela, presser le verrou en appuyant sur le plongeur avant de dégager le balancier.

La mise à cheval d'un inverseur peut échauffer une bobine, la fumée abondante et l'odeur spéciale produite indiqueront de suite au conducteur la nature de l'avarie.

b) Non-fonctionnement. — 1° Vérifier la position de l'interrupteur de terre ;

2° Changer le plomb fusible d'inverseur (de la loge AV) ;

3° Vérifier les contacts du petit cylindre du contrôleur et de l'inverseur.

c) Mouvement de va-et-vient de l'inverseur. — Enlever le fusible de la loge AV. Assurer l'inverseur à la main en bonne position.

IX. **Coupleur de traction tombé** (trains à deux motrices). — Le remettre en place. Si le coupleur est brûlé et hors d'usage, partir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

H. L. P. en mettant le commutateur AV à deux moteurs et le commutateur AR à zéro.

X. **Court-circuit à un appareil électrique** (frotteur, contrôleur, inverseur, moteur, etc). — Isoler complètement la motrice :

1° En ouvrant tous les interrupteurs (mettre le commutateur à la position neutre);

2° En relevant les quatre frotteurs (suivant les instructions de l'article 34 du Règlement général et les Circulaires S. G. résumées ci-après) :

Trains à une motrice. — Demander le secours.

Trains à deux motrices. — Partir H. L. P. avec l'autre motrice en mettant son commutateur à « deux moteurs ».

Remarque. — Une avarie d'un appareil quelconque d'une des deux motrices (en particulier d'un moteur) peut entrainer dans la loge de tête une disjonction et un arc au contrôleur. On voit, par suite, la nécessité, en cas de disjonction ou d'arc au contrôleur, de vérifier les appareils des *deux* motrices.

XI. **Patinage en rampe.** — 1° Sabler;

2° Dès qu'il y a patinage à un certain cran du contrôleur, ramener à zéro et ramener *immédiatement* au cran précédent;

3° Faire les vérifications relatives au tirage (§ 2);

4° Demander le secours.

Remarques. — 1° S'il s'agit d'un train à deux motrices dont les moteurs d'une seule motrice sont effectifs, conduire en se plaçant dans la loge de la motrice active, dont le commutateur doit être mis à « deux moteurs ».

2° En cas de patinage d'un train à deux motrices et si deux conducteurs sont présents, conduire séparément de chaque loge en mettant les commutateurs à deux moteurs et enlevant le coupleur.

Remarques. — Les contrôleurs sont plombés et ne doivent être ouverts par les conducteurs qu'en cas d'avarie.

Toutes les défectuosités des appareils constatées à la prise du service ou en cours de route (tirage, disjonctions, fusions de plomb, etc.) doivent être immédiatement signalées au livre de réparations et portées à la connaissance du chef du secteur et du visiteur.

Dans le cas où, en cours de route, l'une des automotrices d'un train comprenant au moins deux automotrices à « équipement double » ou « multiple » deviendrait, par suite d'une cause quelconque, inutilisable pour la traction, le service des voyageurs devra être suspendu pour ce train si l'avarie survenue à la motrice inutilisable peut entraîner des risques de panique ou d'incendie, ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne permet plus la conduite de la loge placée à l'avant du train, ou enfin si l'adhérence de la ou des motrices restant utilisables n'est pas suffisante pour assurer la traction du train en service (1).

Les mesures de sécurité prescrites par le Règlement général et par les Circulaires S. G. restent obligatoires lorsque l'avarie est de nature à entraîner des risques de panique ou d'incendie.

Lorsque le conducteur aura la certitude que l'avarie n'est pas de cette nature, le chef du train accidenté pourra conserver les voyageurs en se conformant aux indications de l'annexe à la Circulaire S. T. 8.

NOTE VII

COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

MATÉRIEL « SPRAGUE MULTIPLE »

A. ***Mode de conduite.*** — 1° **Manœuvre du manipulateur.** — Pour démarrer, placer la manette à la position manœuvre, puis série, enfin, si le profil de la ligne le permet, à la position parallèle.

Pour couper, ramener la manette à la position « simple zéro ».

2° **Marche dans les boucles et courbes.** — Pour ne pas dépasser la vitesse réglementaire, employer la touche manœuvre, de façon à éviter de couper et reprendre, ce qui produit des secousses.

Toutefois, si le démarrage est trop lent sur la touche « manœuvre », mettre en « série », puis revenir à la position « manœuvre » quand le train a pris sa vitesse.

3° **Arrêts d'urgence.** — *a*) Lâcher la manette ;

b) Serrer les freins et sabler ;

c) Amener la manette dans la position « série AR » ;

d) Une fois l'arrêt obtenu, ramener la manette au 00.

B. ***Opérations de prise de service.*** — 1° **Préparer les essais à blanc.** — Pour cela, dans chaque automotrice :

(1) *Circulaire S. T.* 8.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a) S'assurer que le fusible de traction est en place et que les disjoncteurs sont enclenchés;

b) Ouvrir le cinq-points train et l'interrupteur de traction ;

c) Fermer l'interrupteur de commande, celui du servo-moteur et le cinq-points voiture.

2° **Essai à blanc.** — Faire successivement l'essai à blanc de chaque motrice en plaçant la manette à fond, dans chaque sens de marche, et en vérifiant le fonctionnement de l'inverseur, du contrôleur et des rupteurs.

3° **Essai à blanc d'ensemble.** — *a*) Fermer les cinq-points train de chaque motrice ;

b) Actionner le manipulateur de tête en envoyant le chef de train vérifier le fonctionnement de la motrice AR.

Si l'essai ne réussit pas, vérifier les coupleurs ;

c) Passer dans les motrices, fermer les interrupteurs de traction et s'assurer que les appareils sont bien fermés.

C. ***Opérations de fin de service.*** — Ouvrir dans chaque motrice les interrupteurs de traction et de commande ainsi que les deux cinq-points.

D. ***Avaries.*** — 1° **Tirage dans la marche du train.** — *a*) Vérifier les freins à air et à main ;

b) S'assurer que les deux motrices sont actives, en vérifiant directement le fonctionnement de la motrice de tête et en vérifiant celui de la deuxième motrice au moyen de la ligne de train, après avoir ouvert le cinq-points voiture de tête.

2° **Non-fonctionnement d'une motrice déterminée.** — *a*) Vérifier l'enclenchement de chacun des deux disjoncteurs;

b) Vérifier la fermeture des interrupteurs de traction, de commande et de servo-moteur, ainsi que des deux cinq-points :

c) S'assurer que le contrôleur n'est pas coincé ;

d) Vérifier les plombs de frotteurs (série frotteur et interrupteur de compresseur mis au direct) ;

e) S'il s'agit de la motrice AR, vérifier le coupleur de traction ;

f) Si ces opérations ne donnent pas de résultat, faire un essai à blanc après avoir ouvert l'interrupteur de traction et le cinq-points train.

Si cet essai ne réussit pas, changer le plomb de commande et les quatre plombs secondaires.

Si, après cette opération, un nouvel essai ne réussit pas, conti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nuer la marche avec une seule motrice active dans les conditions prévues par la Circulaire S. T. 8.

3° **Contrôleur coincé.** — *a*) Ouvrir les interrupteurs de traction et de commande ;

b) Ouvrir le contrôleur et le pare-étincelles :

α) Si un doigt est faussé, essayer de le redresser ;

β) S'assurer du bon contact des deux derniers doigts à droite. Si le contrôleur a légèrement dépassé le zéro, l'y ramener en tournant à la main le servo-moteur dans le sens convenable ;

c) Si aucune de ces avaries n'est constatée :

α) Refermer avec soin le pare-étincelles et le contrôleur ;

β) Ouvrir les cinq-points train ;

γ) Fermer l'interrupteur de commande en laissant ouvert celui de traction ;

δ) Si le contrôleur est coincé au zéro, mettre la manette à la touche manœuvre AV, et, tout en la maintenant, chercher à faire tourner le volant du servo-moteur de droite à gauche.

Si le contrôleur est coincé à une position de marche, s'abstenir de manœuvrer le manipulateur et tourner le volant du servo-moteur de gauche à droite. Si le contrôleur tourne, fermer le cinq-points train, l'interrupteur de traction et continuer la marche avec deux motrices ;

d) Si le contrôleur ne tourne pas après ces différents essais ou si plusieurs coincements amenaient cinq minutes de retard, continuer la marche avec une seule motrice active.

4° **Disjonctions.** — Un régulateur disjoncteur met la motrice hors circuit lorsque ses deux plateaux restent soulevés au-dessus de leurs contacts. Avant de manipuler un disjoncteur, ouvrir l'interrupteur de commande et le cinq-points voiture.

A la première disjonction, réenclencher le disjoncteur et continuer la marche en demandant le chef de secteur au passage.

A la troisième, ouvrir le cinq-points voiture et l'interrupteur de traction de la motrice disjonctée et continuer la marche avec une seule motrice active.

5° **Fusion d'un plomb de traction.** — Ouvrir l'interrupteur de traction et le cinq-points voiture de la motrice où s'est produite la fusion de plomb et continuer la marche avec une seule motrice active.

Si celui de l'autre motrice vient à fondre ou s'ils ont fondu simultanément, demander le secours.

6° **Avarie à un appareil électrique d'une motrice, n'ayant donné**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lieu ni à un court-circuit ni à un commencement d'incendie. — Ouvrir l'interrupteur de traction et le cinq-points voiture et continuer la marche avec l'autre motrice seule active dans les conditions prévues par la circulaire S. T. 8.

7° **Court-circuit à un appareil d'une motrice, commencement d'incendie, etc.** — Isoler complètement la motrice comme suit :

a) Ouvrir l'interrupteur de commande et les deux cinq-points;

b) Relever les quatre frotteurs ;

c) Enlever les coupleurs de traction et de lumière AV et AR de cette voiture;

d) Partir H. L. P. (voir article 34 du Règlement général).

8° **Plombs de frotteurs fondus (côté gauche).** — *a*) Un seul plomb est fondu :

Continuer avec voyageurs en ramenant la manette à zéro lorsque la motrice dont le plomb est fondu passe sur une interruption ;

b) Les deux plombs sont fondus (sans court-circuit apparent dans l'équipement):

Mettre la motrice hors circuit (voir § 6) et continuer la marche avec une seule motrice active.

S'il s'agit de la motrice de tête, changer de loge et partir H. L. P.

9° **Non-démarrage en palier.** — *a*) Vérifier les freins ;

b) Vérifier les plombs de frotteurs de la motrice de tête (par le compresseur mis à la position « direct ») ;

c) Vérifier la position de l'interrupteur de commande. Changer le plomb de commande;

d) Si le démarrage n'est pas obtenu, changer de loge et partir H. L. P ;

e) En cas d'insuccès, ouvrir les deux cinq-points train, faire l'essai à blanc de chaque motrice, changer les plombs secondaires s'il y a lieu, et partir avec une seule motrice active.

10° **Non-démarrage en rampe.** — *a*) Faire sabler par le chef de train un seul rail, employer la sablière;

b) Si le démarrage ne réussit pas, faire les vérifications prescrites au paragraphe 9 et essayer à blanc chaque motrice;

c) En cas d'insuccès, demander immédiatement le secours.

11° **Avarie de commande empêchant l'arrêt en station.** — Si l'arrêt ne s'obtient pas au 0, l'essayer au 00 ; s'il n'est pas davantage obtenu, ouvrir l'interrupteur de commande.

Si le relais du milieu (Q) est resté coincé, le faire tomber d'un coup de palette.

Si l'arc persiste aux rupteurs, ouvrir l'interrupteur de traction en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ayant soin de se protéger la vue (Circ. S. T. I.), puis serrer les freins et maintenir le serrage, passer dans la deuxième motrice, ouvrir l'interrupteur de commande, puis celui de traction, ensuite les deux cinq-points train, essayer à blanc chaque motrice et partir H. L. P. avec la motrice reconnue bonne.

12° **Fusions répétées du plomb de commande.** — Après un premier remplacement, et une nouvelle fusion de ce plomb :

a) Ouvrir le manipulateur.

Lorsqu'un des ressorts de rappel est tombé en faisant court-circuit, l'enlever et continuer la marche avec voyageurs et les deux motrices actives (le ressort ne servant qu'à ramener automatiquement le manipulateur au 0) ;

b) Si ce cas ne s'est pas produit, ouvrir le cinq-points train et continuer la marche avec la motrice de tête seule active ;

c) Si, dans ces conditions, une nouvelle fusion se produit, partir avec la deuxième motrice seule active après avoir ouvert le cinq-points train de cette motrice et mis la première hors circuit.

Remarques importantes. — 1° Tout fonctionnement irrégulier d'appareil, tout tirage dans la marche du train, toute avarie, disjonction ou fusion de plomb, doivent être signalés au livre de réclamations et au bulletin de traction;

2° Il est interdit aux conducteurs de modifier le réglage des divers appareils ;

3° Les contrôleurs ou inverseurs ne doivent être ouverts que pour procéder à des recherches en cas d'avarie. Avant toute manipulation d'appareil, ouvrir l'interrupteur de traction, celui de commande et le cinq-points de voiture. Après toute manipulation d'appareil, refermer le couvercle avec soin.

NOTE VIII

COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

MESURES A PRENDRE EN CAS D'AVARIES AU FREIN A AIR COMPRIMÉ

Remarque. — Avoir soin de faire l'essai des freins avant de reprendre la marche après une avarie de freins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A. *Mauvais fonctionnement des automatiques.* — *a*) **Non-enclenchement.** — Continuer avec voyageurs en utilisant le ou les compresseurs restant disponibles. S'aider au besoin de celui de tête mis à la position « direct »; ne jamais laisser la pression de la conduite générale descendre au-dessous de 3 kg.

b) **Non-déclenchement.** — Dans ce cas, la pression de la conduite blanche dépasse 7 kg; il faut ouvrir les interrupteurs des loges autres que celle de tête et marcher avec le compresseur de tête mis de temps en temps à la position « direct ».

B. *Avarie à un compresseur ou à son automatique.* — *a*) **Trains à plusieurs motrices.** — Ouvrir l'interrupteur de ce compresseur et continuer d'utiliser les autres. Si le compresseur avarié est celui de commande, mettre le fusible double sur un autre automatique.

b) **Trains à une seule motrice.** — Lorsqu'un compresseur dont l'interrupteur est mis à la position « automatique » ne fonctionne pas, il faut opérer successivement comme suit :

1° Mettre l'interrupteur à la position « direct »;

2° Vérifier la position de l'interrupteur de terre;

3° Changer les plombs cigares;

4° Vérifier le portage des charbons et l'assurer au besoin en les appuyant sur le collecteur;

5° Vérifier le câblage du compresseur;

6° S'il est impossible de remettre le compresseur en marche, et que la pression de la conduite générale tombe au-dessous de 3 kg, le conducteur partira H. L. P. en avisant le chef de train qu'il continue la marche avec les freins à main. Il se conformera aux prescriptions des circulaires S. G.

C. *Avarie de conduite blanche.* — *a*) **Accouplement de conduite blanche défait.** — Fermer les robinets de conduite blanche placés avant et après l'accouplement défait. Vider l'air restant dans la conduite en appuyant les papillons avec force. Refaire l'accouplement. Ouvrir les deux robinets fermés et partir avec voyageurs.

Si l'accouplement est rompu, voir *b*) 2° ci-après.

b) **Fuite à la conduite blanche ou au flexible du compresseur.** — 1° *Sous la motrice de tête.* — Si la fuite peut être compensée par les trois compenseurs du train, continuer avec voyageurs; si la fuite devient trop importante et que la pression indiquée par l'aiguille rouge devienne trop faible, ouvrir l'interrupteur du compresseur,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fermer la conduite blanche à l'arrière de la motrice et partir H. L. P. en conduisant de la deuxième loge.

2° *Fuite à la conduite blanche à partir de l'accouplement (inclus) de la motrice de tête ou aux flexibles des compresseurs autres que celui de tête.* — Fermer le robinet de conduite blanche placé avant la rupture; ouvrir le ou les interrupteurs de compresseurs des voitures placées après le robinet fermé. Continuer avec voyageurs (pour les trains Westinghouse, voir la circulaire spéciale).

c) **Rupture du flexible d'automatique de compresseur.** — 1° *Automatique Christensen.* — Fermer le robinet du flexible, placer la commande sur un deuxième automatique, dont on ouvrira le robinet.

2° *Automatique Lepaute ou Olivier.* — Fermer le robinet, marcher au direct avec le compresseur de tête.

D. ***Mauvais fonctionnement du frein.*** — *a*) **Serrage difficile.** — 1° Vérifier la pression de la conduite générale et alimenter celle-ci, s'il y a lieu, en plaçant de temps à autre le robinet de mécanicien à la position 1. Vérifier le fonctionnement des automatiques;

2° Refaire l'essai des freins par la motrice de tête en s'assurant qu'aucun robinet d'accouplement n'est fermé ou à demi fermé, qu'aucune voiture n'est isolée, et que les robinets d'isolement des loges AR sont fermés;

3° Si, malgré ces recherches, le conducteur n'est plus maître de ses arrêts, il doit partir H. L. P. en marchant avec prudence conformément à l'article 29 du Règlement général et en utilisant au besoin les freins à main et le frein électrique.

b) **Déblocage difficile.** — 1° Mettre de temps en temps le robinet au déblocage tout en conservant une dépression entre les réservoirs et la conduite générale;

2° Augmenter la pression de la conduite blanche en mettant le compresseur de tête à la position « direct », sans toutefois dépasser 7 kg;

3° S'assurer que le tirage n'est pas dû à un frein à main resté serré ou à une timonerie coincée;

4° Si une seule voiture reste bloquée en cours de route, le conducteur, après avoir pris sans succès les précautions ci-dessus, demande au chef de train de faire tirer la tirette de cette voiture.

Si le blocage se reproduit trois fois, le conducteur doit isoler cette voiture comme suit :

α) Serrer à fond avec le robinet de manœuvre et maintenir le serrage ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

β) Tirer sur la tirette de cette voiture jusqu'à épuisement;

γ) Fermer le robinet d'isolement de la triple valve.

Continuer ensuite avec voyageurs;

5° Si plusieurs voitures restent bloquées ou bloquent en cours de route, malgré les précautions prescrites à 1° et 2°, il s'agit d'une fuite à la conduite générale. Si cette fuite devient importante et occasionne de nombreux blocages, agir comme ci-dessous.

E. ***Fuite importante ou rupture de la conduite générale produisant un blocage inopiné.*** — Le conducteur doit d'abord demander au chef de train si aucun robinet de secours n'a été actionné.

Ensuite, pour se rendre compte de l'avarie, il doit mettre le robinet à la position 3 : s'il s'agit d'une avarie de conduite générale, l'aiguille noire descendra. Dans ce cas, mettre le robinet au desserrage, descendre de la loge après avoir pris les précautions prescrites pour les stationnements, en cas particulier dans les rampes, et passer la visite du train pour rechercher l'avarie.

a) S'il s'agit d'un accouplement défait, fermer les deux robinets l'encadrant, refaire l'accouplement et ouvrir les deux robinets;

b) S'il s'agit d'une rupture de conduite générale, procéder comme suit :

1° *Rupture sous la motrice de tête ou rupture d'un boyau d'accouplement entre les deux voitures de tête.* — Changer de motrice après avoir fermé le robinet d'accouplement placé à l'avant de la deuxième voiture. Tirer la tirette de la motrice AV jusqu'à épuisement. Partir H. L. P.

Remarque. — Si le train ne comporte qu'une motrice, partir H. L. P. aux freins à main.

2° *En un point autre que la motrice de tête.* — Fermer le robinet d'accouplement placé avant la rupture, débloquer par les tirettes la partie qui suit ce robinet et partir en conduisant de la loge de tête.

Ne conserver de voyageurs que s'il reste au moins :

5	voitures freinant pour	les trains à	7 voitures;
4	—	—	6 —
3	—	—	5 ou 4 voitures ;
2	—	—	3 voitures.

F. ***Avaries de timonerie.*** — *a*) **Timonerie tombée.** — Cette avarie est de grande importance et peut occasionner un déraille-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment. Dès qu'on s'en aperçoit, il faut isoler la voiture, puis attacher solidement les parties pendantes avec une corde.

b) **Court-circuit produit par une chute de timonerie.** — Faire couper le courant s'il ne l'est déjà et prévenir qu'on ne le remette que sur la demande du conducteur. Mettre les gants et les lunettes et retirer la pièce en employant au besoin le marteau et le burin. Procéder ensuite comme il est dit en *a* ci-dessus.

c) **Timonerie coincée produisant le blocage de la voiture.** — Le blocage ne disparaît pas en tirant la tirette :

1° Vérifier que le frein à main n'est pas serré ;

2° Essayer de décoincer en serrant puis desserrant le frein à main, ou en faisant légèrement reculer le train (si aucune pédale n'est engagée) ;

3° Examiner attentivement la timonerie en partant du cylindre à frein et en suivant pièce à pièce. Vérifier chaque axe, butée ou glissière. Lorsqu'on aura trouvé la partie coincée, la frapper à coups de marteau jusqu'à décoincement. Au besoin, enlever les axes voisins. Avoir soin d'isoler la voiture avant de repartir.

Dans le cas où la clavette du cylindre à frein est sortie du logement, faire un serrage à fond et rentrer la clavette. Isoler ensuite la voiture.

Remarque. — Dans le cas où il s'agit d'une voiture motrice, le conducteur devra distinguer s'il s'agit d'un coincement de timonerie (sabots collés sur les roues) ou d'un essieu calé par suite de la chute d'une pièce dans le carter (sabots libres, mais les roues glissant sans tourner).

Dans ce dernier cas, essayer un léger recul (à condition de ne pas engager une pédale). En cas d'insuccès, continuer en demandant le secours, s'il est nécessaire, après avoir isolé électriquement la motrice dont le moteur est calé.

G. ***Réglage des freins système Chaumont*** (1). — Dans le but d'obtenir un réglage rapide de la timonerie des freins, deux dispositifs distincts sont installés sur un certain nombre de voitures.

Le premier de ces dispositifs indique d'une façon bien apparente, de chaque côté du châssis, la course des pistons ; l'autre permet d'effectuer, de l'extérieur, le réglage des sabots quand la course des pistons indiquée par le premier appareil rend cette opération nécessaire.

(1) *Instruction du service du Matériel et de la Traction* de la Compagnie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° *Appareil indicateur de course de piston.* — Cet appareil est constitué par un arbre transversal allant d'un brancard à l'autre, portant en son milieu une manivelle reliée à la crosse du piston par une bielle spéciale. Chaque extrémité de l'arbre porte une aiguille qui indique devant un cadran les déplacements du piston.

Le cadran porte trois graduations : 0, 10, 20 ; les deux graduations extrêmes (0 et 20) correspondent à une course trop faible ou trop grande du piston ; la graduation du milieu (10) correspond à une course du piston dans les limites prescrites, soit de 10 à 20 centimètres.

Par suite, le frein est à régler si l'aiguille s'arrête sur l'une des graduations extrêmes au moment où le frein est serré.

En outre, si, après déblocage, l'aiguille ne revient pas complètement au zéro, c'est qu'il y a dérangement de l'appareil ou mauvais fonctionnement des ressorts de rappel de la timonerie; dans ce cas, il y a lieu de procéder à la vérification de ces organes.

2° *Appareil de réglage du frein.* — Le renvoi du mouvement du piston à la timonerie comporte deux balanciers horizontaux, dont l'un est articulé par une de ses extrémités sur un axe fixé au châssis, constituant un point fixe de la timonerie dont le déplacement fait varier le réglage des sabots.

C'est ce déplacement qu'on obtient à volonté au moyen de l'appareil de réglage. Dans ce but, le point fixe, au lieu d'être attaché au châssis, fait corps avec un écrou qui peut se déplacer le long d'une vis dont la rotation est commandée, par l'intermédiaire de deux pignons, au moyen d'une manivelle portative que l'on adapte à l'un des carrés en saillie sur chaque brancard et manœuvrable de l'extérieur.

Le réglage courant d'un frein en service au moyen de cet appareil comporte deux opérations :

1° Manœuvrer la manivelle dans le sens indiqué par une flèche apparente sur le brancard jusqu'à ce que tous les sabots arrivent en contact, sans pression, avec les roues;

2° Manœuvrer ensuite la manivelle en sens inverse, en lui faisant faire le nombre de tours indiqué par la pointe de la flèche correspondante (soit 15 tours). Cette manœuvre en sens inverse a pour résultat de régler le frein en écartant les sabots de la quantité correspondante à la course minima du piston, qui est de 100 millimètres.

Dans le cas de réglage initial d'un frein après remplacement des sabots, on devra tourner la manivelle jusqu'à refus, de façon à placer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le point fixe le plus loin possible des engrenages de l'appareil, et, après avoir mis les sabots neufs en place, on opérera ainsi qu'il vient d'être dit ci-dessus.

NOTA. — La course de cet appareil ne permettant pas le réglage jusqu'à limite d'usure des sabots, on devra, le cas échéant, opérer ce réglage à l'aide des manchons filetés ou des trous de rappel placés à cet effet sur les bielles de timonerie.

NOTE IX

PRINCIPAUX DÉRANGEMENTS QUI PEUVENT SURVENIR AUX DYNAMOS EN FONCTIONNEMENT

(d'après J. MIZÉRY)

La dynamo ne donne pas de courant

- *Court-circuit ou mauvais isolement dans la dynamo ou la canalisation*
  - Court-circuit dans les bobines inductrices.
  - Court-circuit dans l'induit.
  - — — le collecteur.
  - — en un point de la canalisation.
  - Mauvais isolement des bobines inductrices.
  - Mauvais isolement des porte-balais.
  - — — des bornes.
  - — — de l'induit à la masse.
- *Interruption du circuit dans la dynamo ou la canalisation*
  - Rupture de fil dans les inducteurs.
  - — — l'induit.
  - — — le circuit extérieur.
  - Les balais ne portent pas bien sur le collecteur.
- Mauvais contacts.
- Magnétisme rémanent des inducteurs trop faible.
- Inversion des bobines inductrices.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Echauffement anormal	*Des paliers*	Mauvais graissage (insuffisance ou mauvaise qualité du lubrifiant). Malpropreté ou corps étrangers dans les coussinets. Arbre faussé. Coussinets trop serrés. Courroie trop tendue. Montage défectueux des paliers.
	De l'induit	Humidité des bobines de l'induit. Surcharge du circuit. Courants de Foucault dans le noyau. Court-circuit dans l'induit.
	Des inducteurs	Humidité des bobines inductrices. Courant d'excitation trop intense. Courants de Foucault dans les pièces polaires.
Etincelles		Mauvais état du collecteur. Surcharge de la dynamo. Mauvais calage des balais. Rupture de fil dans l'induit ou à la mise au collecteur. Court-circuit dans l'induit. Mauvais état des balais et porte-balais. Mauvais isolement des inducteurs. Courant d'excitation trop faible. Vitesse de rotation trop élevée.
La dynamo ne tourne pas à sa vitesse normale		Causes donnant lieu à l'échauffement des paliers (Voir plus haut). Surcharge de la dynamo. Frottement de l'induit contre les pièces polaires. Court-circuit dans l'induit.
La dynamo fait du bruit		Cela provient généralement d'un défaut de montage ou d'entretien : écrous desserrés, mauvais calage des balais, induit et poulie mal équilibrés, chocs de l'arbre sur les coussinets ou de la courroie sur la poulie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE X

TABLEAU DONNANT LE NOMBRE DE TOURS QUE FONT PAR MINUTE LES ROUES MOTRICES QUAND LA VOITURE MARCHE A UNE VITESSE DONNÉE ET *VICE VERSA* (1)

EXEMPLE. — Combien de tours par minute doivent faire des roues motrices de 0m.80 de diamètre quand la voiture fait du 24 à l'heure? La première colonne nous donne d'abord 20 kilomètres à l'heure et, en suivant cette ligne jusqu'à la colonne de 0m,80, nous trouvons 133. De même pour 4 nous trouvons 26,5. Le nombre de tours par minute est 133 + 26 ou 159. On voit de suite que l'on peut trouver inversement à quelle vitesse marche une voiture dont les roues motrices, d'un diamètre connu, font un nombre de tours par minute donné.

VITESSE DE LA VOITURE		NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE DES ROUES MOTRICES D'UN DIAMÈTRE DE													
En kilomètres à l'heure	En mètres par minute	700	750	760	800	810	820	840	850	860	870	880	910	920	960
1	16.7	7.5	7.1	6.9	6.6	6.5	6.4	6.3	6.2	6.1	6.1	6	5.8	5.7	5.5
2	33.3	15.1	14.1	13.9	13.2	13	12.9	12.6	12.4	12.3	12.1	12	11.6	11.5	11
3	50	22.7	21.2	20.9	19.8	19.6	19.4	18.9	18.7	18.5	18.3	18.1	17.5	17.3	16.5
4	66.7	30.3	28.3	27.9	26.5	26.2	25.8	25.2	25	24.6	24.4	24.1	23.3	23	22.1
5	83.3	37.8	35.3	34.8	33.1	32.7	32.3	31.5	31.2	30.8	30.4	30	29.1	28.8	27.6
6	100	45.4	42.4	41.8	39.7	39.3	38.8	37.9	37.4	37	36.5	36.2	35	34.6	33.1
7	117	53.2	49.6	49	46.5	45.9	45.4	44.3	43.8	43.3	42.8	42.3	40.9	40.4	38.8
8	133	60.4	56.4	55.7	52.9	52.2	51.6	50.4	49.8	49.2	48.6	48.1	46.3	46	44.1
9	150	68.2	63.7	62.8	59.7	58.9	58.2	56.8	56.1	55.3	54.8	54.2	52.4	51.9	49.7
10	167	76	70.8	69.9	66.4	65.6	64.8	63.3	62.5	61.8	61.1	60.4	58.4	57.7	55.3
20	333	151.4	141.3	139.5	132.5	130.8	129.2	126.2	124.7	123.2	121.8	120.4	116.5	115.2	110.4
30	500	227.6	212.2	209.5	198.9	196.5	194.1	189.5	187.2	185.1	182.8	180.8	174.5	173	165.8

1. Extrait du catalogue MAB (Malicet et Blin).

NOTE XI

RELEVÉ DES OBSERVATIONS ET RÉPARATIONS PORTÉES SUR LE LIVRE DE BORD D'UN VÉHICULE A PÉTROLE EFFECTUANT UNE MOYENNE DE 55 KILOMÈTRES PAR JOUR (2.000 KILOMÈTRES PAR AN, DANS PARIS.

Caractéristiques du moteur : puissance 10 chevaux ; 2 cylindres avec manivelles à 180°, soupapes d'aspiration automatiques, soupapes d'échappement commandées. Allumage par piles de différentes marques d'abord, par accumulateurs ensuite. Circulation par pompe centrifuge. Radiateur à ailettes. Embrayage à plateaux métalliques. Transmission par cardans transversaux. Roues en bois avec pneumatiques (l'entretien de ces derniers n'est pas porté dans le relevé ci-dessous). Marche au benzol en été, et à l'essence en hiver.

15-9-05. — Date de réception et de mise en service.

9-11. — Le moteur n'ayant plus le même rendement, le véhicule est conduit chez le constructeur, où l'on constate que les conduits de graissage sont en grande partie bouchés. Le carburateur est revu aussi et l'huile du moteur remplacée. Le fonctionnement ne se trouvant pas sensiblement amélioré, on visite et on nettoie les pistons, les cylindres, les conduits de graissage du différentiel et du changement de vitesse, on vérifie la circulation d'eau et on tend un ressort de soupape d'admission. On déplace enfin l'échappement, les gaz ayant fait gripper un axe de la timonerie du frein.

18. — Après remise en service, le fonctionnement du moteur n'étant pas encore satisfaisant, on vérifie les piles, dont le voltage est reconnu insuffisant, et on les remplace par une batterie d'une autre marque.

23. — Remplacé la bougie du cylindre AV, dont la porcelaine est cassée.

26. — Soudé un tube du radiateur.

29. — Pris le voltage des piles à la rentrée, avec le moteur en marche : moyenne relevée, 1,25 v par élément.

3-12. — Commencé l'emploi d'une huile nouvelle, on remplit seulement le carter du moteur, sans le vider à l'avance.

12-1-06. — Volté les piles, le moteur en marche; elles marquent chacune 0,9 v.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

13. — Visité et nettoyé les pistons moteurs, retiré 9 g de suie. Les segments sont beaux et bien polis ; on ne constate pas de jeu aux têtes ni aux pieds de bielles.

17. — Changé les piles après un parcours de 1.745 km (contre 1.560 faits avec la précédente batterie).

2-3. — Changé les piles, qui ne marquent plus que 0,9 v.

4. — Visité les cylindres et les pistons, qui sont trouvés légèrement encrassés.

6-4. — Changé la batterie de piles après un parcours de 1.386 km ; remplacé la bobine, qui était défectueuse. Le fonctionnement du moteur, à la remise en marche, n'est pas trouvé encore satisfaisant.

13. — L'arbre du cardan sur la roue G est trouvé rompu à la naissance du carré ; on le remplace par un cardan neuf pris chez le constructeur du véhicule. Remplacé également les huit coussinets des quatre cardans de l'essieu AR ; des commencements de cassure sont relevés sur l'arbre du cardan côté G.

Relevé le voltage des piles, qui est trouvé de 0,5 v — 0,9 v — 0,5 v et 1 v après un parcours de seulement 162 km. On les remplace par 2 accumulateurs d'une capacité de 40 amp-h.

14-17. — Nettoyé les cylindres, remplacé les segments des pistons. Enlevé la caisse pour visiter les cardans de commande du différentiel à l'embrayage et refaire la peinture du châssis.

26. — Changé les ressorts des soupapes d'admission ; le fonctionnement du moteur n'en est pas changé.

27. — Diminué la longueur des tiges des soupapes d'échappement, le moteur va très sensiblement mieux.

Un ampèremètre shunté sur le circuit d'allumage montre que les bougies prennent 0,15 d'amp en marche normale ; mais, lorsqu'on arrête le moteur par les manettes du carburateur et de l'étrangleur, l'ampèremètre indique vers les derniers coups de pistons 1 amp et même plus. On branche pour cette raison le pôle masse sur une cheville mobile.

5-5. — Rechargé les accumulateurs dans la nuit, après quinze jours de marche (ce rechargement se fait régulièrement dans la suite après le même intervalle).

Réparé la poignée du levier de frein à main.

4-6. — Visité le changement de vitesse : les pignons et les roues dentées sont trouvés en bon état.

12. — Réparé le tendeur côté droit du châssis, cassé dans le filetage AV.

27. — Fait la même opération au tendeur C. G.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3-7. — Remplacé l'arbre du cardan transversal C. D. cassé.

14-7. — Visité les segments des pistons moteurs.

15-8 ; 12-9. — **Grand levage** (1) après un parcours d'environ 1.700 km.

Retouché les cardans, remplacé les coussinets.

Remplacé le pignon d'angle du différentiel.

Remplacé les coussinets de l'arbre du train balladeur.

Retiré le jeu des bielles et des coussinets des paliers de l'arbre moteur.

Remplacé les segments des pistons.

Rodé les soupapes d'admission et d'échappement.

Réparé le radiateur, fait quelques soudures.

Réparé un tuyau de prise d'air.

Visité et nettoyé le carburateur.

Réparé la butée du changement de direction.

Remplacé les boulons et les bagues de la lame de direction.

Réfection de la peinture de la caisse.

14-11. — Remplacé les clapets d'aspiration.

18. — Remplacé l'arbre du cardan D, fortement fissuré.

5-12. — Changé le flotteur du carburateur.

7. — Remplacé l'axe de pivotement de la roue AV G, rompu.

9-11. — Démonté le différentiel, changé deux cardans rompus, remplacé les coussinets (travail fait dans les ateliers du constructeur).

Visité le carburateur.

Visité les segments des pistons moteurs, mis deux segments neufs.

7-1-07. — Changé l'arbre de cardan AR G rompu dans les deux tourillons, côté du différentiel.

8. — Monté une nouvelle bobine non munie d'interrupteur ; le moteur, qui avait précédemment quelques ratés, fonctionne maintenant très bien.

1-2. — Visité le mouvement de direction, l'axe du secteur a 0,6 mm de jeu, et les supports inférieurs d'axe de pivotement 3 mm. Faute de pièces de rechange, le tout a été remonté en l'état.

2. — Réparé le radiateur, crevé par la gelée. Remplacé les deux guides inférieurs des axes de pivotement des roues AV.

15. — Visité tous les axes de cardans, ils sont en bon état, les dés n'ont pas d'usure.

20-3. — Réparé le tirant côté D du longeron, rompu au poin d'attache à l'avant.

(1) Expression employée dans les chemins de fer et les tramways.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1-4. — Visité les cylindres, remplacé un segment.

21-5. — Remplacé le ressort de rappel des cames de décompression ; l'arbre des cames a dû être envoyé chez le constructeur pour ce travail.

Remplacé les clavettes-freins des soupapes d'admission.

Rodé les soupapes d'échappement.

27. — Réparé le tuyau d'admission au cylindre AV (collet cassé).

28. — Visité et décrassé les cylindres.

3-6. — Soudé un bout au tirant du longeron C. D.

Remplacé la soupape d'échappement du cylindre AV.

14 à 19-7. — Démonté les plateaux d'embrayage, envoyé l'appareil chez le constructeur, qui a remplacé les ressorts, les plateaux de friction, les leviers et boutons de commande du disque mobile.

Visité et nettoyé les cylindres.

Remplacé les boulons des jumelles des ressorts de suspension AV.

30-8 ; 24-9. — Grand levage. — Démonté tous les organes, passé minutieusement chacun d'eux en revue, et repris les jeux de toutes les petites articulations.

Moteur. — Alésé l'entrée des cylindres, changé tous les segments des pistons. Descendu les sièges des clapets d'échappement et rafraîchi les portées avec une fraise établie spécialement. Rafraîchi également les clapets et changé leurs ressorts.

Rafraîchi les tourillons et les portées de l'arbre-vilebrequin, retiré le jeu des coussinets, des bielles et des paliers.

Détartré la chambre de circulation.

Changé les boulons de fixation du carter du moteur sur le châssis.

Visité le carburateur, remplacé le flotteur, visité la pompe et bagué une des portées de l'arbre, réparé le radiateur.

Nettoyé le silencieux et le tuyau d'échappement.

Installé un interrupteur d'allumage, changé tous les fils, remplacé la boîte des accumulateurs.

Mis des chapes aux commandes du culbuteur et des cames de décompression.

Changement de vitesse et différentiel. — Les engrenages sont en bon état, enlevé les bavures et donné un peu d'entrée aux dents.

Transmission. Direction. — Remplacé une bague de la butée du changement de direction ; rafraîchi les pivots inférieurs de la commande des roues AV, bagué les pivots, alésé les crapaudines. Remplacé un cardan criqué en trois endroits, rafraîchi les tourillons des arbres, changé et réajusté les dés.

Châssis. — Soudé une traverse de longerons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mis les freins en état.

25-9. — Remis le véhicule en service. Fonctionnement général satisfaisant.

14-10. — Soudé un bout au tirant du longeron C. D.

8-11. — Visité les cylindres, les pistons, le mouvement de la décompression, le carburateur. Tout est en bon état.

2-12. — Retiré la caisse pour démonter la boîte des vitesses et le différentiel, dont les pignons satellites ont été trouvés brisés. Essai et rodage de nouveaux pignons.

15. — Réparé le tirant du longeron C. D., rompu dans le filetage.

18. — Remplacé une lame au ressort de suspension AVD.

24. — Rodé les soupapes d'échappement.

5-2-08. — Réparé les freins, changé les trois tiges de l'écrou en laiton, visité les segments.

23. — Changé le bout fileté du tendeur côté droit.

13-4. — Démonté et nettoyé les cylindres. Démonté et visité les cardans et tourné les dés. Changé un tuyau d'échappement. Réparé un tuyau d'admission au collet. Donné du tirage à la tringle de commande de l'air. Changé les axes et les bagues de la barre de pivotement. Changé les boulons et les jumelles des ressorts avant.

19-7. — Changé le culbuteur et la came d'allumage.

8 à 14-9. — Grand levage. — *Moteur.* — Rectifié les Porée de l'arbre manivelle ; l'usure étant à peu près de 1,5 mm sur le diamètre aux tourillons des bielles, cela a nécessité le remplacement des coussinets des têtes de bielles. Repris le jeu des coussinets des paliers. Changé et ajusté les segments de pistons (ces segments sont légèrement excentrés). Nettoyé et poncé les cylindres, nettoyé les ailettes. Rodé légèrement les soupapes d'échappement et d'aspiration. Démonté l'arbre de commande des soupapes, nettoyé les cames. Remplacé le pignon intermédiaire en bronze de cet arbre.

Changement de vitesse. — Remplacé les bagues en bronze servant de paliers aux deux arbres, les rondelles en acier servant au graissage, rebagué les rondelles en acier d'arrêt d'huile. Remplacé les pignons dentés de changement de vitesse pour la marche avant et les petits pignons de marche arrière. Refait le clavetage de la poulie du frein sur l'arbre de changement de vitesse. Remplacé la vis sans fin en bronze du bout de l'arbre du train balladeur, commandant la pompe à huile. Remplacé le petit pignon conique commandant la grande roue dentée du différentiel et quatre pignons satellites, deux petits et deux grands.

Plateau d'embrayage du moteur. — Les disques sont légèrement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

usés. Remplacé la bague en bronze formant palier de l'arbre du disque d'embrayage. Essuyé et mis à sec les disques d'embrayage. Repris le jeu et rebagué les paliers des arbres des mouvements à sonnettes de la pédale de débrayage.

Arbres à cardan. — Rectifié les douilles, remplacé les quatre dés en bronze de l'arbre à cardan du moteur au changement de vitesse et du différentiel aux roues AR. Rectifié les tourillons des arbres à cardan des roues AR. Démonté la pompe à huile du changement de vitesse.

Direction.— Démonté la direction, remplacé le secteur en bronze; repris le jeu des articulations, visité et graissé les dés d'articulation des roues AV.

Frein. — Remplacé tous les axes et bagué toutes les articulations du frein sur les roues AR et du frein sur l'arbre moteur. Rebagué l'arbre de la pédale.

Suspension. — Alésé les chapes et les menottes, remplacé tous les axes, cémenté les menottes.

Pompe. — Remplacé l'arbre en bronze de la pompe de circulation d'eau.

Réfrigérant. — Lavé et lessivé l'intérieur; nettoyé l'extérieur des ailettes de refroidissement.

Silencieux. — Remplacé le grand tuyau du silencieux, mangé par la rouille. Remis à la place un tuyau cuivre rouge de 30 × 33.

14-12. — Remplacé les quatre pignons satellites et les deux roues dentées du différentiel.

28. — Remplacé les quatre pignons satellites, les quatre axes de ces pignons et une roue dentée du différentiel.

NOTE XII

ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT D'UN SERVICE D'AUTOBUS, DE CAMIONS OU DE VOITURES DE LIVRAISONS

L'atelier des réparations, en plus d'un petit outillage varié d'étaux, de meules, forges, .., doit posséder différentes machines-outils, indispensables pour faire certains travaux avec le fini qu'exige un bon fonctionnement des différents organes d'un moteur, d'une trans-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mission, d'une direction, d'un embrayage, etc. : tours (au moins deux); machines à percer, fraiseuse, étau-limeur ou raboteuse. Un petit four à cémenter est aussi très utile, quoique, à son défaut, on puisse faire la cémentation au prussiate. Une fosse est d'autre part indispensable pour pouvoir effectuer rapidement et efficacement une visite complète du véhicule à l'arrivée ou avant le départ.

L'organisation générale du service, pour une journée entière de travail, peut être la suivante (1) :

A l'heure fixée pour la prise de service, chaque mécanicien-conducteur doit se présenter au bureau de contrôle pour signer une feuille de présence et prendre ensuite dans une case particulière sa feuille de bord pour la journée. Cette feuille indique le véhicule que le mécanicien doit conduire, le nombre de voyages à effectuer, les heures de départ et d'arrivée de chacun d'eux.

Muni de cette feuille, le mécanicien se rend près du chef de dépôt, qui lui remet sa lettre de voiture; il prend ensuite possession de son véhicule, s'assure que le plein des réservoirs d'eau et d'essence est fait, que les freins sont réglés, la caisse et le châssis convenablement nettoyés, et le graissage convenablement effectué, ainsi que les réparations essentielles demandées par le mécanicien qui a rentré la voiture la veille.

Il doit exiger que les articulations des organes de la direction soient maintenues sans jeu appréciable, afin qu'il n'y ait pas de retard dans la transmission des mouvements du volant, et que le véhicule obéisse au moindre déplacement angulaire de ce dernier.

Il signe enfin sur un livre spécialement réservé à cet effet une déclaration engageant sa responsabilité pour la journée.

Une fois sorti du garage, le mécanicien effectue son service dans les conditions d'horaire prévues par la feuille de route, et en s'efforçant de ménager son véhicule par une conduite consciencieuse, sans démarrages ni arrêts trop brusques, sans excès de vitesse, etc.

Il ne doit pas se laisser distraire par les incidents de la route, ni causer avec les voyageurs qui sont sur le siège ou dans la voiture; toute son attention est nécessaire pour examiner l'état de la route, éviter les rencontres ou les dérapages, passer les caniveaux, couper les voies de tramways et de chemins de fer avec la prudence voulue, se rendre compte des défectuosités de fonctionnement des diverses parties du véhicule et y porter remède dans la mesure du possible, etc.

(1) En partie d'après *le Poids lourd* de janvier 1908.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La force centrifuge tend à faire verser les véhicules dans les virages courts lorsqu'ils sont effectués avec une vitesse trop élevée. Si le centre de gravité est près du sol, comme dans les camions à petites roues chargés de matières de densité élevée, elle ne produit généralement qu'un dérapage plus ou moins accentué ; mais dans les autobus à impériale, il faut réduire la vitesse suivant le raccourci du virage, pour éviter le danger de renversement.

Lorsque le sol est gras ou humide, il faut également effectuer les virages avec une vitesse modérée, en ayant encore soin de ne pas freiner, ou de ne freiner que légèrement, pendant le virage. Une manœuvre brusque de la direction ou un freinage énergique avec un sol peu adhérent peuvent déterminer en effet des dérapages dangereux, allant jusqu'au tête à queue et risquant même d'être suivis du versement du véhicule, si l'une des roues arrière vient à rencontrer un obstacle résistant, comme une bordure de trottoir, et que le centre de gravité du véhicule se trouve en même temps un peu élevé, soit par suite de la composition, soit par suite de la disposition de la charge.

Dans un virage, pour que le différentiel agisse d'une manière complètement efficace et qu'il ne se produise pas de ripage, il faut encore débrayer à temps, ce qu'il est bon de faire également au passage des forts cassis.

Dans ces passages, le châssis ne doit pas venir talonner sur l'essieu par suite d'une usure des axes ou par un fléchissement trop grand de ressorts fatigués, ou enfin par un excès de charge.

Un bon graissage, sans excès inutile, et une conduite prudente et sans heurts, sont les facteurs essentiels d'un bon service et d'une bonne conservation des organes.

Un échauffement trop grand du moteur diminue sa puissance, par suite de la dilatation que subissent les gaz à l'admission, entraînant une cylindrée moins dense ; un semblable échauffement peut produire aussi des allumages prématurés, lesquels fatiguent le moteur et diminuent également sa puissance par suite de l'augmentation de la contre-pression qui en résulte. Une bavure, ou un dépôt charbonneux sur les pistons, provenant d'une huile de graissage défectueuse et se maintenant en ignition pendant la compression, suffisent à produire des allumages prématurés.

Une trop grande avance à l'allumage (*fig.* 48) produit des résultats identiques.

Un graissage trop abondant donne lieu encore à un dégagement de fumée et de mauvaises odeurs à l'échappement qu'il est facile d'éviter.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le pot d'échappement augmentant beaucoup la contre-pression lorsque les orifices en sont partiellement bouchés par la boue, il faut avoir soin de le nettoyer assez fréquemment pour éviter la perte de puissance et l'augmentation de consommation résultant de cette obstruction. L'échappement ne doit pas, d'autre part, être trop bruyant ni tourné vers le sol.

Les prescriptions ci-après du *Code de la route*, adoptées par l'*Automobile Club de France* (A. C. F.), doivent être ponctuellement suivies.

LE CODE DE LA ROUTE ADOPTÉ PAR L'AUTOMOBILE CLUB DE FRANCE

« ARTICLE PREMIER. — Sur la route libre, on peut occuper le milieu de la chaussée, mais sous la condition de laisser assez d'espace à gauche pour permettre le passage d'une voiture plus vite venant dans le même sens.

« ART. 2. — *Croisement de deux voitures.* — *A.* Deux voitures venant en sens inverse se croisent en se tenant chacune à leur droite.

« Elles doivent ralentir, dans le cas où la route est manifestement assez étroite pour que les deux voitures n'aient pas un intervalle suffisamment grand entre elles au moment où elles se croiseront.

« La vitesse sera même ramenée à celle d'un homme au pas si l'état de la route est tel que le croisement soit difficile :

« Route très étroite ou rétrécie accidentellement par un tramway, un dépôt de matériaux, etc.

« *B.* Si deux voitures se croisent *dans le même sens*, celle qui est devancée n'a qu'à garder sa droite.

« La voiture qui devance devra signaler sa présence par des appels de trompe et ne s'engager que si l'espace libre est nettement reconnu.

« *C.* On ne doit *jamais* dépasser une voiture dans un tournant ou dans la traversée des agglomérations rurales.

« ART. 3. — *Virages.* — *A.* Dans les virages découverts, c'est-à-dire où la vue de la route dans toute l'étendue du virage est complète, il n'y a pas de nécessité spéciale de ralentissement.

« *B.* Dans tout virage où une portion quelconque de la route est masquée, on doit ramener la vitesse de façon à pouvoir stopper en 10 mètres.

« Cette obligation s'impose plus rigoureusement dans les pays de montagne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« *C.* Dans tous les cas, *on ne doit, sous aucun prétexte, quitter sa droite*, et on doit faire usage de la trompe.

« *D.* En cas d'impossibilité absolue, par exemple si la partie droite est encombrée par un obstacle, l'automobiliste sera obligé de prendre sa gauche, mais alors, il devra aller assez lentement pour pouvoir, en cas de besoin, arrêter en 3 mètres au plus, et faire des appels de trompe continuels.

« ART. 4. — *Croisement de routes.* — *A.* Si le croisement des routes est absolument découvert, c'est-à-dire si la vue n'est gênée par rien, il n'y a aucune obligation de modifier la vitesse si la route est libre.

« Au contraire, si deux voitures convergent vers le croisement découvert, le conducteur qui voit une voiture venir à sa droite doit lui céder le passage *quelle que soit la largeur relative des routes ;* il devra donc ralentir en conséquence et au besoin s'arrêter.

« *B.* Si le croisement est tel que la vue soit impossible ou même seulement gênée, toute voiture abordant le croisement doit ralentir sa vitesse au moins à 20 kilomètres à l'heure.

« Si, en arrivant au croisement, *ainsi ralenties*, deux voitures se découvrent tout à coup et risquent de se heurter, chaque conducteur doit invariablement virer sur sa droite, bien que cette mesure lui fasse quitter momentanément sa route.

« ART. 5. — *Traversée des agglomérations.* — *A.* Dans la traversée des villes, on se soumettra aux règlements spéciaux.

« *B.* Dans celle des villages, la vitesse devra toujours être assez réduite pour que l'on puisse arrêter en 10 mètres si la route est large et en 3 mètres si la route est étroite.

« L'usage de la trompe est obligatoire à l'abord des maisons isolées.

« ART. 6. — *Rencontres.* — En approchant d'hommes ou d'animaux, on doit les prévenir par des appels de trompe, jusqu'à ce que leur attention ait été manifestement éveillée, et ralentir sensiblement si la route est étroite.

« Si les animaux manifestent de la frayeur, on doit, sans exception, ralentir si cela est nécessaire, arrêter la voiture et même le moteur.

« ART. 7. — *Accidents de personnes.* — En cas d'accident, il faut s'arrêter et porter secours dans toute la mesure possible aux victimes de l'accident.

« Quand les blessés seront en sécurité et que les soins médicaux leur seront assurés, on devra s'occuper de recueillir, sans tarder, tous les témoignages capables d'établir les circonstances de l'accident.

« ART. 8. — Une automobile croisant au moment d'un accident

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devra également s'arrêter pour offrir son assistance la plus complète aux blessés d'abord, puis aux auteurs de l'accident, toujours présumé involontaire.

« ART. 9. — *Avaries, pannes, accidents à la voiture.* — *A.* Tout automobiliste doit aide à son camarade qui la lui demande.

« *B.* Un conducteur en panne demande de l'aide de la façon suivante :

« 1° S'il fait jour, en agitant un bras dans un plan perpendiculaire à la route, la figure étant tournée vers la voiture dont on sollicite l'arrêt, ou en plaçant ostensiblement sur la voiture un drapeau blanc fait au besoin avec un mouchoir;

« 2° La nuit, en agitant une des lanternes en travers de la route.

« ART. 10. — En cas de panne d'essence, le chauffeur qui en sera requis doit à son camarade la quantité d'essence qu'il aura disponible en excédent.

« Cette essence devra être payée comptant. »

L'entretien et les réparations un peu importantes des véhicules industriels sont généralement faits par le personnel de l'atelier ou de l'usine, mais les conducteurs doivent pouvoir entreprendre, si cela est nécessaire, le démontage, la vérification et le remontage des parties ou des organes sujets à dérangement, afin de se tirer d'affaire s'il survient en cours de route un arrêt de fonctionnement qui, d'ailleurs, doit se présenter rarement si les soins nécessaires sont pris lors de la préparation, puis en marche. Dans les démontages, il faut notamment avoir soin de bien repérer les pièces pour les remonter exactement à leur place et sans longue recherche ou tâtonnement.

A la rentrée au garage, après la journée finie, le mécanicien signe le bulletin établissant le service effectué, avec toutes les particularités présentant quelque intérêt; puis il porte sur un registre *ad hoc* ses observations concernant le fonctionnement mécanique du véhicule, les pannes survenues, les réparations qu'il a effectuées et celles qui devront être faites avant un nouveau départ du véhicule, en donnant encore verbalement des indications complémentaires pour que l'ouvrier chargé du travail n'ait pas trop à chercher ou à tâtonner.

L'entretien comprend, comme dans les tramways, les *réparations journalières* de faible importance, puis celles intéressant la sécurité; dans les exploitations un peu importantes, et notamment dans celles de transport en commun, elles peuvent demander à être faites soit immédiatement, soit dans la nuit même.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'équipe de nuit affectée à l'entretien se divise en deux groupes : l'un, composé de manœuvres et de visiteurs, est chargé du lavage du châssis et de la caisse, du remplissage des réservoirs (les quantités de matières employées étant portées sur un livret spécial à chaque véhicule), de l'inspection des diverses parties du mécanisme et du châssis, du réglage des freins, du graissage des différents organes, du remplacement des bandages, etc.

Après l'achèvement de ces divers travaux, le véhicule est livré aux ouvriers de l'équipe formant le second groupe, et qui procèdent sous la direction de leur contremaître à la remise en état des organes signalés par le conducteur comme ayant un fonctionnement défectueux, ainsi que de ceux que l'agent spécial du premier groupe, chargé de la visite, a lui-même reconnus en mauvais état et signalés au contremaître de l'entretien.

Grâce à ces diverses précautions ou mesures, on peut arriver, si l'on tient la main à leur exécution, à déterminer la responsabilité des mécaniciens dans les avaries survenues dans la journée à chaque véhicule, et à dresser un bilan complet et détaillé du service effectué, ainsi que des dépenses d'essence et de celles journalières d'entretien.

Après un certain parcours ou nombre de jours de marche, dépendant de la fatigue du service et du parcours kilométrique journalier, le véhicule est arrêté toute une matinée ou même une journée entière pour une réfection générale légère, qui doit être suivie, si on a touché à des organes essentiels, d'une mise en marche du moteur ou du véhicule pour s'assurer que le fonctionnement des parties visitées ou retouchées est devenu satisfaisant.

Enfin une réfection plus profonde est entreprise après un temps variable, suivant encore la longueur et la dureté du service journalier, et suivant aussi la façon dont le véhicule a été conduit et entretenu par son conducteur. Un salaire à primes basées sur l'économie de combustible, l'absence d'accidents, les parcours effectués sans arrêt du véhicule avec un entretien modéré, encourage les conducteurs à apporter tous leurs soins et toute leur intelligence pour réduire et espacer le plus possible ces réfections. Des primes analogues, données au chef d'atelier ou d'exploitation et au mécanicien-visiteur, intéressent également ces agents dans la bonne marche générale du service et peuvent finalement faire réaliser des économies d'entretien importantes, et en même temps assurer la régularité du service.

Dans les services importants, il y a à demeure aux têtes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lignes et terminus un mécanicien-visiteur chargé, sous la direction du chef d'atelier ou de dépôt, de vérifier le fonctionnement du mécanisme, de resserrer ou remplacer notamment les écrous, clavettes et goupilles desserrés ou tombés, de régler l'allumage, le carburateur, les divers leviers s'ils sont déréglés. Il doit donc être attentif à l'arrivée des véhicules, puis au fonctionnement du moteur sur place, qui pourront lui déceler les défectuosités existantes. Une visite attentive des organes accessibles complétera son inspection, qui sera suivie de l'exécution des quelques réparations ou serrages possibles pendant le stationnement, ou pendant la durée d'une révolution s'il a à sa disposition une voiture de réserve pour la donner à la place de celle défectueuse.

Si quelque véhicule ne lui paraissait pas en état de continuer le service en toute sécurité et avec économie, il en aviserait le chef de dépôt par la voie la plus sûre et la plus rapide. Il notera aussi sur un carnet les réfections urgentes dont les véhicules ont besoin et qu'il n'aura pu entreprendre.

Quant au chef de dépôt, il doit avoir une pratique suffisante des véhicules dont il a l'entretien pour prévoir les pannes et avaries susceptibles de se produire si les mécaniciens venaient à manquer de soins dans la conduite, de manière à attirer leur attention sur ces soins, et en même temps à entretenir en suffisamment bon état les divers organes pour que les avaries ne puissent pas provenir d'un manque de précautions sous ce rapport.

Il doit avoir l'œil à tout, prévoir les divers incidents susceptibles de se produire dans une exploitation un peu intensive : absence inopinée d'un conducteur, d'un visiteur, d'un ouvrier de l'entretien, mise hors de service d'un ou de plusieurs véhicules, etc., et arrêter à l'avance et à tête reposée les mesures qu'il devra prendre pour parer rapidement à ces incidents lorsqu'ils viendront à se produire.

Il devra encore établir son autorité par une fermeté sans brusquerie, sa compétence, toute absence de camaraderie ou même de familiarité avec son personnel, enfin, de l'ordre (sans être trop méticuleux), une conduite exemplaire et une soumission franche aux instructions de la Direction.

Pannes. — Au concours de roues et bandages élastiques ayant eu lieu en 1906 de Paris à Nice et retour, les pannes ou arrêts survenus à certains véhicules par des avaries ou des déréglages de mécanisme ont été les suivantes, avec la durée des arrêts qu'elles ont occasionnés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Véhicule 15 chx 4 cylindres

Cuir d'embrayage patinant, 3 arrêts d'une durée totale de	1 heure
Décrassement des inflammateurs, 4 arrêts d'une durée totale de	32 minutes
Réparation à la manivelle, tordue, 1 arrêt de	10 —
Réglage des freins, 1 arrêt de	10 —
Enlèvement de la tôle inférieure protectrice, 1 arrêt de	5 —
Démontage d'une aile, 1 arrêt de	50 —
Rupture d'un tendeur de chaîne, 1 arrêt de	2h 10 —
Soit, sur 77 h de marche et un parcours de 2.230 km, 12 arrêts d'une durée totale de	4h 57 —

Véhicule 15 chx 4 cylindres, roues Cosset

Rupture des freins de roues, 1 arrêt de	4h 12 minutes
Changement du volant de commande de la pompe ou de la pompe elle-même, 4 arrêts d'une durée totale de	3h 5 —
Gicleur obstrué	30 —
Soit, pour un temps passé sur la route de 75 h, 6 arrêts d'une durée totale de	7h 47 —

Véhicule 15 chx 4 cylindres, bandages Sider

Pannes d'allumage, par suite d'encrassement des tampons, 8 arrêts d'une durée totale de	4h 10 minutes
Pour un parcours de 1.280 km effectués en 39 h à la vitesse moyenne de	37,5 km

Concours de pannes organisé par l'*Auto* en 1907 pour juger de l'habileté des mécaniciens. — *Première panne.* — Boulette de papier de plomb introduite dans le parafoudre, déterminant un court-circuit dans la magnéto (découverte en 1m 28 s).

Deuxième panne. — Petit diaphragme métallique introduit dans le tuyau d'admission et interceptant l'arrivée du gaz (découverte en 11 m 16 s).

Troisième panne. — Petit bouchon de papier introduit dans le gicleur du carburateur (découverte en 4 m 45 s).

Quatrième panne. — Pointeau du réservoir d'essence fermé et jets d'allumage intervertis (découverte en 1 m 23 s).

Finale. — Contact au rupteur de la magnéto déréglé, magnéto déréglée (découverte en 11 m 18 s).

Epreuve de bandages. — Remontage complet d'une enveloppe et de sa chambre (effectué en 9 m 47 s).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE XIII

PRESCRIPTIONS POUR LES PREMIERS SOINS A DONNER AUX VICTIMES D'ACCIDENTS DUS A L'ÉLECTRICITÉ

La Société électrotechnique allemande a, lors de son assemblée générale à Stuttgard en 1906, nommé une commission chargée d'établir ces prescriptions. Cette commission, après entente avec le comité sanitaire de l'empire allemand, a déposé le projet de descriptions suivant, pour être soumis au vote à la première assemblée générale de la Société.

I. — Si la victime est encore en communication avec la canalisation électrique, il est tout d'abord nécessaire de la soustraire à l'influence du courant. Pour cela, il faut tenir compte des observations suivantes :

a) On doit autant que possible arrêter le courant dans la portion de canalisation où se trouve la victime, en ouvrant un interrupteur, en faisant sauter les appareils de sécurité ou en brisant les conducteurs, en se servant d'un objet sec et non métallique, par exemple d'un morceau de bois, d'une canne, ou bien d'une corde jetée pardessus la canalisation.

b) En procédant ainsi, on doit se placer sur un morceau de bois, ou bien sur des étoffes sèches, des vêtements, ou sur des objets analogues non métalliques,ou bien mettre des gants de caoutchouc, afin de se soustraire autant que possible à l'influence du courant (de s'isoler).

c) Le secouriste doit protéger ses mains au moyen de gants en caoutchouc, d'étoffes sèches, de pièces de vêtement, ou d'enveloppes semblables ; il doit éviter, pendant les travaux de sauvetage, tout contact de son corps avec les pièces métalliques voisines.

d) On tâchera de soulever la victime et de l'éloigner de la canalisation. A cet effet, on doit la saisir par ses vêtements et éviter autant que possible le contact avec les différentes parties du corps. Si la victime a saisi complètement la canalisation, le secouriste doit avec sa main munie d'un gant de caoutchouc desserrer un à un les doigts de la victime. Souvent il suffit de soulever la victime de terre pour arrêter le courant. Une personne étrangère au service élec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trique ne doit procéder ainsi qu'il a été prescrit ci-dessus que dans le cas où la tension normale du réseau ne dépasse pas de beaucoup 500 v (les installations ordinaires de tramways et de métropolitains rentrent dans cette catégorie).

Dans le cas d'accident causé par une tension plus élevée, on doit aussi rapidement que possible prévenir la station de service la plus proche et appeler un médecin. Les appareils et les canalisations à haute tension sont ordinairement indiqués par un signe spécial.

II. — Si la victime a perdu connaissance, on doit faire prévenir le médecin et, en attendant son arrivée, on doit procéder de la manière suivante :

a) Veiller à ce que le local dans lequel se trouve la victime soit bien aéré.

b) On doit déboutonner toutes les parties de vêtements en contact avec le corps (col, chemise, ceinture, caleçon, gilet, etc.). On place la victime sur le dos et on dispose un oreiller, formé par des couvertures ou des vêtements, sous les épaules, de manière que la tête soit un peu basse.

c) Si la respiration est régulière, on doit surveiller la victime et ne pas la laisser seule. On ne doit rien lui faire boire avant qu'elle n'ait repris connaissance.

d) Si la victime ne respire pas ou respire très faiblement, il faut pratiquer la respiration artificielle. Avant de le faire, on doit veiller à ce que la victime n'ait rien dans la bouche, ni chique, ni bonbon, etc. Eventuellement, on éloigne ces objets. On pratique ensuite la respiration artificielle comme suit :

On s'agenouille près de la tête de la victime, la tête tournée vers elle, on saisit ses deux bras par les coudes et on les tire de chaque côté par-dessus sa tête, de manière que les mains se touchent. On maintient deux à trois secondes les bras dans cette position. On ramène alors les bras en avant, on les plie et on presse, en appuyant de tout son poids, les coudes de la victime contre les côtés de sa poitrine. Après deux ou trois secondes, on ramène les bras par-dessus la tête de la victime, et on répète les mouvements le plus régulièrement possible environ quinze fois par minute. Afin d'éviter d'agir trop précipitamment, on procède aux mouvements très lentement, et pendant les intervalles de repos on compte à haute voix : 101 ! 102 ! 103 ! 104 !

e) Si l'on a quelqu'un sous la main, celui-ci doit, pendant que l'on pratique ces mouvements, saisir la langue de la victime avec un mouchoir, la tirer fortement hors de la bouche et la maintenir solidement. Si la bouche ne s'ouvre pas facilement, on doit l'ouvrir de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

force au moyen d'un morceau de bois, d'un manche de couteau ou d'un objet analogue.

f) Si on a plusieurs aides, les mouvements indiqués sous le numéro II *d* doivent être exécutés par deux personnes, chacune saisissant un bras, et comptant pendant les repos entre mouvements 101 ! 102 ! 103 ! 104 ! et en exécutant les mouvements avec ensemble.

g) La respiration artificielle doit être pratiquée jusqu'à ce que la respiration redevienne naturelle. Mais alors la victime doit encore être soignée et surveillée. Si la respiration naturelle ne revient pas, on doit pratiquer la respiration artificielle jusqu'à l'arrivée du médecin ou tout au moins pendant deux heures.

h) Dans le cas de blessures, par exemple de fractures d'os, on doit apporter beaucoup de soins dans la manipulation de la victime.

i) Le bas des jambes et les pieds peuvent être de temps à autre frictionnés avec un morceau de drap grossier ou une brosse.

k) Même après que la victime a repris connaissance, on doit la laisser couchée, ou à moitié couchée et la surveiller ; on doit l'empêcher de se livrer à des mouvements violents.

III. — Si la victime a une brûlure, on doit, dans le cas où aucun médecin n'est présent, suivre les prescriptions suivantes :

a) Avant de toucher à la brûlure, il faut se laver soigneusement les mains et les avant-bras avec de l'eau chaude et du savon et les brosser ; il est aussi recommandé de les frotter avec un linge imbibé d'alcool (on ne doit pas s'essuyer ensuite).

b) Les parties enflammées ou enflées seront recouvertes de pommade boriquée placée sur de la ouate, ou bien d'un pansement de brûlure au bismuth, puis enveloppées d'une bande peu serrée.

On ne doit pas arracher les cloques, mais bien les percer avec une aiguille (passée au préalable à la flamme d'alcool), y disposer un pansement de brûlure au bismuth avec de la ouate et maintenir au moyen d'une bande peu serrée.

Dans le cas où il y a carbonisation et excoriations, on doit recouvrir les blessures de plusieurs couches de poudre à pansement et entourer d'une bande.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE XIV

QUESTIONS A POSER LORS DES EXAMENS D'ADMISSION OU MENSUELS DES CONDUCTEURS MÉCANICIENS ET WATTMEN DES SERVICES DE TRANSPORT EN COMMUN (AUTOBUS, TRAMWAYS, CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES).

Aucun agent ne peut conduire une automobile, une automotrice ou un train sur la voie publique ou sur les lignes de chemin de fer et de tramways, sans une autorisation ou commission du service du Contrôle, de sociétés déléguées par ce service, ou des compagnies elles-mêmes; — commission accordée seulement après un examen théorique et pratique fort sérieux. Les mécaniciens et wattmen de la Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris et de la plupart des Compagnies de tramways subissent en outre, chaque mois, un examen semblable, dont le but est de permettre aux Compagnies de s'assurer que leurs agents connaissent bien les règlements de police, ainsi que les mesures à prendre dans la conduite et la manœuvre des divers organes, pour conduire leurs trains d'après les horaires tracés et en toute sécurité. — Les questions à poser découlent des titres d'articles de notre Ouvrage se rapportant au fonctionnement des principaux organes des véhicules.

En dehors de la pratique de la conduite, et de la connaissance parfaite des règlements, il faut que les aspirants aient des notions suffisantes sur le système de traction qui les intéresse pour pouvoir en saisir le fonctionnement général et celui des organes principaux, surtout l'importance des phénomènes dont ceux-ci sont le siège : de là se déduisent les règles très simples à observer pour la conduite, permettant d'obtenir un bon fonctionnement des moteurs et générateurs, sans pannes, avaries, ni dépenses inutiles d'énergie. La *première* partie du questionnaire général ci-après concerne ces agents. Elle porte seulement sur le but et le fonctionnement des organes essentiels, les mesures à prendre dans le maniement des appareils de commande pour tirer le meilleur parti de l'énergie employée, en évitant les accidents de personnes et les avaries de matériel. — Elle n'est qu'un exemple des questions à poser.

Pour les mécaniciens et wattmen aimant véritablement leur métier et désireux de s'instruire ou de parvenir à une situation plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

élevée, ils doivent acquérir par l'étude la connaissance théorique des premières notions mécaniques et électriques, sans lesquelles il n'est pas possible de saisir le fonctionnement exact des moteurs. Ces agents peuvent alors répondre à la deuxième partie de notre questionnaire général, qui ne donne aussi qu'un aperçu des questions à poser.

Les paragraphes II et III de cette note concernent spécialement le Métropolitain et la Compagnie générale des Omnibus de Paris.

§ I. — Questionnaire général

Première partie

D. — *Quels sont les organes à graisser et à régler avant la sortie du dépôt le matin, puis aux différents moments de la journée?*

R. — Les instructions et les exemples donnés pendant l'apprentissage permettent de répondre d'une manière exacte à cette question, et aussi de marcher d'une façon économique.

D. — *Quelles sont les avaries à éviter particulièrement?*

R. — Dans les véhicules à vapeur, celles qui surviendraient par manque de l'alimentation ou de chauffage excessif du générateur; dans les véhicules électriques, le chauffage des moteurs, les arcs persistants, les courts-circuits; dans les divers types de moteurs, les détériorations par travail exagéré ou insuffisance de graissage des organes.

D. — *Qu'est-ce qu'il faut avoir soin de faire dans les démarrages?*

R. — S'assurer d'abord que les freins sont bien desserrés, ce desserrage ayant dû, pour plus de sûreté, être effectué dès l'arrêt complet lorsque l'on se trouve en palier ou en très faible pente. Opérer le démarrage sans brutalité et cependant assez rapidement pour ne pas créer un retard qui obligerait ensuite à trop forcer la vitesse.

D. — *D'une manière générale, dans les arrêts prévus, quelle doit être la vitesse lorsqu'on commence à freiner?*

R. — La moitié environ de la vitesse maxima tolérée, soit 8 km par exemple dans les tramways de Paris, où l'allure maxima permise est de 16 km.

D. — *Quelle doit être la vitesse dans les fortes rampes au double point de vue de l'économie d'énergie et de la conservation du véhicule?*

R. — Elle doit être généralement assez modérée, mais suffisante cependant pour qu'on ne soit pas obligé dans la suite du parcours (paliers et pentes) de forcer la vitesse au delà de l'allure tolérée ou simplement avantageuse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D. — *Sur quelle longueur peut-on compter pouvoir arrêter un véhicule sur route dont les roues arrière portent les 2/3 de la charge et qui marche à 20 km en palier, sur un bon terrain non glissant, sans faire patiner les roues?*

R. — Des indications suffisantes ont été données au paragraphe 50, pour permettre de résoudre ce problème de la plus grande importance pour éviter les accidents (tramways, autobus), ou pouvoir s'arrêter aux endroits indiqués dans les gares (métropolitains, chemins de fer). Un terrain ou un rail humides ou glissants et une pente même faible, diminueront la rapidité de l'arrêt, qui sera au contraire plus prompt sur une rampe. L'emploi de sable dans les véhicules sur rails permettra de réduire beaucoup la longueur de l'arrêt en rendant possible l'emploi d'une plus forte pression de freinage sans risque de patinage des roues.

On peut, dans la généralité des cas, obtenir mieux que dans les essais du contrôle, où la règle des *trois vingt* (arrêt en 20 m sur une pente de 20 mm à la vitesse de 20 km) ne comporte pas l'emploi du sable.

DEUXIÈME PARTIE

D. — *Qu'est-ce qu'une* AUTOMOBILE?

R. — C'est un véhicule qui se déplace par ses propres moyens.

Lorsque l'énergie est produite sur le véhicule même, on lui donne parfois le nom d'automoteur, de locomoteur, d'automotrice ou simplement de motrice, expressions qui s'emploient aussi pour désigner un véhicule remorquant un ou plusieurs attelages (ex. : automotrice de chemin de fer ou de tramway, motrice de métropolitain...). Le nom d'automobile est alors réservé aux véhicules circulant seuls.

D. — *Quels sont actuellement les* AGENTS MOTEURS *des véhicules automobiles?*

R. — Ce sont la vapeur d'eau, les vapeurs d'alcool, de benzol ou de pétrole, l'électricité.

D. — *Comment obtient-on la* VAPEUR D'EAU SATURÉE *ou* SURCHAUFFÉE? *Comment peut-elle agir?*

R. — La vapeur servant à actionner les véhicules automobiles s'obtient en faisant chauffer à une température suffisante de l'eau contenue dans un réservoir clos et résistant. Si la vapeur continue à être soumise à l'action du foyer encore après sa séparation du liquide qui lui a donné naissance, on dit qu'elle est *surchauffée*. Dans le cas contraire, elle est dite *saturée*. La puissance de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur résulte de son expansibilité (9). L'eau peut être chauffée par un combustible quelconque : charbon, coke, pétrole, gaz...

D. — *Comment est obtenu le* FLUIDE MOTEUR *des véhicules à pétrole, à benzol et à alcool ?*

R. — Par un mélange en proportions convenables (10) de vapeurs de ces combustibles et d'un certain volume d'air; ce mélange est comprimé à une certaine pression dans le cylindre et ensuite allumé au moyen d'une étincelle électrique, ce qui produit son explosion et donne une pression élevée susceptible de pousser le piston dans le cylindre.

D. — *Qu'est-ce que l'*ÉLECTRICITÉ*? Comment est-elle produite?*

R. — C'est un fluide dont on ignore la constitution, et qui se décèle par ses effets, lesquels peuvent être mécaniques, physiques ou chimiques; on en détermine aussi la nature et la puissance au moyen d'instruments de mesure et de vérification appropriés.

L'électricité est produite par une action chimique dans les piles, et par une double action : magnétique et mécanique, dans les machines magnétos et les dynamos. Dans les magnétos, un aimant naturel permanent produit le champ magnétique ; dans les dynamos, c'est un électro-aimant, c'est-à-dire un aimant obtenu par le passage du courant électrique dans une bobine en fil de cuivre isolé munie d'un barreau de fer doux disposé suivant son axe. Le déplacement de l'induit dans le champ magnétique donne naissance à un courant électrique alternatif, qui peut être utilisé comme il est produit (magnétos d'allumage des moteurs à explosions), ou bien recueilli et changé en courant continu au moyen d'un collecteur (génératrices et moteurs des véhicules électriques).

D. — *Qu'appelle-t-on* MACHINE *en général?*

R. — On donne ce nom à tout organe ou ensemble mécanique pouvant servir à produire ou à transmettre une force ou un travail. Un levier (2) est une machine simple.

D. — *Qu'appelle-t-on* MACHINE MOTRICE ?

R. — C'est une machine produisant un travail qui est transmis à d'autres machines (machines-outils, par exemple), ou à des organes de la machine motrice même (hélice d'un navire, roues d'un véhicule...).

On donne parfois à ces machines le nom de MOTEUR, principalement dans les véhicules automobiles; on dit ainsi : un moteur à pétrole, un moteur électrique.

Les véhicules à transmission électrique comprennent par exemple un moteur à pétrole, une machine dynamo génératrice et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une ou deux réceptrices ou moteurs. La locomotive Heilmann comprenait une machine à vapeur motrice, une machine dynamo génératrice et huit réceptrices électriques ou moteurs. On voit que ce nom de moteur est réservé dans les deux cas considérés aux machines attaquant le plus directement les essieux ou les roues. Les deux expressions : machine génératrice et moteur, ont ici une signification bien différente ; la génératrice (entraînée par la machine à vapeur) produit en effet du courant électrique, tandis que les moteurs fonctionnent sous l'action de ce courant.

D. — *De quels organes essentiels est composé un moteur à vapeur à double effet de véhicule automobile ?*

R. — De un ou de plusieurs cylindres, recevant d'une boîte de distribution la vapeur venant du générateur, laquelle, distribuée alternativement de chaque côté du cylindre par le jeu d'un tiroir ou d'une soupape commandés par une came ou un excentrique, imprime à un piston mobile un mouvement rectiligne de va-et-vient, que la bielle et la manivelle transforment en mouvement de rotation continu de l'essieu moteur ou des roues, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un arbre-vilebrequin. La vapeur agissant sur le piston à chaque course de ce dernier, les temps sont tous moteurs, et par conséquent au nombre de deux par tour de l'arbre-manivelle.

D. — *De quelles autres parties principales peuvent se composer les moteurs de véhicules à vapeur ?*

R. — De soupapes d'échappement, d'un condenseur, d'un refroidisseur, de pompes d'alimentation ou d'injecteurs, de soupapes de sûreté...

D. — *Les véhicules à vapeur comportent-ils un embrayage et un changement de vitesse ?*

R. — Ces organes ne sont pas nécessaires, le moteur pouvant être lié d'une façon invariable au différentiel ; il tourne dans ce cas constamment avec les roues et avec une vitesse proportionnelle à celle du véhicule, avec lequel il s'arrête également. La vitesse de marche se règle alors par le degré d'ouverture de l'obturateur de prise de vapeur, par la pression de la vapeur dans le générateur, enfin par le degré d'admission de cette vapeur dans les cylindres.

Des véhicules à vapeur ont été munis d'un changement de vitesse (OMNIBUS WEIDENECHT).

D. — *Comment fonctionne un moteur à pétrole à un cylindre et à quatre temps ?*

R. — Le piston, entraîné par l'arbre-vilebrequin et la bielle, aspire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le premier temps de son cycle un mélange de vapeurs d'essence et d'air, qui entre dans le cylindre par la soupape d'aspiration; ce mélange est comprimé par le piston dans le deuxième temps et enflammé par l'étincelle électrique lorsque le piston arrive à l'extrémité de sa course; l'expansion subite des gaz qui en résulte chasse le piston dans le troisième temps, en imprimant à l'arbre-manivelle et au volant une impulsion qui produit la marche du véhicule et sert à faire franchir au piston les trois autres temps non moteurs. Enfin, dans le quatrième temps, le piston chasse du cylindre par la soupape d'échappement les gaz brûlés pour permettre une nouvelle aspiration de gaz frais au commencement du cycle suivant.

D. — *Décrivez deux ou trois systèmes un peu différents de carburateur, d'allumage, de circulation, d'embrayage, de changement de vitesse, de transmission de mouvement aux roues, de freins, de direction ?*

R. — On répondra facilement à ces diverses questions en se reportant aux divers articles où elles sont traitées.

On répondra de même aux questions qui pourront être posées sur les précautions à prendre dans la visite, le graissage et la conduite du véhicule pour réduire les avaries, les pannes, les dérapages.

D. — *De quelles parties essentielles se compose un moteur électrique ?*

R. — De la *carcasse*, portant les épanouissements ou pièces polaires, les *bobines inductrices* ou *électro-aimants* et les paliers d'induit, et formant un circuit magnétique *fermé* lorsque les électro-aimants sont excités (les deux parties de la carcasse devant pour cela venir bien en contact); puis de l'*induit* avec le collecteur, des balais et du câblage.

D. — *Expliquez sommairement le fonctionnement des moteurs ?*

R. — En manœuvrant le contrôleur (ou coupleur), le courant de la ligne ou de la batterie d'accumulateurs traverse les inducteurs, qu'il aimante en déterminant un champ magnétique autour de l'induit; celui-ci recevant également le courant par les balais et le collecteur, il se produit dans l'enroulement de l'induit en relation avec les lames du collecteur sur lesquelles appuient les balais un couple (4) qui provoque le mouvement de rotation de l'induit (1), lequel entraîne à son tour l'essieu, soit directement, soit par des engrenages.

(1) Voir (61) l'explication du fonctionnement des machines et moteurs électriques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D. — *Quelles précautions faut-il prendre dans la visite et le graissage des moteurs électriques ?*

R. — Il faut éviter les épandages et projections d'huile sur l'induit, notamment dans la partie accessible et non protégée avoisinant le collecteur; cette huile agglutinerait les poussières métalliques provenant principalement du frottement et de l'usure du collecteur et pourrait mettre les lames de ce dernier, ou bien les sections de l'induit, dans un endroit dénudé, en court-circuit. Il faut éviter aussi de laisser tomber de l'eau sur les organes du moteur, dont elle diminuerait l'isolement des diverses parties, ainsi que celui des câbles ; — et éviter également de laisser tomber des outils ou des pièces de fer dans le fond de la carcasse, car ils pourraient être attirés vers les bobines et venir ensuite frotter contre l'induit, en user les frettes et l'isolant, et créer ainsi des courts-circuits (qu'il importe absolument d'éviter dans les véhicules électriques).

D. — *Quelles précautions doit-on prendre encore dans la conduite des véhicules électriques ?*

R. — Dans la manœuvre du coupleur, lors des démarrages, il faut passer *franchement* d'un plot sur le suivant pour réduire les étincelles et éviter la formation d'arcs entre les touches ; la manette de marche doit être maintenue sur chacun d'eux le temps juste suffisant pour faire prendre au véhicule la vitesse correspondant à chaque plot. Pour la marche normale, on doit, suivant les circonstances de la route, maintenir le levier du coupleur sur les derniers plots du fonctionnement en série ou en parallèle, lesquels ne comportent aucune résistance dans le circuit, — le passage du courant dans les résistances étant une cause de dépense inutile d'énergie et d'échauffement.

Pour couper le courant, il faut ramener franchement la manette au zéro. Enfin, avant de faire usage du frein, soit à main, soit à air, il faut couper le courant pour éviter l'échauffement que la diminution, puis la suppression, de la f. c. é. m. amèneraient dans les moteurs, où passerait alors un courant trop intense qui détériorerait immédiatement l'isolant et mettrait les spires ou les sections en court-circuit.

D. — *Quelles sont les principales avaries ou pannes pouvant survenir en cours de route, et quelles sont les mesures à prendre pour pouvoir continuer son chemin dans les meilleures conditions ?*

R. — L'étude des divers articles de notre traité examinant ces questions permet d'y répondre, si l'on a eu soin également de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'exercer au garage, ou dans la remise, à en trouver la solution pratique.

§ II. — Principales questions techniques posées a l'examen pour l'emploi de conducteur-wattman du Chemin de fer métropolitain de Paris.

A. — Généralités

1° Notions élémentaires sur le courant électrique.

2° Notions élémentaires sur la distribution du courant continu sur le réseau : rail de courant, rails de retour, sectionnements, courts-circuits.

B. — Matériel roulant

a) *Unités multiples Thomson*

1° Courant principal et courant de commande. Marche du courant principal dans une motrice.

2° Fusibles de sécurité. Parties de l'équipement protégées.

3° Manipulateur. Contacteurs. Inverseur. Résistances; leur rôle. Avaries.

4° Moteurs. Description, fonctionnement, avaries.

5° Groupement en série et en parallèle des deux moteurs d'une motrice.

6° Rôle des courants de commande. Ligne de train. Régulateur d'intensité.

7° Avaries les plus fréquentes des équipements à Unités multiples. Isolement d'une motrice.

b) *Système Westinghouse multiple*

Principales avaries de moteurs. — Les différents cas d'avaries de moteurs sont les suivants :

1° Lamelles du collecteur en court-circuit;

2° Induit à la masse;

3° Moteur défretté, les parties pendantes venant à toucher la masse;

4° Moteur calé par suite de la rupture d'un boulon d'assemblage des roues dentées tombé dans les engrenages;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° Entraînement d'huile sur le collecteur, occasionnant de fréquentes disjonctions, et nécessitant l'isolement de cette motrice ;

6° Porte-charbons à la masse ;

7° Courts-circuits, ou échauffement dans le câblage du circuit des moteurs ;

8° Inducteurs à la terre.

Dans chacun des cas ci-dessus, le conducteur doit demander au chef de secteur l'autorisation de partir haut-le-pied, après avoir isolé électriquement la motrice avariée, sauf exception faite pour les stations désignées par la circulaire S. T. V. (points desquels il doit continuer avec voyageurs, même n'ayant que deux motrices en circuit). Il devra, néanmoins, lorsqu'il y aura danger de panique ou commencement d'incendie, abandonner tous ses voyageurs à n'importe quelle station de la ligne ; dans ces cas-là, le chef de secteur doit être demandé d'urgence, et le train avarié ne doit repartir qu'après son arrivée et sur son ordre.

c) *Avaries de frotteurs*

1° Frotteur ou câble de frotteur à la masse ;

2° Frotteur coincé ;

3° Frotteur cassé ;

4° Axe de frotteur perdu ;

5° Tresses de frotteurs coupées.

Pour toutes les avaries de frotteurs, le conducteur doit partir haut-le-pied, après avoir relevé les 4 frotteurs et tous les interrupteurs de la loge de la motrice avariée.

Voir pour plus amples détails la circulaire S. T. 2 *bis*.

d) *Avaries de coupleurs*

Lorsqu'une avarie de coupleur se produit, elle provient généralement de fils mal isolés et s'échauffant ou se court-circuitant entre eux ; cette avarie n'a pas un grand inconvénient sur les Westinghouse, vu qu'ils n'intéressent nullement le courant de traction, et qu'ils ne servent qu'à la lumière et aux compresseurs ; le conducteur enlève le coupleur avarié et continue avec voyageurs en mettant la lumière générale en tête et en queue du train.

e) *Avaries de câblages*

Les avaries de câblages sont assez rares, les quelques cas qui se présentent viennent d'un échauffement anormal, ou par suite de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

court-circuit, entre eux, ou avec la masse, en raison de la défectuosité de leur isolant. Dans chacun de ces cas, le conducteur doit isoler la motrice où se produit l'avarie et demander l'autorisation de partir haut-le-pied.

C. — Freins

1° Freins à air comprimé. Conduite générale. Conduite blanche. Enumération ou rôle des différents appareils et robinets;

2° Compresseur. Description. Avaries;

3° Indiquer sommairement la marche de l'air comprimé pendant un serrage ou un desserrage, sans entrer dans le détail du fonctionnement des appareils et organes;

4° Timonerie du frein à main;

5° Principales avaries de freins. Fuites ou ruptures de conduites. Mauvais serrages. Mauvais desserrages.

D. — Eclairage

Ligne de train. Emploi de la perche.

Nota. — L'examen comporte dix questions écrites, trois questions orales et un examen pratique (dans une motrice), auquel on attachera une importance toute particulière.

(Les développements donnés au chapitre *Métropolitains* à chacune de ces questions permettront aux élèves wattmen de les résoudre et d'y répondre en toute satisfaction.)

Un examen mensuel a lieu aussi pour les conducteurs-wattmen titulaires, surnuméraires et monte à défaut, examen portant sur le règlement général et sur le matériel affecté à la ligne sur laquelle le conducteur est en attachement (au point de vue des précautions et mesures à prendre en cas d'avaries, principalement).

§ III. — Principales questions posées aux machinistes de la Compagnie générale des Omnibus de Paris lors de l'examen pour l'obtention du certificat d'aptitude a conduire les véhicules électriques a accumulateurs.

D. — *Qu'est-ce que l'électricité ?*

R. — C'est un fluide invisible, susceptible d'être utilisé pour la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

production de l'énergie, comme la vapeur, l'air comprimé, etc., et qui ne se décèle et qu'on ne connaît que par ses effets.

D. — *Comment marchent les voitures de la ligne ?*

R. — A l'électricité, fournie par les accumulateurs placés sous les banquettes d'intérieur des automotrices.

D. — *Comment est formée la batterie d'accumulateurs des voitures ?*

R. — De bacs en ébonite contenant des lames de plomb et de l'eau acidulée, la queue des plaques négatives d'un bac étant réunie à la tête des plaques positives du bac suivant au moyen d'une connexion ou lame de plomb soudée.

D. — *Par quels organes ou appareils passe le courant électrique pour faire mouvoir les voitures ?*

R. — Le courant part du pôle positif de la batterie, passe par le câblage, les plombs fusibles et le coupleur, d'où il est distribué aux moteurs en traversant l'interrupteur automatique ou à main et les résistances; il revient enfin au pôle négatif de la batterie par l'interrupteur arrière.

D. — *Quelles sont les causes qui peuvent provoquer les pannes et quelles sont les mesures à prendre dans chaque cas ?*

R. — En dehors d'une faiblesse de batterie, qui peut être occasionnée par une dépense exagérée de courant du fait du machiniste (vitesse exagérée, interruption tardive du courant et serrage presque simultané du frein dans les ralentissements et les arrêts, mauvais état de la batterie, charge insuffisante), ces causes peuvent provenir d'une connexion fondue, d'un bac qui s'est vidé, d'un interrupteur ouvert, de plomb fusible fondu, de câble coupé, de charbons ne portant pas bien sur les collecteurs, de touches du coupleur n'entrant pas bien dans leur logement ou ne donnant pas un bon contact, de courts-circuits aux moteurs, etc. (Les mesures à prendre dans chaque cas sont indiquées au règlement de la Compagnie spécial à ces voitures.)

D. — *Comment sont composés les coupleurs ?*

R. — Le *coupleur* F. L. est composé de deux cylindres munis de touches et manœuvrés au moyen de manettes; lorsqu'on manœuvre le grand cylindre, on réalise les diverses connexions de marche, les touches 1, 2, 3, 4 se rapportant à la marche en série des moteurs, et les touches 5, 6, 7 à la marche en parallèle ; le petit cylindre, manœuvré par la petite manette, permet la marche avant ou la marche arrière, avec un ou deux moteurs, suivant le cas.

Le *coupleur* T. H. est également composé de deux cylindres, le plus petit servant à obtenir la marche avant ou arrière et le plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grand la marche en série ou en parallèle. Il y a cinq touches ou positions (1, 2, 3, 4, 5) pour la marche en série, et quatre (6, 7, 8, 9) pour celle en parallèle. A la partie inférieure de la boîte du coupleur sont disposés deux interrupteurs qui permettent d'isoler soit l'un, soit l'autre des moteurs.

Le *coupleur* S. A. est composé de deux arbres à cames commandant des bras articulés à l'extrémité desquels sont les touches qui ferment les circuits et réalisent les différentes connexions, lorsqu'elles sont engagées dans leurs logements respectifs sous l'action de ressorts à lames. Dans ce coupleur, la marche en série et la marche en parallèle s'obtiennent au moyen de la grande manette, qui, poussée sur le cran AV 1, donne la marche en série, et sur le cran AV 2 la marche en parallèle. La petite manette sert à supprimer les résistances dans les deux cas. La marche arrière s'obtient également au moyen de la grande manette en la ramenant complètement à gauche ; les résistances sont retirées au moyen de la petite manette, comme dans la marche avant.

Pour isoler soit l'un, soit l'autre moteur, il suffit de fixer les leviers portant les touches au moyen de goupilles destinées à cet usage. Les touches 12 et 13 isolent le moteur AV et les touches 9 et 10 le moteur AR ; le numérotage des touches part de la partie supérieure du coupleur.

D. — *Qu'est-ce qu'on entend par marcher en série, marcher en parallèle ?*

R. — Dans le cas de marche en série (crans 1 à 4 dans le coupleur F. L., crans 1 à 5 dans le coupleur T. H., et cran AV 1 dans le coupleur S. A.), le courant passe du moteur AV au moteur AR pour retourner ensuite à la batterie, et il est partagé entre les deux moteurs, avec un voltage moitié seulement de celui de la batterie ; dans la marche en parallèle (crans 5 à 7 du coupleur F. L., crans 6 à 9 du coupleur T.H, et cran AV 2 du coupleur S.A.), les deux moteurs reçoivent chacun directement la totalité du courant de la batterie par un circuit distinct, la vitesse obtenue est double environ, mais la dépense d'électricité est double également.

D. — *Quelles sont les parties qui composent les moteurs ?*

R. — Ce sont : la carcasse, les inducteurs, l'induit qui est avec le collecteur la partie mobile du moteur, les câbles, les porte-balais, et les balais. Sur l'arbre de l'induit est calé un pignon qui engrène avec une roue dentée montée sur l'essieu, auquel l'induit communique ainsi le mouvement (très ralenti) dont il est animé.

D. — *Quels sont les appareils de sécurité de la voiture ?*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

R. — Ce sont, d'une part, les freins ; d'autre part, les interrupteurs et les plombs fusibles.

D. — *Y a-t-il certaines manœuvres ou opérations qu'il faut éviter de faire ?*

R.— Oui, par exemple : de relier par un morceau de fer une plaque négative et une plaque positive de la batterie, les deux bornes d'une voiture en chargement, les touches du coupleur, en un mot, deux points du circuit ou d'un organe se trouvant à des potentiels différents.

Il faut éviter aussi : de débrancher une voiture en charge avant que le courant n'ait été coupé par le chargeur et que celui-ci n'ait donné le signal convenu ; de fermer l'interrupteur de plate-forme avant que la charge ne soit terminée également, etc.

D. — *Combien y a-t-il de freins ?*

R. — Trois : le frein à main, qui est manœuvrable des deux plates-formes au moyen d'une poignée (les machinistes doivent s'assurer fréquemment que celui de la plate-forme arrière n'est pas serré) ; le frein à air, ayant la même timonerie que le précédent, et dont on se sert d'une façon normale ; enfin le frein électrique, dont on ne doit faire usage qu'avec prudence et seulement dans le cas d'avarie aux deux autres.

D. — *A quelle vitesse peut-on marcher en voie libre ?*

R. — La vitesse maximum permise est de 16 km par heure, soit 4,44 m par seconde, dans les endroits habités, et 25 km par heure ou environ 7 m par seconde dans les passages non habités ; au passage des croisements ou aiguilles prises en pointe, ainsi qu'à la descente des déclivités dépassant 4 cm par mètre, la vitesse doit être réduite à 8 km par heure ou 2,22 m par seconde, soit la vitesse d'un homme marchant au pas à bonne allure. On doit encore ralentir dans les courbes prononcées, aux passages de la voie protégés par un signal vert (drapeau ou lanterne) ; aux carrefours, et en général à tous les endroits fréquentés ou dangereux.

D. — *Quelles sont les distances à conserver entre les voitures qui se suivent ?*

R. — 50 ou 100 m en pleine marche, suivant que la vitesse autorisée est de 16 ou de 25 km, et 3 m seulement aux bureaux et points d'arrêts, la différence entre ces 3 m et les 50 ou 100 m ci-dessus devant être franchie AU PAS.

D. — *A quels endroits, en dehors des arrêts réglementaires pour laisser ou prendre des voyageurs, doit-on encore s'arrêter ?*

R. — Aux aiguilles prises en pointe, aux bifurcations, aux croi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sements, aux signaux rouges du service de la voie (les feux blancs signifient voie libre), aux appels du conducteur, enfin chaque fois qu'il y a obstacle ou danger à continuer.

D. — *Comment fait-on les manœuvres en arrière ?*

R. — Au pas, la voiture ou le train étant précédé d'un homme portant un drapeau ou une lanterne rouge, marchant à une dizaine de mètres et un peu en dehors de la voie.

D. — *Quelles sont les couleurs des feux des voitures ?*

R. — Un ou plusieurs feux blancs à l'avant et un feu rouge à l'arrière ; les autres lumières sont des feux d'indication de lignes.

D. — *Que faut-il faire à l'arrivée au terminus ?*

R. — Serrer le frein à main, lever le disjoncteur ou l'interrupteur AV, retirer les manettes de marche, aider à brancher la voiture, éteindre les lampes si elles sont allumées, s'assurer du bon état des freins, sablières et autres organes de sécurité ou importants de la voiture, graisser le compresseur, les boîtes à huile et leurs glissières s'il y a lieu, enfin signer le registre de l'état des freins au bureau des contrôleurs.

D. — *Peut-on abandonner sa voiture ?*

R. — En principe, non ; mais, si l'on est dans l'obligation de le faire, il faut auparavant caler les roues ou se faire remplacer par un homme du garage (en cours de route par le conducteur).

D. — *Qu'est-ce que la marche type ?*

R. — C'est l'indication des distances entre les points d'arrêt consécutifs, avec le temps nécessaire pour les franchir en marchant d'une façon régulière. Ce tableau est affiché au dépôt et à la tête de ligne.

D. — *Que doit-on faire en prenant sa voiture le lendemain au dépôt, en dehors de sa préparation propre ?*

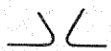
R. — S'assurer que les réparations portées sur la feuille journalière du machiniste sont faites et signer le registre d'état des freins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU I

SYMBOLES ET SIGNES CONVENTIONNELS FONDAMENTAUX ADOPTÉS PAR LES ÉLECTRICIENS

Objets	Signes conventionnels
A. Courant continu	
B. Courant alternatif simple	
C. Borne	
D. Conducteur en général	
E. Induit de machine en général	
F. Dispositif quelconque de commande à distance	
G. Appareil de mesure en général	
H. Compteur quelconque	
K. Dispositif à haute tension quel que soit le genre ou la nature de l'appareil	

Objets	Signes conventionnels
L. Dispositif immergé dans l'huile, représentation du bain en général	
M. Indication d'un dispositif de polarisation magnétique	

Application à la représentation de divers appareils de mesure



Ampèremètre — Ampèremètre enregistreur — Voltmètre — Wattmètre

Ampère-heure-mètre — AH — WH — Watt-heure-mètre

TABLEAU II

SIGNES CONVENTIONNELS GÉNÉRAUX

Objets	Signes conventionnels
1. Interrupteurs	
2. Inverseur	
3. Disjoncteurs	
4. Coupe-circuit	
5. Parafoudre	
6. Plaque de terre en général	
7. Commutateur	
8. Réducteur d'accumulateur	
9. Résistance fixe en général	
10. Résistance variable solide	
11. Résistance liquide en général	
12. Résistance variable liquide	
13. Bobine de self-induction ou solénoïde ou inducteur	
14. Solénoïde à noyau de fer (noyau plongeur ou circuit magnétique non fermé par du fer)	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU II (*Suite*)

SIGNES CONVENTIONNELS GÉNÉRAUX

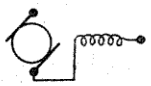
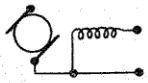
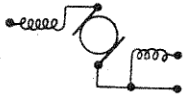
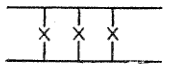
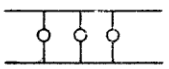
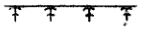
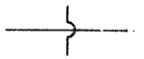
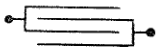
Objets	Signes conventionnels
15. Électro-aimant	
16. Indicateur de sens de courant	
17. Induit isolé de dynamo courant continu	
18. Dynamo série	
19. Dynamo shunt	
20. Dynamo compound	
21. Induit isolé, moteur courant continu	
22. Induit isolé d'alternateur en général	
29. Batterie d'accumulateurs	
30. Batterie de piles	
31. Lampes à arc	

TABLEAU II (*Fin*)

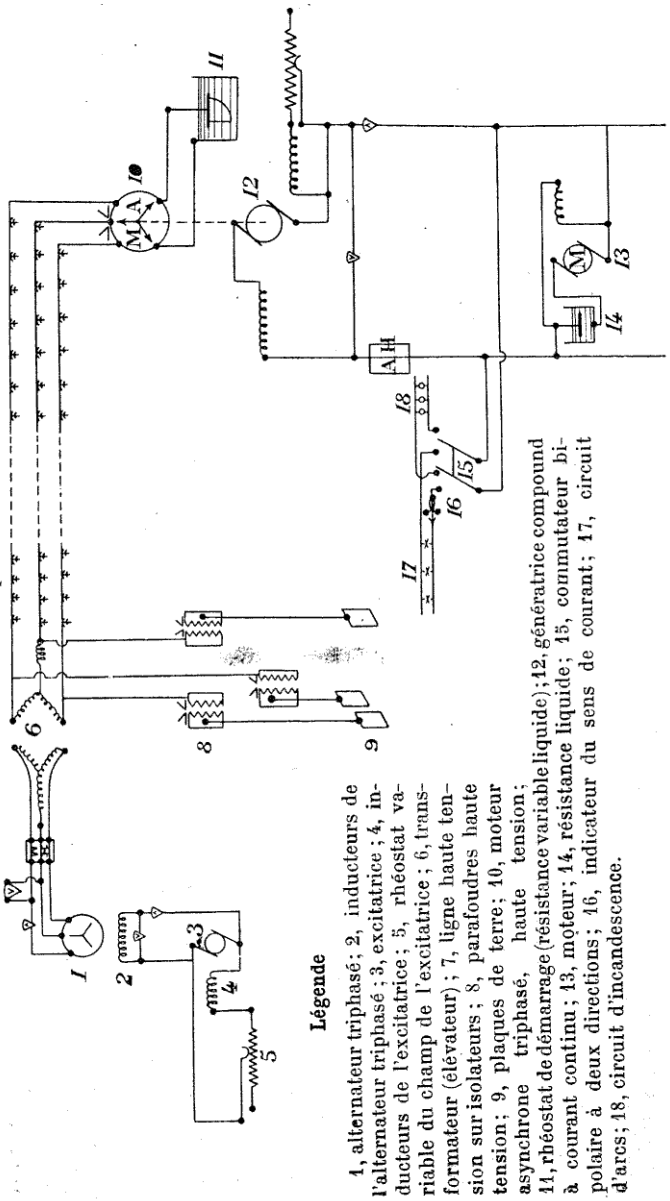
SIGNES CONVENTIONNELS GÉNÉRAUX

Objets	Signes conventionnels
32. Lampes à incandescence.....	
33. Isolateur basse tension.....	
34. Isolateur haute tension.....	
35. Ligne basse tension sur isolateurs.....	
36. Ligne haute tension sur isolateurs.....	
37. Croisement de lignes.....	
38. Connexions.....	
39. Poussoir ou clé de contact.....	
40. Capacité.....	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU III

SCHÉMA D'UNE INSTALLATION ÉLECTRIQUE



Légende

1, alternateur triphasé ; 2, inducteurs de l'alternateur triphasé ; 3, excitatrice ; 4, inducteurs de l'excitatrice ; 5, rhéostat variable du champ de l'excitatrice ; 6, transformateur (élévateur) ; 7, ligne haute tension sur isolateurs ; 8, parafoudres haute tension ; 9, plaques de terre ; 10, moteur asynchrone triphasé, haute tension ; 11, rhéostat de démarrage (résistance variable liquide) ; 12, génératrice compound à courant continu ; 13, moteur ; 14, résistance liquide ; 15, commutateur bipolaire à deux directions ; 16, indicateur du sens de courant ; 17, circuit d'arcs ; 18, circuit d'incandescence.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU IV

MESURE DES SURFACES ET DES VOLUMES

Surfaces planes

Triangle $S = \frac{b}{2} h$.....

Carré $S = a^2$.....

Rectangle $S = bh$.....

Trapèze $S = \frac{b + b'}{2} h$.....

Cercle $S = \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4}$

Secteur $mon = \frac{\pi R^2 \alpha}{360}$ .....

Ellipse $S = \pi \frac{a}{2} \frac{b}{2}$.....

Surfaces courbes

Sphère $S = 4\pi R^2 = \pi D^2$ .....

Cylindre circulaire droit $S = 2\pi RH$.

Cône à base circulaire droit

$S = \pi RL$.....

Volumes

Cylindre circulaire droit $V = \frac{\pi B^2}{4} H$

Cône à base circulaire droit ou oblique $V = \pi \frac{B^2}{4} \frac{H}{3}$ .....

Sphère pleine $V = \frac{4}{3} \pi R^3$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



SAINT CHRISTOPHE, PATRON DES CHAUFFEURS

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TOURS
IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES
6, RUE GAMBETTA

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49, PARIS, VIe

LA VIE AUTOMOBILE

Automobilisme, Cyclisme, Tramways, Aérostation, Yachting, etc.

PARAISSANT TOUS LES SAMEDIS

Organe de vulgarisation, à la fois technique et pratique, s'adressant aux ingénieurs comme aux gens du monde, rédigée par l'élite des écrivains spéciaux pour chacune de ses rubriques, ornée de superbes gravures, tirée avec le plus grand soin sur un papier de luxe, **La Vie automobile** s'est placée au premier rang de toutes les publications similaires. Elle a été fondée en octobre 1901.

RÉDACTEUR EN CHEF : **Charles FAROUX**

PRINCIPAUX COLLABORATEURS :

ARCHDEACON, DANIEL BELLET, Dr BOMMIER, CARLO BOURLET, G. CLAUDE, GEORGES DARY, LIEUTENANT-COLONEL ESPITALLIER, FAVRON, FOREST, GATOUX, YVES GUÉDON, L. GUILLET, J. IZART, KISTEMAECKERS, LAVILLE, G.-A. LEROY, LHOMER, MARCHIS, BARON DE MAUNI, MONIER, MONTPELLIER, MAX DE NANSOUTY, LUCIEN PÉRISSÉ, M. POINCET, ED. PONTIÉ, RAVIGNEAUX, MAX RINGELMANN, SAINTURAT, SALOMON, SOULIER, TARIS, DE VALBREUZE.

ABONNEMENT ANNUEL :

France... **20** fr. ; Etranger... **25** fr. ; le numéro... 0 fr. 50

Une livraison spécimen est adressée sur demande contre 0 fr. 15 (frais d'envoi)

LA TECHNIQUE AUTOMOBILE

SUPPLÉMENT MENSUEL ILLUSTRÉ DE **LA VIE AUTOMOBILE**

SEULE REVUE traitant spécialement des questions automobiles au point de vue scientifique. Fondée en janvier 1906

RÉDACTEUR EN CHEF : **Charles FAROUX**

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

*Abonnement annuel : FRANCE : **10** fr. — ÉTRANGER : **12** fr.*

Prix spécial pour les abonnés à la VIE AUTOMOBILE. . . 5 fr.

Prix du Numéro : 1 franc

Une livraison spécimen est adressée sur demande contre 0 fr. 15 (frais d'envoi).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49, PARIS, VIe

BIBLIOTHÈQUE DU CHAUFFEUR

En dépit du développement constant de l'industrie automobile française, les publications sérieuses sur la question sont peu nombreuses, à part quelques études remarquables, mais trop techniques pour être utiles à la masse toujours croissante des chauffeurs. — *La présente collection répond aux besoins actuels.*

Cette collection, la plus complète et la mieux documentée qui ait été publiée jusqu'à présent sur les questions d'automobile, formera dix-sept jolis volumes in-8°, illustrés luxueusement, reliés en cuir souple vert et or.

PROGRAMME DE LA COLLECTION

VOLUMES PARUS

Le bréviaire du chauffeur. Anatomie. Physiologie. Pathologie. Thérapeutique et hygiène, par le Dr R. BOMMIER. Troisième édition..... **8** fr. »

Principes et recettes. Voiture. Force motrice. La route. La remise. Notes techniques. Pratique administrative et juridique. Vocabulaire, par Pol RAVIGNEAUX et J. IZART..... **7** fr. **50**

Éléments de mécanique et d'électricité. Mécanique théorique. Mécanique appliquée à l'automobile. Electrotechnique. Applications de l'électricité aux automobiles, par DE VALBREUZE et LAVILLE..... **7** fr. »

Le chauffeur à l'atelier. Travail des métaux, des tubes, du bois et du cuir. Exercices d'atelier et recettes diverses, par le Dr BOMMIER.... **6** fr. **50**

Code du chauffeur. Construction. Réception. Vente. Déclaration. Identification. Examen de capacité. En route. Impôts. Brevets. Texte et commentaires des lois, par J. IMBRECQ..... **7** fr. **50**

Dictionnaire illustré et vocabulaire de l'automobile (français, allemand, anglais, italien), suivi d'un manuel pratique de tourisme international, par J. IZART..... **8** fr. »

Hygiène du chauffeur, le moteur humain, par le Dr BOMMIER..... **6** fr. »

Les occasions dans le commerce automobile, par Ch. LAVILLE. **8** fr. »

Canots automobiles et house-boats, par IZART..... ... **6** fr. **50**

POUR PARAITRE PROCHAINEMENT :

Voiturettes et tricars, par Pol RAVIGNEAUX et GATOUX.

L'allumage, par SAINTURAT.

La voiture (châssis, transmission, carrosserie), par RUTISHAUSER.

La roue, par LAVILLE.

Le moteur, par Pol RAVIGNEAUX.

La voiture électrique et la voiture à vapeur, par DE VALBREUZE.

Cycles et Motocycles, par Pol RAVIGNEAUX et GATOUX.

L'industrie automobile et ses annexes, par Pol RAVIGNEAUX.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires