

Titre : Production et distribution de l'énergie pour la traction électrique

Auteur : Martin, Henry

Mots-clés : Électrification ; Électricité*Distribution

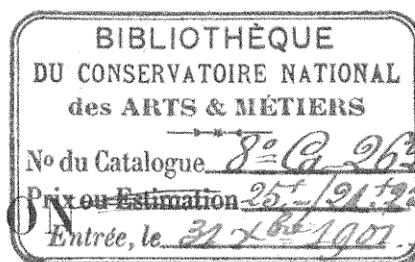
Description : 1 vol. (760 p.) ; 25 cm

Adresse : Paris : Ch. Béranger, 1902

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 8 Ca 262

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8CA262>

PRODUCTION
ET
DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE
POUR LA
TRACTION ÉLECTRIQUE



PRODUCTION

82 Ca 262

ET

DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

POUR LA

TRACTION ÉLECTRIQUE

PAR

HENRY MARTIN

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Stations centrales, Sous-Stations de transformation,
Feeders, Lignes aériennes, Trolleys,
Troisième rail, Caniveaux, Contacts superficiels, Retour du Courant.

AVEC 870 FIGURES DANS LE TEXTE

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

SUCCESSEUR DE BAUDRY ET C^{ie}

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1902

Tous droits réservés.



PRODUCTION
ET
DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE
POUR LA TRACTION ÉLECTRIQUE

INTRODUCTION

Nous nous sommes proposé, en écrivant cet ouvrage, de traiter la question des installations fixes que comporte la traction électrique et d'étudier, en particulier, la production du courant et sa distribution depuis les usines génératrices jusqu'aux moteurs des voitures.

Il existe actuellement un grand nombre d'excellents ouvrages concernant la traction électrique, au premier rang desquels nous citerons le remarquable traité de MM. André Blondel et Paul Dubois¹. Toutefois, la plupart des auteurs ont développé d'une manière plus ou moins complète la question du matériel roulant, sans insister sur les moyens que l'on peut employer pour lui fournir l'énergie.

C'est cette lacune que nous avons essayé de combler dans ce volume en étudiant tout particulièrement les installations fixes. La production de l'énergie électrique dans les usines, sa transformation dans les sous-stations et sa distribution sur les réseaux de chemins de fer et de tramways constituent, en effet, la partie capitale d'une installation de traction. Ce sont les installations fixes qui nécessitent la plus grande partie des dépenses d'établissement et c'est de leur bonne exécution que dépendent la régularité et l'économie d'exploitation.

L'étude des installations fixes est souvent fort délicate ; le problème

¹ André Blondel et Paul Dubois. *La traction électrique*, 2 vol. Ch. Béranger, édit.
H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

à résoudre se pose, en effet, d'une manière différente dans chaque cas particulier. On se trouve généralement en présence de solutions nombreuses, qui peuvent être bonnes ou mauvaises selon les lieux et les circonstances.

La disposition du réseau, l'intensité de la circulation, les profils des lignes, le prix de revient des différents combustibles utilisables, les exigences des municipalités, etc., sont autant de questions qu'il faut examiner de très près si l'on veut arriver à satisfaire, à la fois, les intérêts souvent contradictoires du public et des exploitants.

Après avoir donné un certain nombre d'indications au sujet de l'installation et de l'exploitation des stations centrales et des sous-stations de transformation, nous avons traité d'une manière assez détaillée la question de la construction des lignes aériennes de prise de courant.

Les lignes aériennes constituent, en somme, le seul moyen véritablement économique et pratique de distribuer le courant aux voitures de tramways. L'installation de ces lignes présente beaucoup plus de difficultés qu'on ne serait tenté de se l'imaginer tout d'abord. Lorsqu'elles sont mal établies, l'exploitation des tramways s'en ressent très vivement et il devient bien difficile, dans la suite, de diminuer leurs défauts.

Les lignes de chemins de fer, qui sont pourvues de clôtures sur tout leur parcours, sont plus favorisées, puisqu'il devient alors possible d'installer des conducteurs électriques au niveau du sol. La prise de courant par troisième rail continu constitue le meilleur dispositif que l'on connaisse ; il permet, en effet, d'atteindre les plus grandes vitesses sans que l'on ait à redouter l'échappement de l'organe de prise de courant.

Dans les stations et dans les gares où les employés et les voyageurs sont obligés de circuler sur les voies, on peut alors faire usage du troisième rail sectionné. Ce dispositif permet de ne maintenir le courant sur le rail conducteur qu'au moment du passage des trains.

Nous avons été amené, ensuite, à examiner les différents systèmes de prise de courant par caniveau et par contacts superficiels, auxquels on est forcé d'avoir recours, pour les tramways, lorsque les municipalités ne tolèrent pas l'établissement du fil de trolley et lorsque l'emploi des accumulateurs est jugé trop onéreux.

L'installation des caniveaux ne peut se justifier que pour les lignes à grand trafic où l'on peut amortir rapidement les dépenses considérables que nécessite leur construction.

Dans le cas contraire, il ne reste d'autre ressource que d'avoir recours aux différents systèmes de prise de courant par contacts superficiels.

A la suite de malencontreux accidents, ces différents systèmes ont été tenus un peu en suspicion par le public. Ils sont cependant capables de rendre de grands services lorsqu'ils sont bien établis. Dans tous les cas ils n'occasionnent généralement pas d'accidents de personnes ayant des suites bien graves, ce qui est déjà quelque chose.

Nous avons écarté, systématiquement, dans cette dernière étude, tous les systèmes à contacts superficiels qui n'ont pas été appliqués sur des lignes en exploitation. Nous estimons, en effet, que les résultats pratiques, seuls, permettent de juger les dispositifs de ce genre. Les appareils qui, sur le papier, paraissent les plus ingénieux et les mieux compris sont souvent incapables de donner le moindre résultat pratique. Il faut donc les accueillir avec une grande méfiance, jusqu'à ce qu'ils aient fait leurs preuves.

La question du retour de courant a une importance capitale à laquelle on ne prête pas toujours l'attention qu'elle mérite. Nous nous sommes efforcé de décrire les procédés les plus récents et les plus perfectionnés auxquels on peut avoir recours pour augmenter la conductance des voies et pour supprimer, dans la limite des choses possibles, les phénomènes d'électrolyse qui ont une action si nuisible sur les différentes canalisations situées sous les voies publiques.

H. M.

PREMIÈRE PARTIE

PRODUCTION DU COURANT

CHAPITRE PREMIER

DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE D'UNE STATION CENTRALE POUR LA TRACTION ÉLECTRIQUE

§ 1. — DÉTERMINATION DE L'EFFORT DE TRACTION

L'importance d'une station centrale destinée à alimenter un réseau de tramways ou de chemins de fer dépend du poids et du nombre des voitures en service, du profil des voies empruntées et de l'éloignement plus ou moins grand des points extrêmes des lignes.

La recherche de la puissance de la station centrale se ramène donc à la détermination de la somme des efforts de traction de toutes les voitures lorsqu'elles circulent sur le réseau conformément à l'horaire convenu.

L'effort de traction pour une voiture est donné par la formule

$$E = p (f \pm \delta).$$

Dans cette formule, le signe $+$ se rapporte à une rampe et le signe $-$ à une pente ; p est le poids de la voiture, f l'effort de traction par kilogr. en palier et δ la pente par mètre.

La puissance en chevaux nécessaire pour faire circuler la voiture à la vitesse v (exprimée en mètres par seconde) est donc

$$P = \frac{pv (f \pm \delta)}{75}$$

La puissance exprimée en watts serait

$$P' = \frac{pv (f \pm \delta)}{0,402}.$$

Dans le but d'éviter des mécomptes, M. Eric Gérard conseille de prendre $f = 0,015$ dans les projets.

En réalité, l'effort de traction est proportionnel à $\sin \alpha$, α étant l'angle de la voie avec un plan horizontal. Cet angle étant petit, on peut sans inconvénient le confondre avec sa tangente δ .

Dans les démarrages, l'effort de traction peut être quintuplé. M. Reckenzaun a observé que dans les courbes de 15 mètres de rayon, l'effort de traction des voitures était doublé et que dans celles de 10 mètres cet effort atteignait une valeur triple.

La tension du courant de distribution étant sensiblement constante, on se trouve donc ramené à chercher l'intensité du courant absorbé par chaque voiture.

En réalité, l'effort de traction n'est pas absolument indépendant de la vitesse de la voiture, mais les variations de cet effort sont suffisamment faibles pour qu'on puisse le supposer constant dans la pratique.

L'effort de traction est très variable avec la nature et l'état de la voie. En palier, sur une voie Vignole, cet effort n'est que de 3 à 4 kilogr. par tonne, tandis que dans les mêmes conditions il atteint 12 kilogr. sur les voies Broca. Il peut même atteindre 20 à 30 kilogr. sur les voies mal entretenues.

Ces différences sont d'ailleurs mises en évidence par l'emploi du coefficient de traction. Ce coefficient n'est autre chose que le rapport de la force qui est nécessaire pour tirer le véhicule au poids de ce véhicule.

Ce coefficient est très variable, suivant la nature de la voie.

Tramway, en alignement droit	voie propre.	0,010
	voie sale	0,020
Chemin de fer, voie bien entretenue		0,003

L'adhérence d'une voiture sur les rails varie du cinquième au dixième du poids porté par les roues motrices¹. Les roues patinent donc au démarrage lorsque l'effort de traction devient trop considérable.

Examinons maintenant le cas où l'on fait usage de remorques. Si l'on désigne par p le poids de l'automotrice et par p' le poids de la remorque, la formule de l'effort de traction devient

$$E = (p + p') (f + \delta).$$

Supposons que la ligne ait une pente de 50 millimètres par mètre

$$\delta = 0,05.$$

¹ Eric Gérard. *Leçons sur l'électricité*. Liège.

Admettons également que le coefficient d'adhérence soit 0,12 et que le coefficient de traction soit 0,012.

$$E = (p + p') 0,062.$$

Pour que l'automotrice puisse entraîner son propre poids et celui de la remorque, il faut que l'adhérence soit au moins égale à l'effort de traction. A la limite, on a donc

$$0,062 (p + p') = 0,12 p'$$

d'où

$$p' = 1,07 p.$$

Pour déterminer la puissance que doit fournir l'usine, on peut employer plusieurs méthodes.

La plus simple consiste à déterminer sur le profil en long de la ligne les diverses positions que doivent occuper toutes les voitures en circulation dans le même sens à un instant donné.

On détermine pour chaque voiture la puissance absorbée en tenant compte de la pente et de la vitesse convenue, on obtient ainsi une somme

$$P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

On fait ensuite de même pour les voitures circulant en sens inverse et l'on obtient une autre somme

$$P'_1 + P'_2 + \dots + P'_n.$$

La puissance que doit fournir l'usine est donc

$$\sum P + \sum P'$$

abstraction faite, bien entendu, des pertes dans le fil de travail et dans les feeders.

Il ne suffit pas de faire une seule détermination, car il y a lieu, en somme, de rechercher la position la plus défavorable des voitures.

On recommence donc plusieurs fois la même opération, en supposant les voitures arrivées en des points différents. On adopte finalement le chiffre le plus fort.

M. Paul Dupuy propose une méthode un peu différente¹. Cette méthode consiste à diviser la ligne en un certain nombre de sections,

¹ Paul Dupuy. *La traction électrique*, 1897. Bécus, édit.

dans chacune desquelles il y aura deux voitures montantes et deux voitures descendantes.

Chaque section est ensuite divisée en deux sous-sections pour obtenir le plus de combinaisons possible.

Supposons la ligne divisée en trois sections et en six demi-sections a, b, c, d, e, f . Nous choisissons les points les plus défavorables pour obtenir la puissance maxima et nous prenons la moyenne du résultat.

En appelant M les voitures qui vont dans un sens et R celles qui reviennent, on a en ces différents points les puissances partielles :

$$M_a + M_c + M_e + R_f + R_d + R_b.$$

$$M_b + M_d + M_f + R_e + R_c + R_a.$$

En appliquant à chaque voiture la formule

$$(1) \quad P = \frac{N \left(r + 15 \right) \frac{6}{5} \times V}{75}$$

dans laquelle 15 représente l'effort de traction en palier et r exprime la rampe ou pente en millimètres.

Dans cette formule nous ferons

$$N = 4 \text{ et } V = 2^m,8 \text{ à la seconde}$$

car pour 10 000 mètres à l'heure, on a

$$V = \frac{10\,000}{3\,600} = 2^m,8 \text{ par seconde.}$$

En appliquant cette méthode à la ligne Madeleine-Levallois-Perret, M. Paul Dupuy a trouvé les résultats suivants :

Aller et retour	Effort en kilogrammètres dû aux rampes. . .	127 680
	— — — pentes . . .	56 910
Effort total pour remorquer 1 tonne.		184 596

L'effort moyen correspondant sera :

$$\frac{184\,596}{9\,486} = 19^k,4 \text{ par tonne.}$$

La formule précédente devient donc :

$$P = \frac{\left(r + 19,4 \right) \frac{6}{5} \times 2,8}{75}$$

Il suffit de remplacer r par les valeurs correspondantes aux points choisis. On a ainsi :

$M_a = \frac{36,9 \times 2,8}{75} = 1,3 \text{ ch.}$	$M_b = \frac{38,16 \times 2,8}{75} = 1,44 \text{ ch.}$
$M_c = \frac{12 \times 2,8}{75} = 0,43$	$M_d = \frac{24,4 \times 2,8}{75} = 0,92$
$M_e = \frac{24 \times 2,8}{75} = 0,90$	$M_f = \frac{26,4 \times 2,8}{75} = 0,97$
$R_f = \frac{25,2 \times 2,8}{75} = 0,94$	$R_e = \frac{24,6 \times 2,8}{75} = 0,92$
$R_d = \frac{28,3 \times 2,8}{75} = 1,05$	$R_c = \frac{27,2 \times 2,8}{75} = 1,00$
$R_b = \frac{12 \times 2,8}{75} = 0,43$	$R_a = \frac{20,1 \times 2,8}{75} = 0,74$
<u>5,09 ch.</u>	<u>5,99 ch.</u>

La puissance totale pour remorquer une tonne sera donc la somme de ces résultats

$$\sum (M + R) = 5,09 + 5,99 = 11,08 \text{ ch.}$$

et pour 11 tonnes qui est le poids réel d'une voiture, on aura comme puissance totale à fournir aux moteurs

$$11,08 \times 11 = 121,8, \text{ soit } 122 \text{ chev.}$$

En admettant un rendement de 50 p. 100 entre les machines à vapeur et les moteurs des voitures, on aura à l'usine

$$\frac{122}{0,5} = 244 \text{ chevaux-vapeur installés.}$$

§ 2. — RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES

Nous empruntons également à l'ouvrage de M. Dupuy le tableau suivant (p. 10), donnant les efforts nécessaires pour remorquer une tonne sur les faibles rampes.

Le tableau (fig. 1) donne des indications analogues pour des pentes de 0 à 120 millimètres.

En réalité, quand on fait un projet de traction, il y aurait lieu de tenir compte des démarrages, des courbes, de l'adhérence, etc. MM. Blondel

VITESSE		KILOGRAMMÈTRES absorbés par la résistance de l'air.	EFFORT NÉCESSAIRE EN KILOGRAMMÈTRES POUR REMORQUER UNE TONNE SUR DES RAMPES EN MILLIMÈTRES DE														
en mètres par seconde	en kilom. à l'heure.		Pa- lier 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
2,22	8	6,43	25	48	70	92	115	137	159	181	205	225	247	270	292	314	
4,47	15	40,64	48	90	134	173	215	256	298	340	384	422	465	507	548	590	
5,55	20	95,75	64	115	175	250	286	341	397	452	508	563	619	674	730	785	
6,95	25	188,00	80	149	219	288	358	427	»	»	»	»	»	»	»	»	
8,33	30	324,00	96	179	262	345	429	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
10,00	36	560,00	115	215	315	415	515	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
11,40	40	»	128	239	350	461	572	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
12,50	45	»	144	269	394	519	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
13,33	48	1327	153	286	420	553	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
15,00	54	1890	172	322	472	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	

et Paul Dubois¹ ont longuement décrit les différentes méthodes que l'on peut employer dans ce but. Nous n'insisterons donc pas davantage sur ce sujet, d'autant plus que la détermination de la puissance de l'usine est toujours assez peu précise, quelle que soit la rigueur de la méthode employée.

Les résultats d'expériences peuvent, en pareil cas, donner des indications très précieuses. Nous empruntons à l'ouvrage de MM. Blondel et Paul Dubois les résultats suivants, qui concernent des réseaux à déclivités moyennes exploités au moyen d'automotrices à deux moteurs sans remorque.

NOMBRE D'AUTOMOTRICES A 2 MOTEURS EN SERVICE	PUISSANCE DES MACHINES A VAPEUR EN CHEVAUX INDIQUÉS PAR VOITURE	
	a 30 places (poids moyen 7 tonnes)	à 50 places (poids moyen 10 tonnes)
25 à 30	10	15
15 à 25	12	20
10 à 15	15	25
5 à 10	20	30
1 à 5	25	35

Sur les réseaux à déclivités plus fortes, ces chiffres doivent naturellement être majorés. Par exemple une installation de 25 voitures exigerait 10 à 12 chevaux par voiture sur une ligne à faibles rampes, en demandera 12 à 15, sur une ligne à déclivités plus accentuées (2 à 3 p. 100) et 25 à 30 sur une ligne à très fortes rampes (5 à 6 p. 100).

¹ A. Blondel et Paul Dubois. *La traction électrique*, t. II, p. 429 à 712.

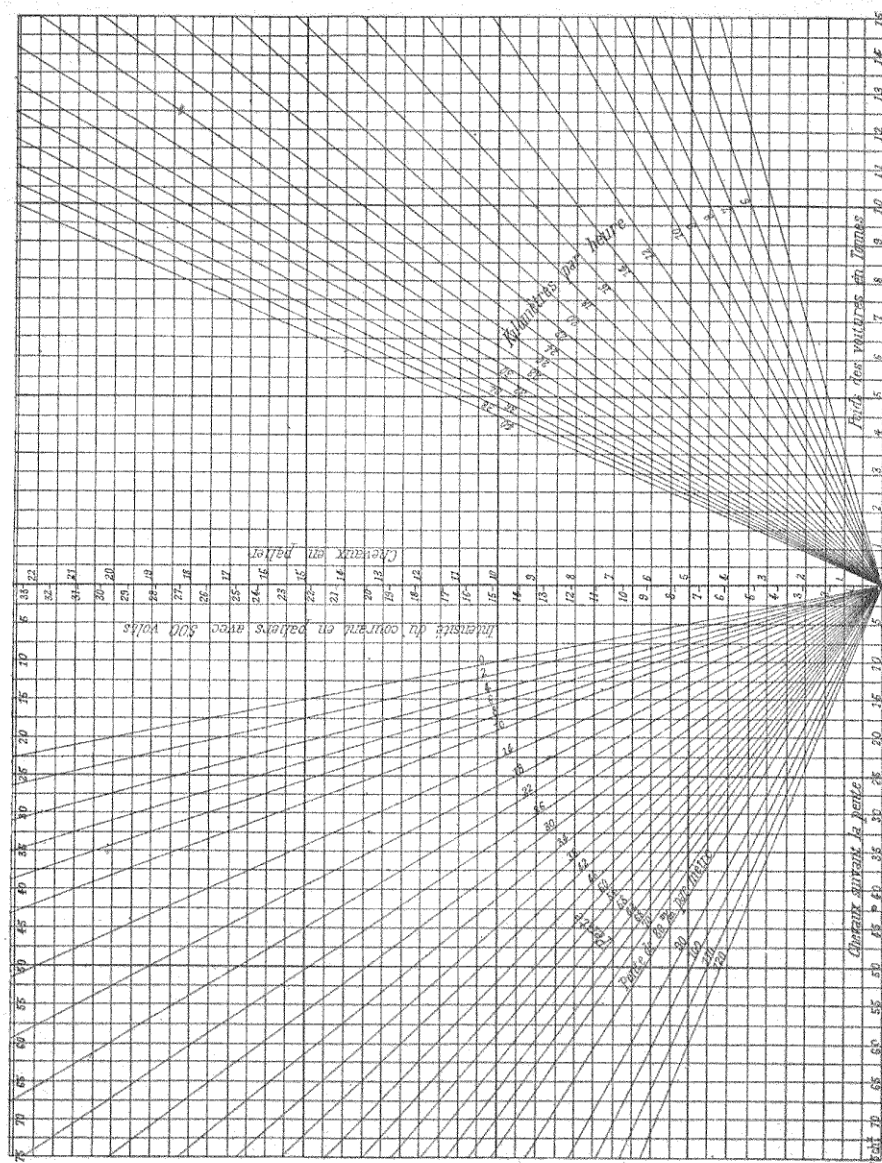


Fig. 1. — Tableau permettant la détermination de la puissance absorbée par une voiture.

Les chiffres du tableau précédent sont élevés; ils supposent qu'on recherche une vitesse assez grande et une accélération rapide.

En Europe on pourra suivre avec plus de confiance le barème ci-contre

LARGEUR DE VOIE ET ÉQUIPEMENT	NOMBRE APPROXIMATIF de places.	POIDS d'une voiture complètement chargée en tonnes.	VITESSE de marche en km : h.		RAMPE admissible (jusqu'à 1500 m. de longueur).		RAMPE MAXIMA admissible (jusqu'à 200 m. de longueur).		PUISSANCE ÉLECTRIQUE NÉCESSAIRE A L'USINE PAR VOITURE en kilowatts (chevaux)							
			en rampe.	en palier.	sans avec	voiture d'attelage.	sans avec	voiture d'attelage.	Déclivité moyenne == 0,003		Déclivité moyenne == 0,006		Déclivité moyenne == 0,013		Déclivité moyenne == 0,020	
									sans avec	voiture d'attelage.	sans avec	voiture d'attelage.	sans avec	voiture d'attelage.	sans avec	voiture d'attelage.
Voie de 1 m., 2 moteurs de 12 chevaux.	25	6,5	10-15	15-25	0,028	0,010	0,035	0,015	(9,5) 7	(15,5) 11,5	(12) 9	(14) 14	(16) 12			
Voie normale ou de 1 m., 1 moteur de 20 chev.	30	7	10-15	15-25	0,020	0,05	0,043	0,022	(9,5) 7	(15) 14	(12) 9		(15,5) 14,5	(17) 12,5	(17) 12,5	(32,5) 24
Voie normale ou de 1 m., 2 moteurs de 20 chev.	30	7,5	10-15	15-25	0,040	0,020	0,083	0,043	(10) 7,5	(16) 12	(13) 9,5	(20) 15	(17) 12,5	(27) 20	(19,5) 14,5	(32,5) 24
Voie normale ou de 1 m., 2 moteurs de 20 chev.	40	8	10-15	15-25	0,038	0,013	0,077	0,033	(11) 8	(17) 12,5	(13,5) 10	(21,5) 16	(17,5) 13	(28,5) 21	(20) 15	(34) 25
Voie normale ou de 1 m., 4 moteurs de 35 chev.	40	7,5	10-15	15-25	0,040	0,020	0,083	0,043	(11) 8	(17) 12,5	(13,5) 10	(21,5) 16	(17,5) 13	(28,5) 21	(22,5) 16,5	(36) 26,5
Voie normale ou de 1 m., 2 moteurs de 35 chev.	40	9	10-15	15-25	0,058	0,033	0,125	0,077	(15) 11	(21) 15,5	(18) 13,5	(25,5) 19	(24) 18	(34) 25	(27) 20	(40) 30

N. B. — Les chiffres entre parenthèses indiquent les puissances en chevaux correspondant aux chiffres de kilowatts écrits au-dessous.

N. B. — Les chiffres entre parenthèses indiquent les puissances en chevaux correspondant aux chiffres de kilowatts écrits au-dessous.

de M. Max Corsepius déduit de données d'expériences et qui est beaucoup plus complet que le précédent.

Ce tableau indique la puissance maxima à prévoir par voiture. En supposant l'équipement des voitures choisi d'après la déclivité maxima il donne pour chaque type d'équipement cette puissance en fonction de la déclivité moyenne de la ligne. Pour avoir la puissance totale qui devra être installée à l'usine (indépendamment de la réserve) on n'a qu'à multiplier le chiffre trouvé par le nombre des voitures circulant simultanément sur la ligne (déduction faite des voitures en stationnement aux extrémités et, en outre, par un coefficient de correction destiné à tenir compte de l'amplitude relative des oscillations suivant l'importance de l'installation; ce coefficient pourra par exemple, être pris égal à 1,3 s'il y a moins de 4 voitures en service, à 1,2 pour 4 à 6 voitures, à 1,1 pour 6 à 10 voitures et à 1 au delà de 10 voitures.

Le tableau suppose les voitures complètement chargées et effectuant leur parcours à la vitesse moyenne de 15 kilomètres à l'heure. Pour d'autres vitesses et des charges moindres il y aurait lieu de modifier proportionnellement les chiffres indiqués (en admettant que la régulation des moteurs puisse se faire d'une manière parfaitement économique à la vitesse adoptée, ce qui n'est pas toujours le cas).

CHAPITRE II

ORGANISATION DES STATIONS CENTRALES A VAPEUR

§ 1. — CHOIX DU NOMBRE D'UNITÉS MOTRICES

Lorsque la puissance totale est déterminée il y a lieu de déterminer le nombre d'unités motrices que comprendra la station centrale. Ce nombre est évidemment très variable suivant l'importance du réseau que doit desservir l'usine. Il est avantageux d'employer un petit

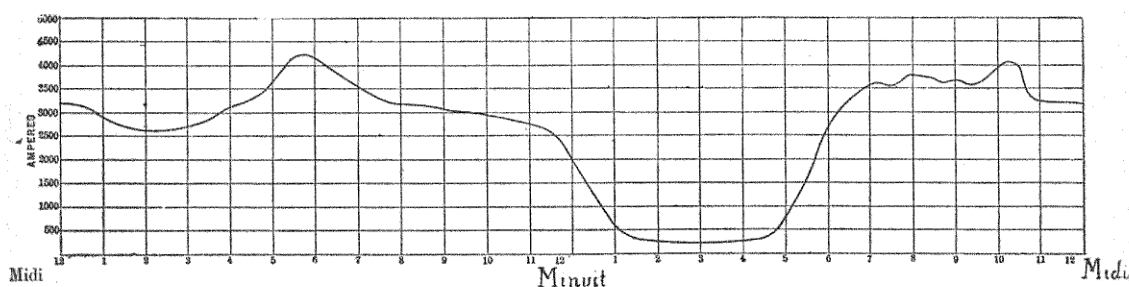


Fig. 2. — Courbe de débit d'une station centrale de tramways.

nombre d'unités de grande puissance, car le prix d'achat et les dépenses d'entretien sont plus faibles que lorsque l'on fait usage de machines plus nombreuses et moins puissantes.

Par contre les unités très puissantes permettent plus difficilement de suivre les variations de charge qui se produisent d'une manière à peu près régulière à certaines heures de la journée (fig. 2-4). On n'a pas, en effet, la ressource de mettre en marche un nombre plus ou moins grand d'unités.

La puissance des unités employées sur les réseaux de tramways varie de 100 à 1 000 chevaux. Sur les métropolitains et les chemins de fer cette puissance atteint parfois 2 000 chevaux.

En Amérique il existe même des installations comportant des unités à haute tension de 8 000 chevaux.

Le choix du nombre d'unités motrices doit toujours être fait en prévoyant une ou plusieurs unités de réserve ne fonctionnant pas en temps normal. Le nombre minimum des unités ne doit donc pas être inférieur à deux. On doit, de plus, prévoir les extensions futures de l'usine en cas de développement. Sur les petits réseaux de province on emploie

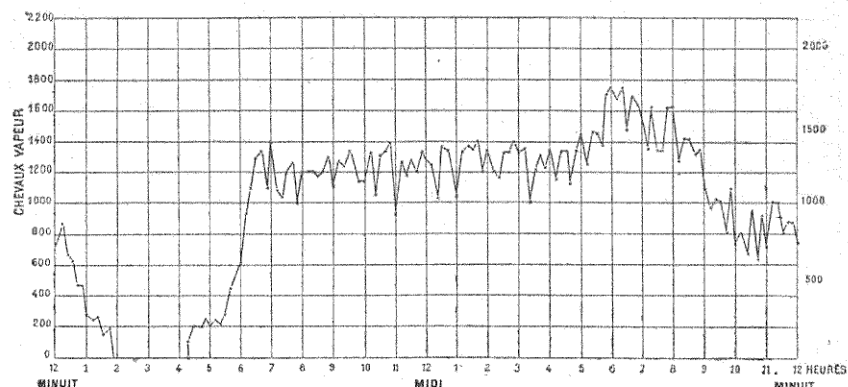


Fig. 3.

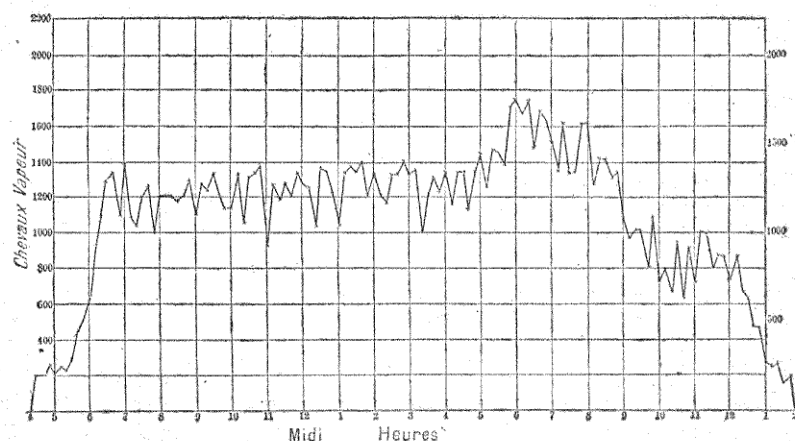


Fig. 4.

Fig. 3 et 4. — Exemples de la puissance développée par deux stations centrales de traction aux diverses heures de la journée.

généralement 2, 3 ou 4 unités de 150 à 300 chevaux. L'unité de 150 chevaux est employée dans la plupart des installations ne comportant qu'une dizaine de voitures en service.

Dans ces derniers temps les unités de 1000 chevaux ont été employées sur plusieurs réseaux importants.

MM. Blondel et Dubois ont relevé les proportions suivantes dans les installations récentes faites en Amérique.

PUISSANCE MAXIMA NÉCESSAIRE	NOMBRE DES UNITÉS GÉNÉRATRICES	PUISSANCE DE CHAQUE UNITÉ
Chevaux		Chevaux
200	2	200
400	3	200
600	3	300
1 000	3	500
1 500	4	500
2 000	4	750
3 000	6	1 000
10 000	6	2 000

D'autre part nous donnons dans le tableau suivant la composition de quelques stations centrales de tramways installées en France ou à l'étranger.

LOCALITÉ	NOMBRE DE CHAU- DIÈRES	SURFACE DE CHAUFFE DE CHAQUE CHAUDIÈRE	NOMBRE D'UNITÉS MOTRICES	PUISSANCE DE CHAQUE UNITÉ MOTRICE	NOMBRE DE TOURS DES MACHINES A VAPEUR	NOMBRE DE VOITURES EN SERVICE SUR LE RÉSEAU
		m ²		Chevaux		Voitures
Enghien	2	120	2	150	160	9
Elbeuf	3	120	3	150	160	15
Montpellier	3	140	3	200	90	21
Mézières	2	125	2	150	160	9
Rouen (2 ^e réseau).	3	250	3	350	60	38
Bruxelles-Tervue- ren	6	120	3	300	130	»
Châlons	2	80	2	150	160	»
Alexandrie	2	120	2	150	160	10
Sedan	2	125	2	150	160	9
Bordeaux-Bouscat	2	132	2	150	235	10
Bordeaux-Caudé- ran	2	175	2	250	75	16
Bordeaux-Pessac .	2	132	2	150	75	10
Saint-Denis	3	125	2	125	70	»
Asnières	4	175	4	250	80	»
Fourvières	3	170	2	428	»	20
Usine provisoire de l'Est parisien . .	3	170	4	170	80	»
Montfermeil . . .	2	132	2	150	160	10
Bastille - Charen- ton	3	200	3	220	75	»
Bâle (1 ^{er} réseau) .	2	60	2	100	»	»
Budapest	13	200	10	280	»	»

LOCALITÉ	NOMBRE DE CHAU- DIÈRES	SURFACE DE CHAUFFE DE CHAQUE CHAUDIÈRE	NOMBRE D'UNITÉS MOTRICES	PUISSANCE DE CHAQUE UNITÉ MOTRICE	NOMBRE DE TOURS DES MACHINES A VAPEUR	NOMBRE DE VOITURES EN SERVICE SUR LE RESEAU
		m ²		Chevaux		Voitures
Dresde	2	137	2	150	16	»
Hanovre	5	200	3	600	100	»
Bruxelles	4	182	4	200	135	32
Christiania	3	235	3	225	»	18
Halle	3	90	3	130	»	15
Jersey	3	152	2	200	180	36
Brême	2	70	2	75	120	7
Port - à - l'Anglais (Est parisien) . .	3	130	3	180	»	28
	21	225	7	1350	»	»

Voici, d'autre part, quelques données pratiques sur un certain nombre de réseaux de tramways d'Allemagne.

LOCALITÉ	LONGUEUR DE VOIE EN KILOMÈTRES	NOMBRE DE VOITURES MOTRICES	PUISSANCE TOTALE EN KILOWATTS
Hambourg	101	401	3.000
Münich	58	86	1.000
Elberfeld	13,4	97	530
Leipzig	92,8	190	1.450
Aix-la-Chapelle	62	63	1.000
Posen	11,5	25	200
Coblence	15,5	45	300
Bamberg	10,4	16	300
Essen	38,7	91	1.200
Chemnitz	20,6	68	480
Breslau	17	75	600
Lübeck	13,4	29	360
Plauen	3,4	13	144
Strasbourg	17	56	250
Stuttgart	19,5	65	500
Dantzig	16,3	43	430
Dortmund	15,1	36	360
Gera	9,5	26	286
Kiel	14,8	41	360
Bromberg	6,8	20	270
Altenbourg	3,5	7	150

Les différences parfois très sensibles que l'on peut remarquer entre des installations placées, en apparence, dans des conditions analogues proviennent des profils très variés des lignes.

Les stations centrales desservant des chemins de fer sont généralement beaucoup plus importantes. Voici les données caractéristiques de quelques-unes de ces usines.

	NOMBRE DE CHAUDIÈRES	SURFACE DE CHAUFFE DE CHAQUE GÉNÉRATEUR	NOMBRE D'UNITÉS MO- TRICES	PUISSANCE DE CHAQUE UNITÉ MOTRICE	NOMBRE DE TOURS
		Mètres carrés			
Métropolitain de Budapest . . .	6	305	4	800	»
City and South London Railway	8	220	4	425	»
Métropolitain de Paris	18	244	5	3 000	»
Chemins de fer de l'Ouest (Usine des Moulineaux)	27	235	9	1 200	80
Manhattan Rail- way	64	125	8	8 000	»

La charge des machines d'une station centrale de traction électrique étant excessivement variable il est indispensable que les dernières

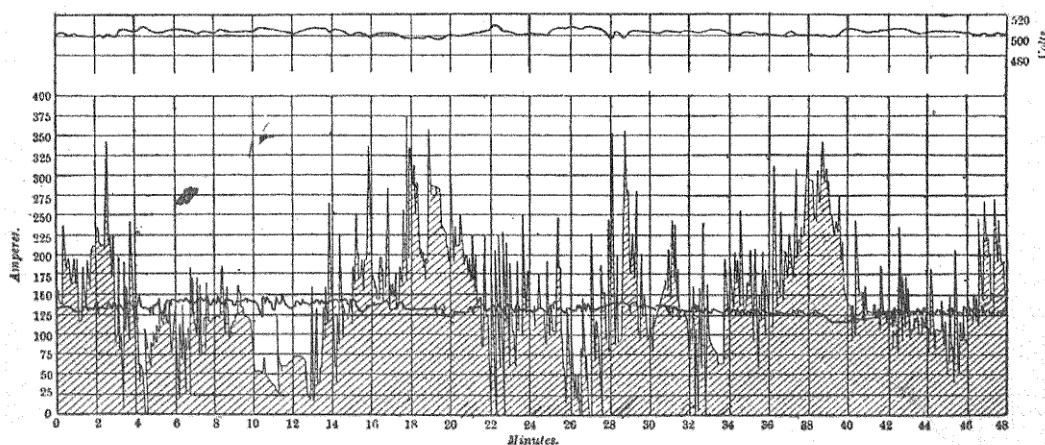


Fig. 5. — Courbes de débit d'une usine pourvue d'une batterie d'accumulateurs.

puissent travailler au-dessous et au-dessus de leur puissance normale. Les machines à vapeur doivent donc être pourvues de régulateurs sensibles et efficaces de manière à éviter les variations d'allure et surtout les emballements.

Lorsque la charge varie dans des limites très étendues il peut être avantageux d'installer à l'usine une batterie d'accumulateurs qui jouera le rôle de régulateur. Cette batterie absorbera le courant surabondant dans les périodes de faible charge et le restituera au moment où la dépense sur la ligne sera supérieure à la production de l'usine. On peut de la sorte réaliser une économie de charbon très appréciable.

On recommande de prendre une puissance de 10 p. 100 supérieure à celle qui est consommée sur la ligne afin de tenir compte des pertes dans les accumulateurs.

La figure 5 représente les courbes de débit de l'usine et des génératrices seules relevées à la station centrale des tramways de Remscheid (Allemagne) après l'addition d'une batterie. Avant l'installation des accumulateurs on devait avoir constamment en service 3 unités génératrices de 100 kilowatts bien que le débit moyen ne fût que de 232 ampères. Après la mise en service de la batterie il a suffi de 2 unités pour assurer le service par suite de l'uniformisation de la charge.

L'emploi d'une batterie d'accumulateurs est également tout indiqué dans les stations centrales comportant des moteurs à gaz.

CHAPITRE III

CHAUDIÈRES

§ 1. — GÉNÉRALITÉS

Nous n'entreprendrons pas ici de donner une description des générateurs les plus employés dans les stations centrales, ce qui sortirait du cadre de cet ouvrage. Les types les plus variés depuis les plus simples jusqu'aux plus perfectionnés sont, en effet, employés dans les différentes usines actuellement en exploitation. La chaudière à bouilleurs primitive est cependant inusitée dans les stations centrales où la mise en pression des générateurs doit être aussi rapide que possible sous peine d'amener une consommation exagérée de combustible. La période d'allumage doit, en effet, être aussi courte que possible lorsque l'extinction de la chaudière est reproduite à des intervalles rapprochés.

On emploie, de préférence, les chaudières semi-tubulaires et les chaudières à petits éléments. Parmi les chaudières semi-tubulaires les plus usitées nous citerons les générateurs Fives-Lille, Meunier, Montupet, etc.

Les chaudières à petits éléments des différents systèmes sont, également, fréquemment employées. Les générateurs Babcock et Wilcox (fig. 15), Belleville, Roser, Niclausse, Mathot, de Naeyer, Crepelle-Fontaine, etc., ont été utilisés dans un grand nombre d'installations. Ils ont l'avantage d'être très élastiques et de se prêter aux variations de puissance des moteurs ; de plus leur mise en pression est très rapide, ce qui est certainement un grand avantage étant donnée la faible durée d'arrêt des stations centrales.

Par contre la conduite du feu est plus délicate et rend la besogne des chauffeurs plus pénible. De plus, l'entretien des générateurs demande plus de soins en raison de la grande quantité des joints qui doivent demeurer étanches.

On emploie quelquefois en Angleterre et en Amérique la chaudière verticale « Climax » que l'on appelle également chaudière *Hérisson*.

(fig. 11 et 12). Elle se compose d'un cylindre vertical renfermant un enchevêtrement de tubes recourbés dans lesquels circule l'eau. Cette

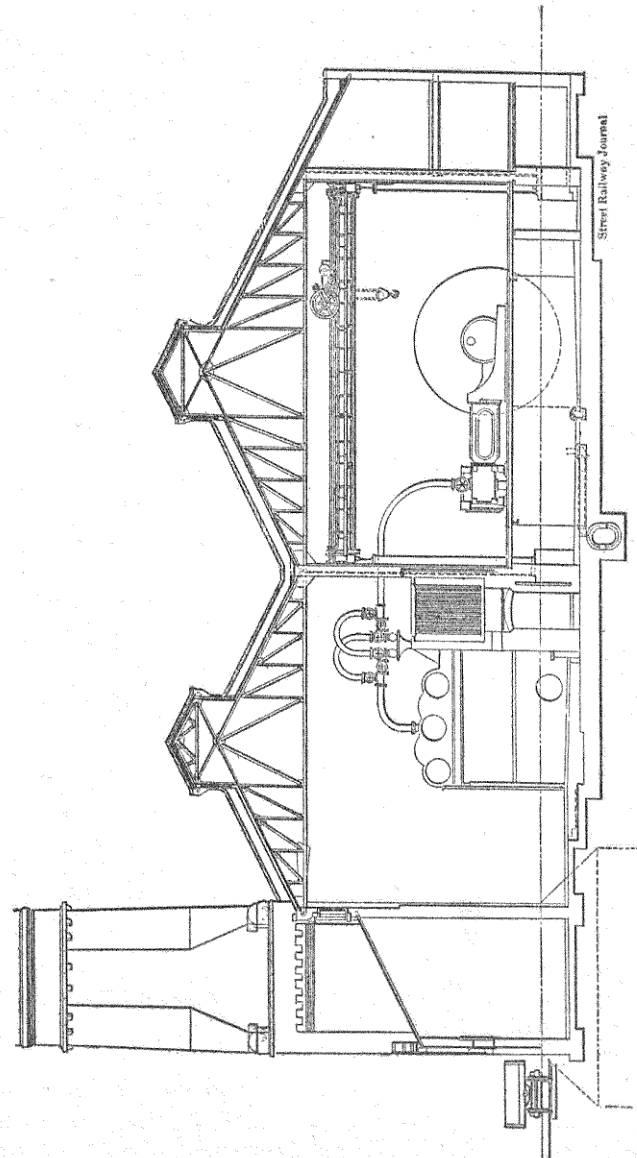


Fig. 6. — Tuyauterie aérienne.

chaudière, dont la raison d'être se comprend difficilement, ne s'est pas répandue en Europe.

La surface de chauffe des chaudières peut être déterminée d'après

les données empiriques suivantes. La production de vapeur dans un générateur est d'environ 15,20 et même 30 kilogrammes par mètre carré de surface et par heure suivant que le feu est mené tranquillement, vivement ou à une allure excessive.

Le poids de vapeur vaporisée par cheval et par heure varie suivant la qualité du combustible, la disposition et l'état de la chaudière, de 5 à 10 kilogrammes par kilogramme de houille.

En moyenne on peut faire brûler sur une grille de 60 à 85 kilogrammes de houille par mètre carré et par heure. Il résulte de cette constatation que la surface de grille peut être choisie dans les chaudières moyennes en adoptant le rapport.

$$s = \frac{S}{21}.$$

La quantité totale de vapeur que doit produire la station centrale peut être déterminée facilement étant donné qu'une machine à déclic

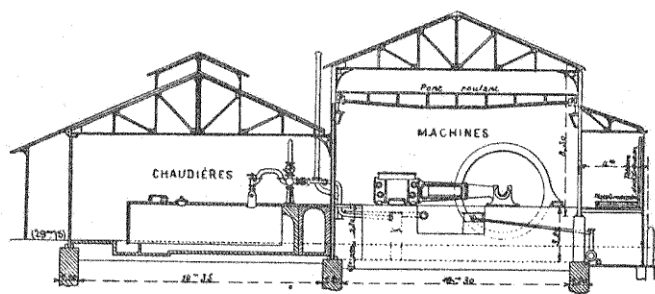


Fig. 7. — Tuyauterie souterraine.

(genre Corliss ou Sulzer) consomme environ 11 kilogrammes par heure et par cheval-vapeur effectif. La consommation de vapeur avec une machine à détente ordinaire est plus élevée ; elle atteint et dépasse même parfois 18 kilogrammes. D'après les chiffres précédents la surface de chauffe par cheval-vapeur effectif doit être, pour les deux genres de machines, 0,80 mètre carré et 1,30 mètre carré.

Lorsque le type de générateur adopté est la chaudière multitubulaire, une bonne précaution consiste à adopter des portes de foyer et de cendrier à bascule et ouvrant de l'extérieur vers l'intérieur. On évite, ou tout au moins on atténue les accidents de personnes qui peuvent se produire dans la chaufferie en cas de rupture de l'un des éléments tubulaires. Si les portes sont suffisamment résistantes elles se referment automatiquement et empêchent l'invasion de la vapeur ou du combustible enflammé dans la chaufferie.

On conseille même, en plus de la précaution précédente, de ménager

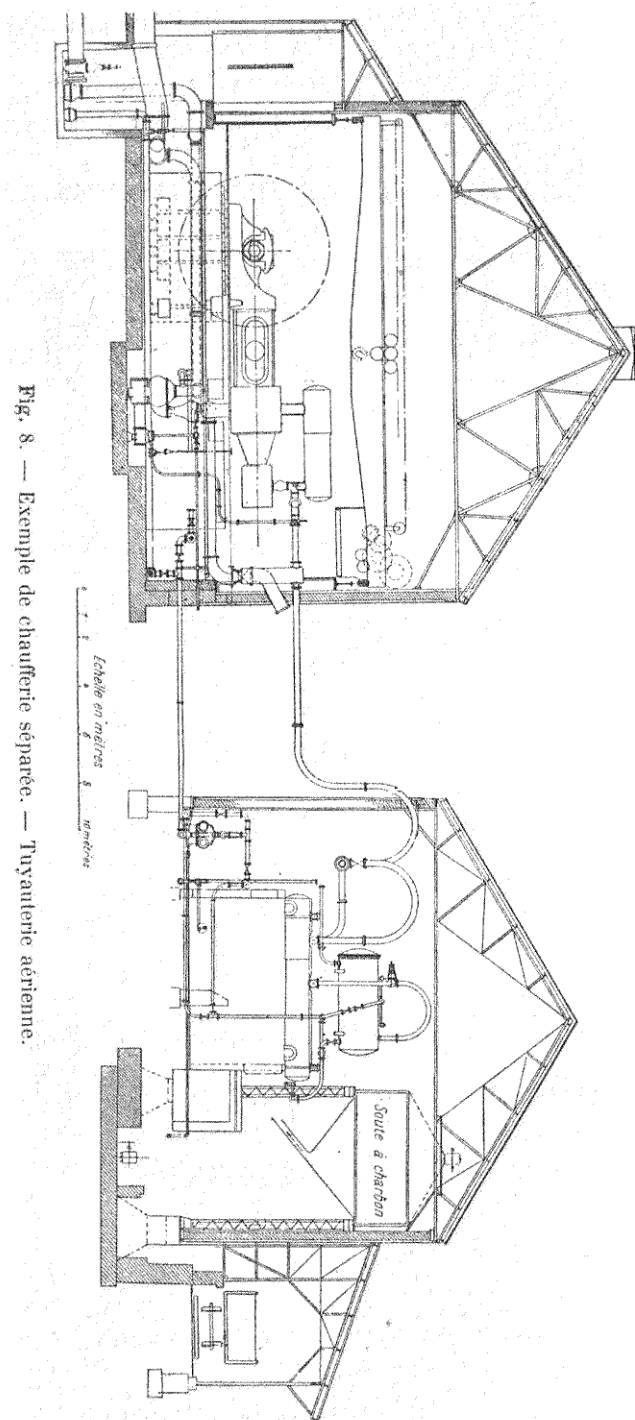


Fig. 8. — Exemple de chaufferie séparée. — Tuyauterie aérienne.

dans la maçonnerie des carreaux des trappes d'expansion permettant l'évacuation de la vapeur qui pourrait envahir le foyer.

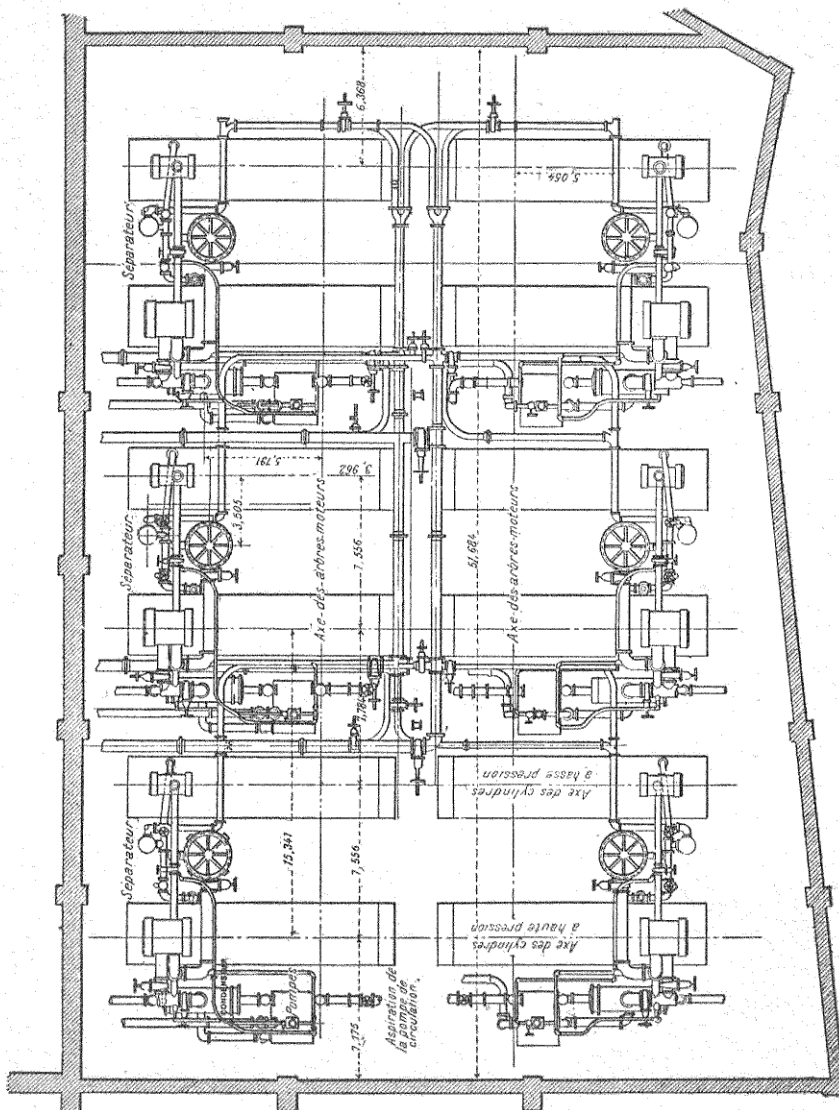


Fig. 9. — Tuyauterie pour machines compound.

Tuyauterie. — La tuyauterie permettant le transport de la vapeur depuis les générateurs jusqu'aux moteurs peut être aérienne ou souterraine.

La disposition aérienne (fig. 6, 8 et 10) est très fréquemment

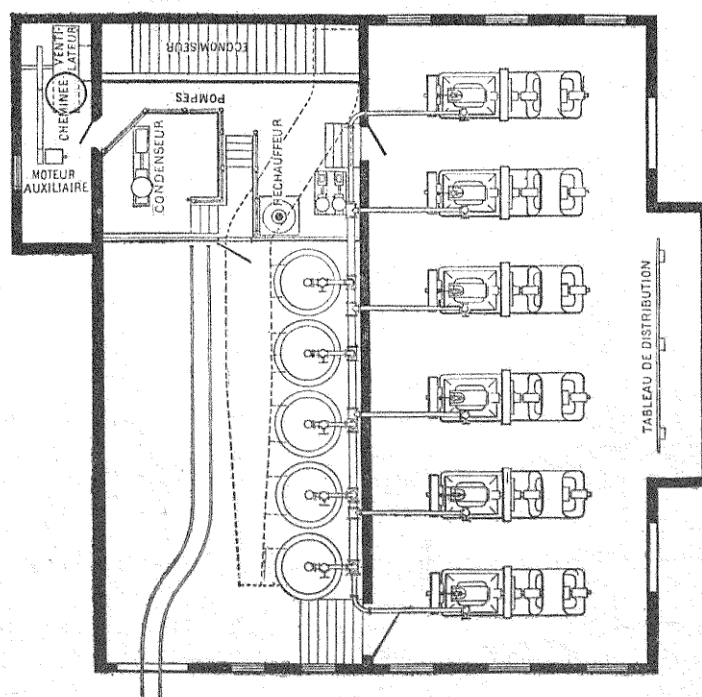
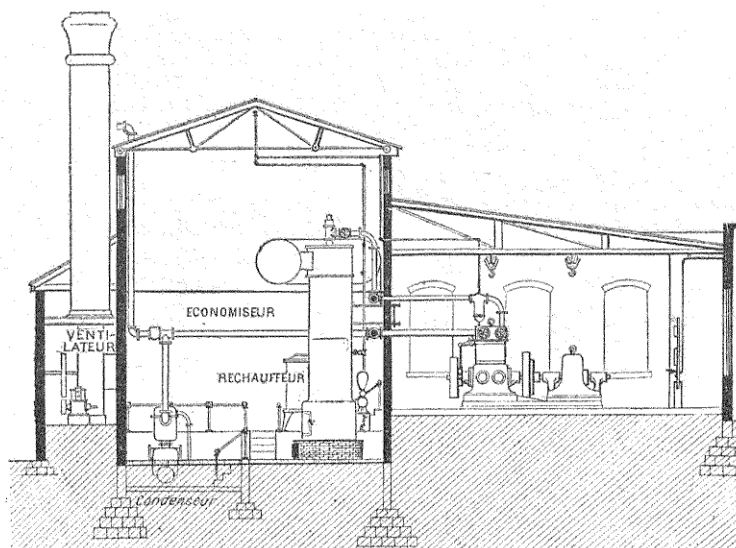


Fig. 11 et 12. — Exemple d'installation de chaudières « Climax ».

employée car elle rend la vérification de l'entretien de la tuyauterie plus facile. La disposition aérienne permet également de diminuer la longueur de tuyauterie séparant la chaudière du moteur, ce qui est un grand avantage au point de vue du refroidissement. On prend généralement la précaution d'entourer les tuyaux avec une matière calorifuge.

Les tuyauteries souterraines (fig. 7) se placent dans le sous-sol de l'usine. Leur invisibilité permet de donner aux salles des machines un aspect plus propre et plus élégant.

Il est indispensable de ménager de place en place dans la tuyauterie de larges boucles (fig. 8) qui permettent aux dilatations et contractions de se produire librement. De plus les angles que font les tuyaux doivent être aussi arrondis que possible afin de diminuer les pertes de charge.

Une tuyauterie bien comprise doit permettre de mettre hors circuit un groupe de chaudières dans le cas où un accident surviendrait à l'une des valves de ces dernières ou au collecteur de vapeur lui-même (fig. 13).

Les tuyauteries sont souvent compliquées par l'adjonction de surchauffeurs de vapeur disposés dans le circuit de départ des gaz des foyers. La température de ces gaz varie de 400 à 600° suivant l'allure du foyer. On peut donc réaliser facilement des surchauffes de 50 à 100° qui permettent d'obtenir de la vapeur très sèche. Les gaz des foyers sont également utilisés pour les réchauffeurs d'eau d'alimentation des chaudières. Ces appareils permettent d'envoyer dans les chaudières de l'eau préalablement portée à une température élevée et donnent ainsi la possibilité de réaliser une économie sensible de combustible.

Ces réchauffeurs d'eau d'alimentation ont généralement une surface atteignant 1/10 à 1/15 de la surface de chauffe des générateurs. Ils doivent avoir une assez grande épaisseur car ils sont plus particulièrement exposés aux corrosions intérieures provenant du dégagement de l'oxygène dissous dans l'eau ordinaire.

Alimentation. — L'alimentation des chaudières peut se faire au moyen de pompes mues par les machines elles-mêmes. Dans les stations centrales un peu importantes les pompes sont mises en mouvement par des moteurs spéciaux qui peuvent être à vapeur ou électriques.

Nous citerons parmi les pompes d'alimentation à vapeur les plus connues les pompes Belleville, Worthington, Thirion, etc.

La quantité d'eau qui doit être fournie aux chaudières varie de 10 à 30 litres par cheval-heure, suivant les machines. Dans les machines perfectionnées cette consommation peut même descendre au-dessous de 10 litres.

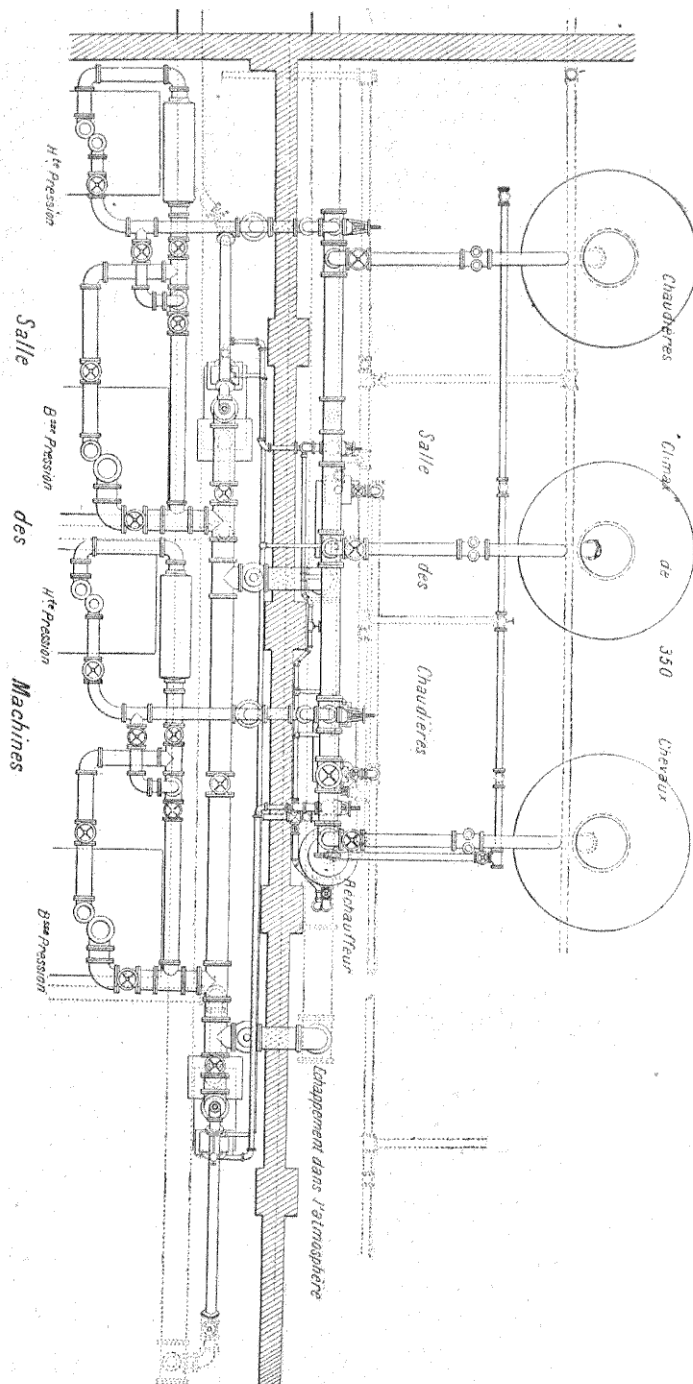


Fig. 13. — Installation de chaudières « Climax » et tuyauterie pour machines compound.

En général, il est d'usage de calculer les dimensions des pompes

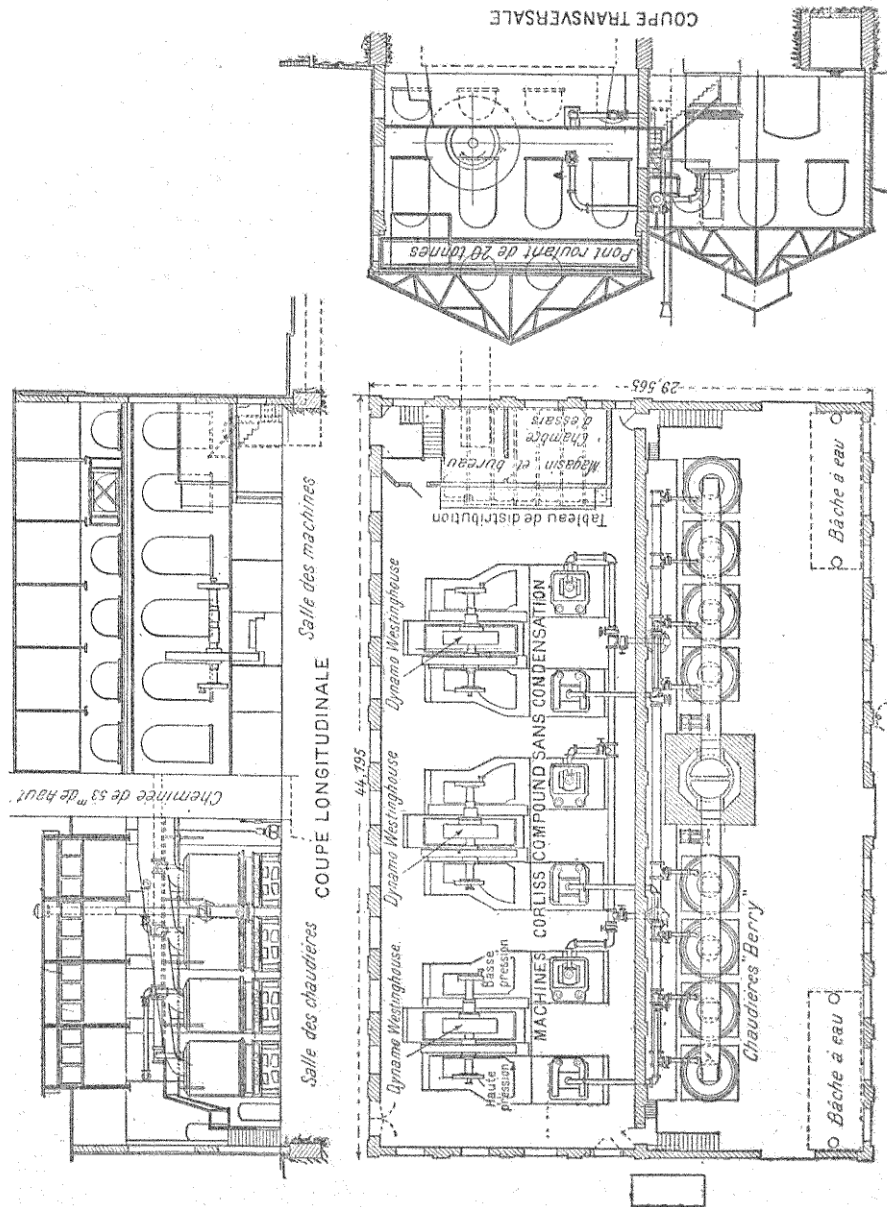


Fig. 14. — Exemple d'installation de chaudières verticales « Berry ».

d'alimentation de telle sorte qu'elles puissent débiter le triple du volume d'eau nécessaire.

Les usines génératrices sont généralement construites à proximité d'un cours d'eau. De plus, si ce cours d'eau est une rivière navigable, l'approvisionnement du charbon peut se faire dans des conditions économiques exceptionnelles.

Dans le cas contraire, la proximité du cours d'eau n'en constitue pas moins un avantage tout particulier puisque l'on peut avoir à sa disposition l'eau d'alimentation et l'eau de condensation.

Dans le cas où il n'existe pas de cours d'eau dans le voisinage de l'usine, on se trouve dans la nécessité de forer un puits atteignant les couches aquifères.

A titre d'exemple, nous dirons qu'une station centrale alimentée par un puits artésien et comportant deux générateurs de 200 mètres carrés de surface de chauffe doit être pourvue d'une pompe spéciale permettant d'envoyer dans un réservoir environ 25 mètres cubes par heure.

§ 2. — ÉPURATION DES EAUX D'ALIMENTATION

Lorsque les eaux dont on dispose pour l'alimentation des chaudières sont fortement incrustantes et lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser la condensation par surface qui exige une grande quantité d'eau froide, il ne reste d'autre ressource que de purifier l'eau qu'on a à sa disposition.

On peut alimenter les chaudières avec de l'eau préalablement purifiée ou bien se contenter d'ajouter à l'eau d'alimentation certaines matières qui empêchent l'adhérence des dépôts.

La première méthode est sans contredit la meilleure mais elle est aussi la plus coûteuse. La seconde n'a pas ce dernier inconvénient à un aussi haut degré, mais elle rend nécessaire de fréquentes extractions d'eau afin de faire disparaître les dépôts boueux qui s'accumulent dans les générateurs par suite de la précipitation des sels de l'eau produite par l'addition des matières tartrifuges.

Les épurateurs de la première catégorie sont basés sur l'emploi de la chaux, de la baryte, de la magnésie, etc.

En ajoutant à l'eau une quantité de chaux suffisante pour saturer l'excès d'acide carbonique on précipite le carbonate de chaux.

Dans le procédé Derschau la magnésie ramène le bicarbonate de chaux à l'état de carbonate insoluble et forme du carbonate de magnésie. Celui-ci réagit à son tour sur le sulfate de chaux pour donner du sulfate de magnésie tellement soluble qu'il n'arrive jamais à se déposer dans les chaudières.

L'épurateur proprement dit est constitué par une série de récipients

cylindriques dans lesquels s'effectuent les réactions et le filtrage de l'eau sur de la sciure de bois ¹.

On peut également précipiter les sels de chaux en chauffant l'eau à une température de 140 à 150°.

L'addition des matières tartrifuges dans l'eau des chaudières est employée plus fréquemment en raison du prix élevé des installations permettant la purification préliminaire.

Les produits que l'on ajoute à l'eau d'alimentation n'ont pas pour but d'empêcher la précipitation des sels ; on se contente simplement de rendre les dépôts peu adhérents aux parois afin qu'il soit possible de les extraire plus facilement.

Les produits tartrifuges peuvent agir physiquement ou chimiquement.

Parmi les matières agissant physiquement nous pouvons citer le bois de campêche, l'amidon, la dextrine, la glycérine, le talc, etc.

Les matières tartrifuges les plus employées et agissant chimiquement sont les suivantes :

Le bicarbonate de soude lorsque les eaux renferment du bicarbonate de chaux, le carbonate de soude pour combattre le sulfate de chaux, le chlorhydrate de chaux pour décomposer le carbonate de soude à chaud, etc.

La Compagnie de l'Est fait usage de la préparation suivante qui est introduite dans les tenders de ses locomotives.

Dans une cuve en bois renfermant 76 litres d'eau, on ajoute :

16^k,7 de carbonate de soude,
5^k,2 d'extrait de campêche,
1^k,7 d'extrait de quebracho.

2 litres par jour suffisent pour une machine.

Les autres compagnies emploient des formules analogues.

§ 3. — DISPOSITION DES CHAUFFERIES

En général on place les chaudières dans un bâtiment accolé à la salle des machines. On obtient ainsi l'indépendance complète des deux services tout en réduisant au minimum la longueur des conduites de vapeur (fig. 6, 7, 15 et 18).

Cette organisation se prête également bien aux extensions ultérieures puisqu'il suffit d'ajouter de nouvelles fermes à la chaufferie et à la salle des machines.

¹ Ser. *Physique industrielle*, Masson, édit.

La configuration des lieux ne se prête pas toujours à l'emploi de cette disposition et l'on peut être amené à placer les chaudières dans

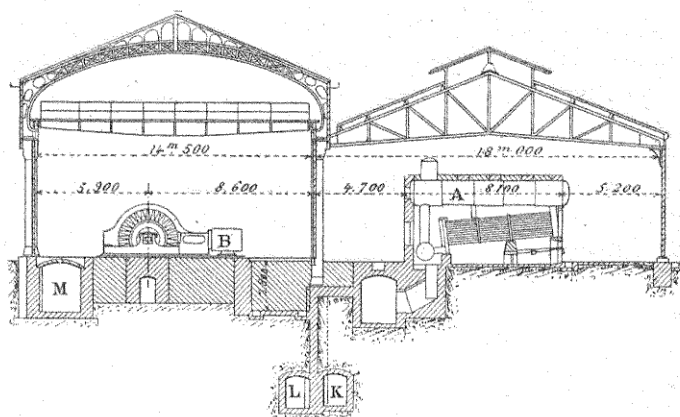


Fig. 15. — Coupe M de la station centrale du secteur de la rive gauche.

une galerie perpendiculaire (fig. 21) à la halle des machines ou même complètement séparée de cette dernière même. Il arrive (fig. 8) par-

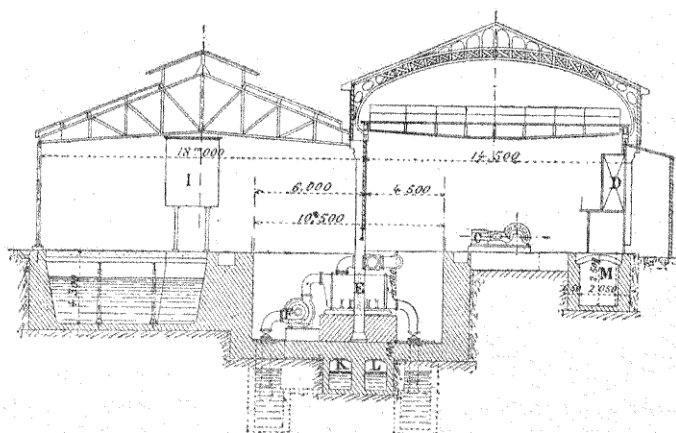


Fig. 16. — Coupe D de la station centrale du secteur de la rive gauche.

fois que les deux bâtiments sont séparés par une cour ; cette sujétion est évidemment très onéreuse car elle conduit à l'emploi de conduites de grande longueur dans lesquelles les condensations deviennent importantes.

Lorsque la station centrale comporte un grand nombre de chau-

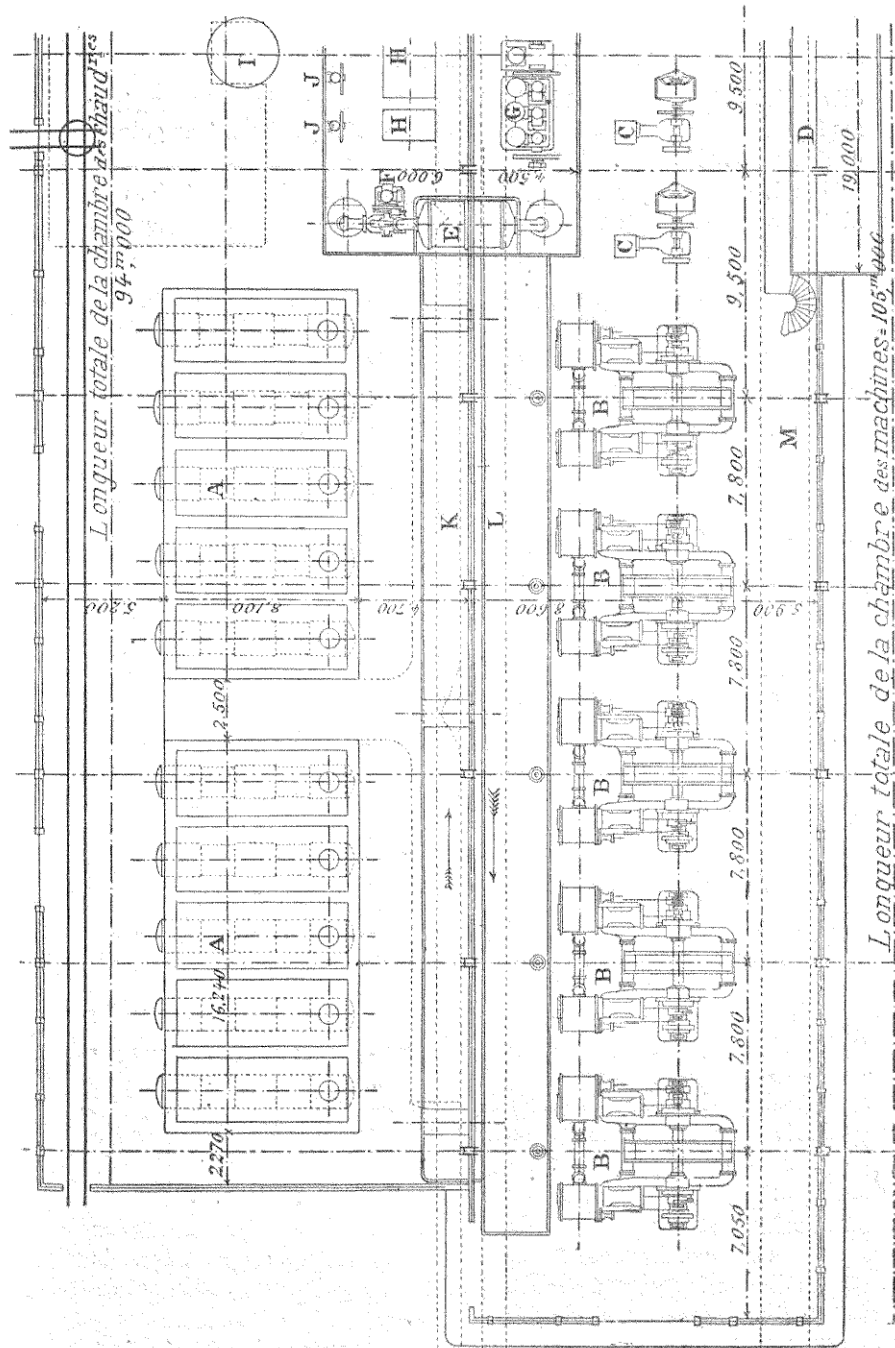


Fig. 17. — Plan de la station centrale du secteur de la rive gauche.

dières, il devient alors tout indiqué de les disposer sur deux rangées, les foyers des deux rangées sont alors desservis par une même galerie centrale (fig. 19 et 20).

Il arrive parfois que l'on se trouve dans l'obligation d'installer une station centrale dans un espace très exigu. On est tout naturellement

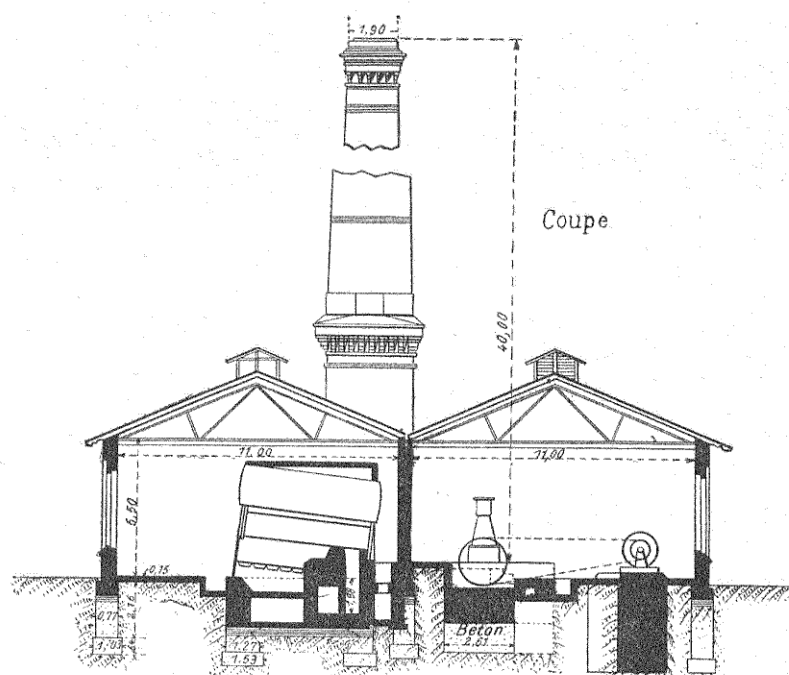


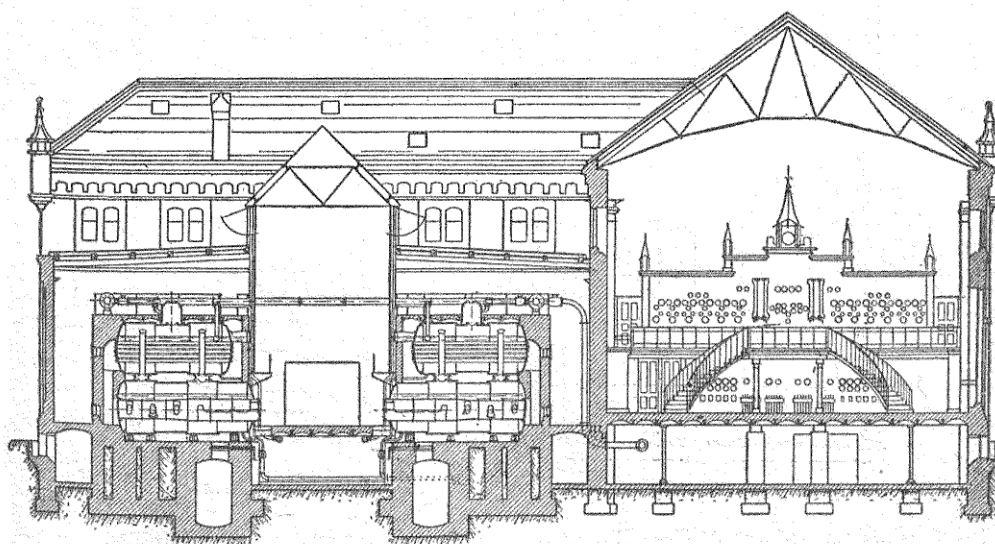
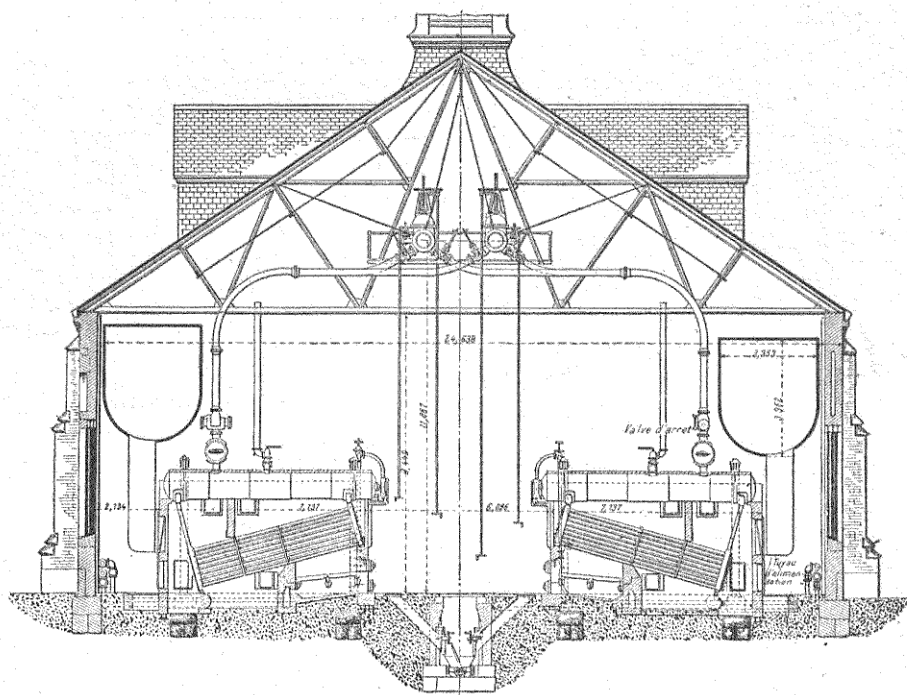
Fig. 18. — Coupe d'une station centrale. Disposition des massifs de fondation et des carnaux des gaz.

amené, dans ce cas, à réserver le rez-de-chaussée de l'usine à la salle des machines et à placer les chaudières au premier étage (fig. 23, 24, 25 et 26).

Cette disposition se retrouve fréquemment en Angleterre et surtout en Amérique où les stations centrales sont souvent installées au centre d'agglomérations. On peut voir sur la figure 27 une chaufferie établie sur deux étages différents avec double rangée de chaudières.

A l'usine du Metropolitan Railway de New-York on a été encore plus loin ; les chaudières ont été disposées par double rangée sur trois étages différents (fig. 28). Cette usine, dont la puissance totale est de 64 000 chevaux, comporte 64 générateurs.

L'installation des chaudières à des étages plus ou moins élevés n'est



possible, bien entendu, qu'à la condition d'assurer l'arrivée du charbon

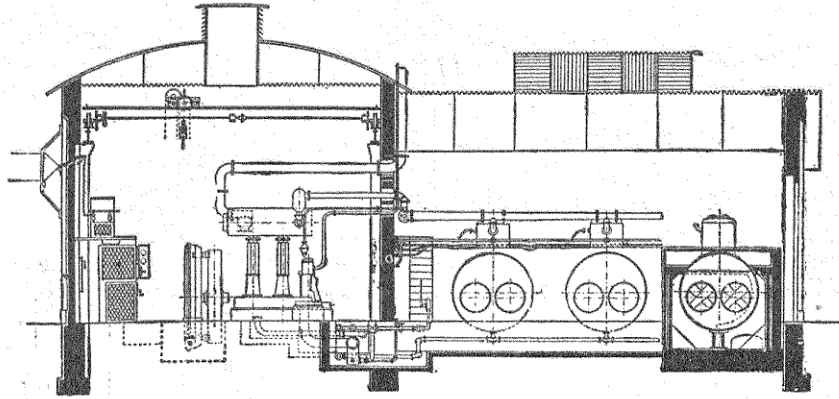


Fig. 21. — Installation d'une chaufferie perpendiculaire à la salle des machines.

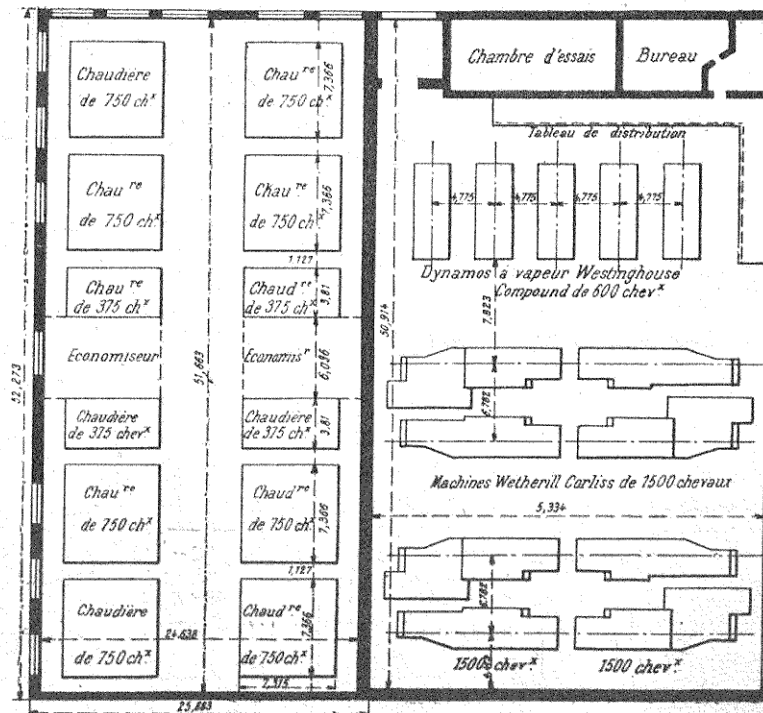
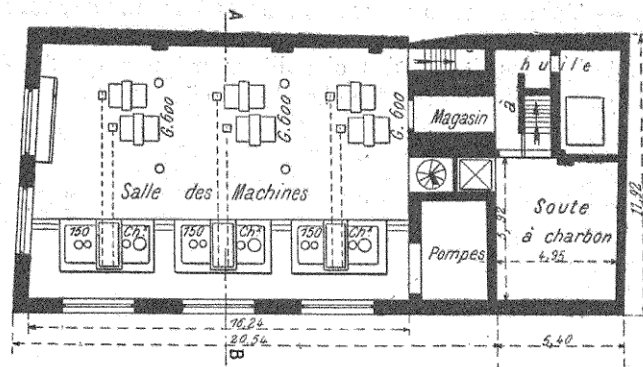
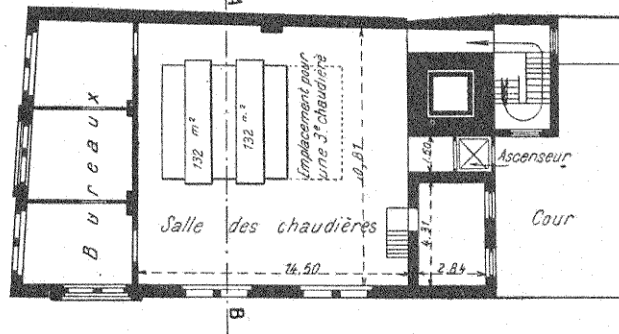


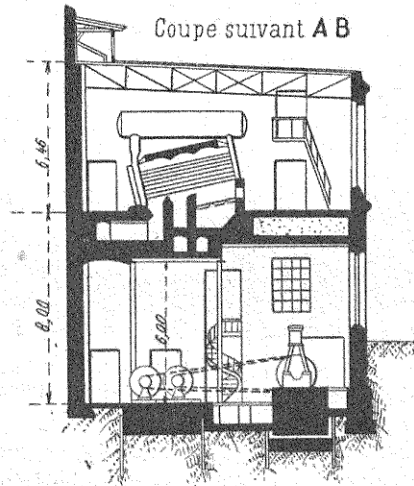
Fig. 22. — Plan d'une chaufferie à double rangée de chaudières.

dans les chaufferies par des moyens mécaniques que nous examinerons plus loin.

Plan du Rez-de-chaussée

Plan du 1^{er} Etage

Coupe suivant A B

Fig. 23, 24 et 25. — Installation d'une chaufferie au 1^{er} étage d'une station centrale.

§ 4. — TRANSPORT DU CHARBON DANS LES CHAUFFERIES

L'alimentation des foyers des chaudières est une question aussi importante que l'alimentation des chaudières elle-mêmes.

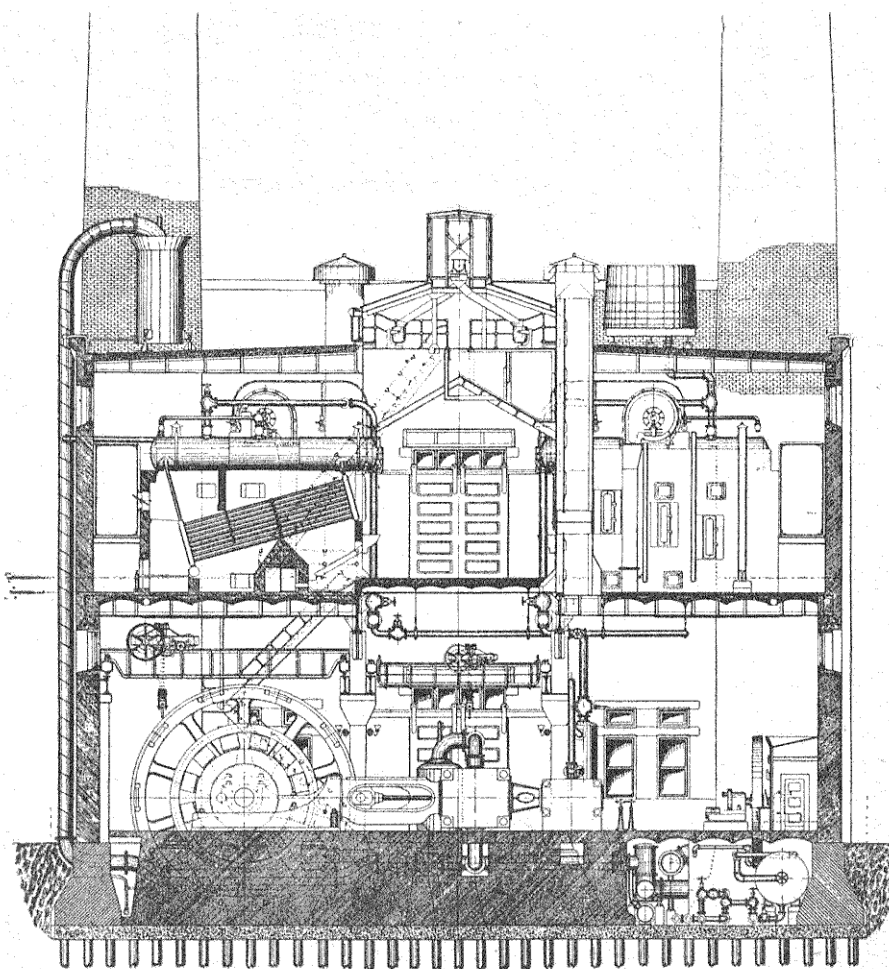


Fig. 26. — Chaufferie à double rangée de chaudières installée au-dessus de la salle des machines. (Usine de la *People's Traction Co* à Philadelphie.)

Dans les stations centrales de faible importance cette alimentation de charbon ne présente aucune difficulté. Le charbon est en général approvisionné dans un coin de la cour de l'usine d'où on le transporte

facilement au bâtiment des chaudières au moyen de petits chariots.
Lorsque l'usine devient plus importante, on installe en face des chau-

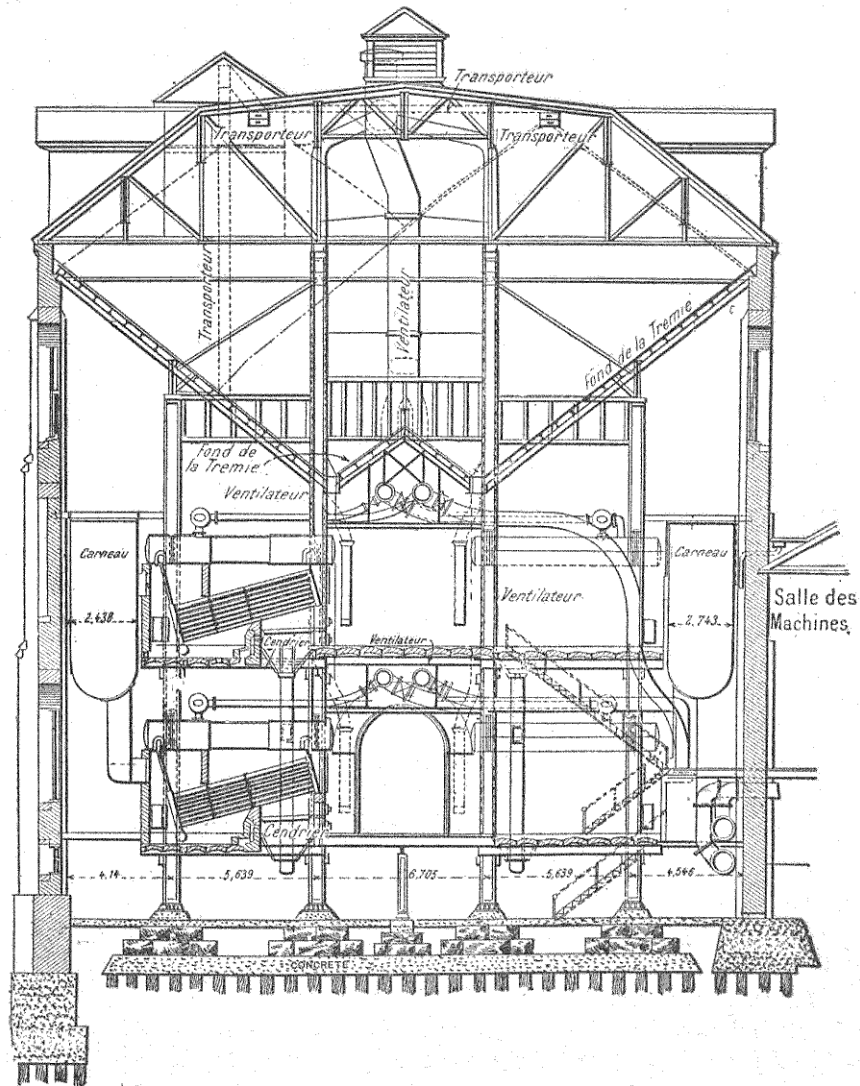


Fig. 27. — Superposition de deux chaufferies à double rangée de chaudières.

dières des fosses métalliques. La paroi verticale de ces fosses est ouverte à la partie inférieure de manière à laisser passer le charbon au fur et à mesure de son emploi par les chauffeurs. Le charbon qui forme

une sorte de talus d'éboulement ne peut s'écouler qu'au fur et à mesure de la consommation.

Dans les usines de très grande importance, comme celle du Metropolitan Railway de New-York où les chaudières sont situées à trois étages différents, le dépôt de charbon ne se trouve pas dans la cour de l'usine, car il deviendrait très difficile d'alimenter les chaudières des

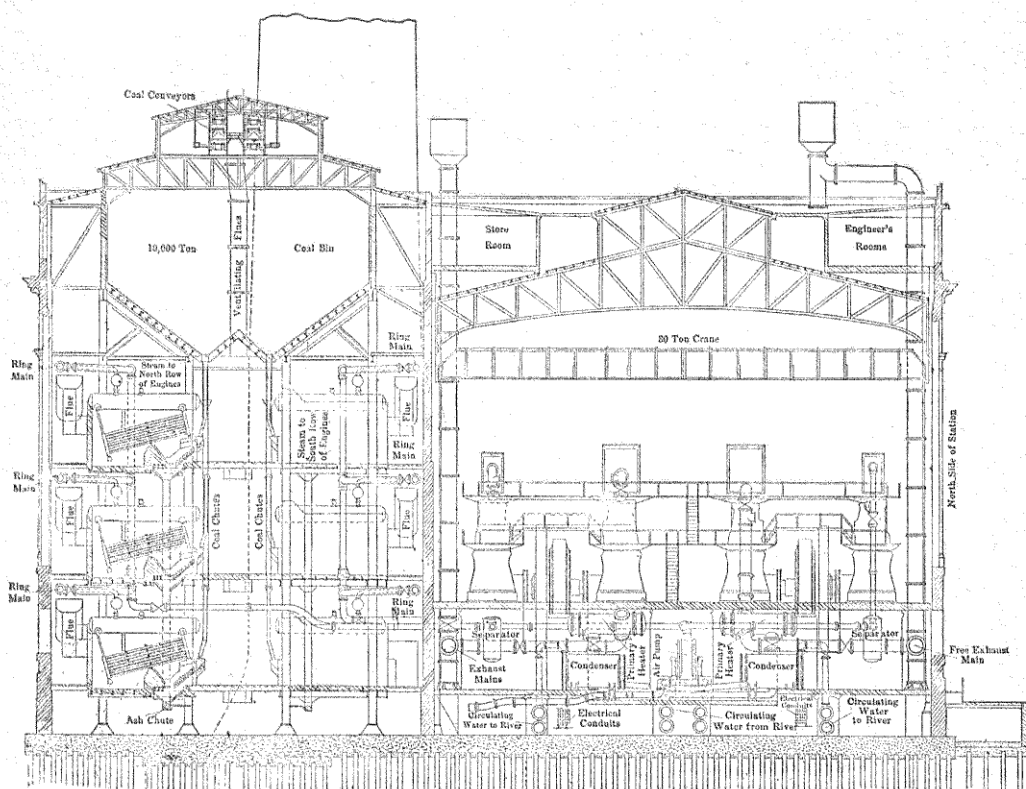


Fig. 28. — Station centrale du Metropolitan Railway de New-York.

étages supérieurs. Il est installé à la partie *supérieure* du bâtiment des générateurs (fig. 27 et 28). Les parois inférieures de ce magasin sont inclinées de manière à diriger le charbon sur deux rangées de trémies munies de conduits aboutissant aux différents étages et devant chaque groupe de générateurs.

L'approvisionnement de ce dépôt de charbon qui peut contenir 10 000 tonnes se fait au moyen de plusieurs transporteurs (fig. 27) qui prennent le charbon au niveau du sol et le déchargent aux différents points de la longueur du bâtiment.

De ces soutes à charbon placées aux étages supérieurs partent des tuyaux qui amènent le combustible devant chaque chaudière. Ces

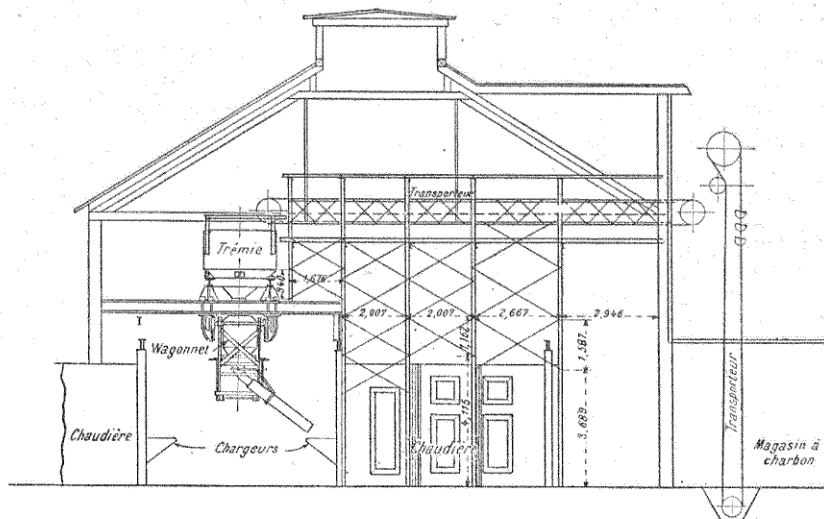


Fig. 29. — Dispositif pour l'approvisionnement du charbon dans les chaufferies.

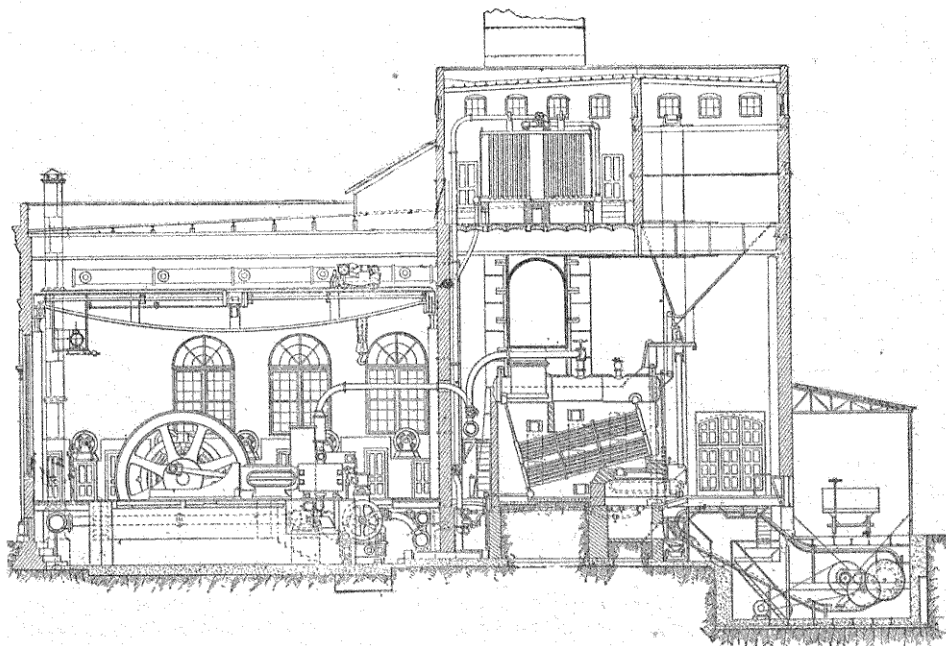


Fig. 30. — Application d'une noria à l'alimentation d'une chaufferie (usine de l'Elevated Railway Co de New-York).

tuyaux s'arrêtent parfois à un mètre au-dessus du sol de la chaufferie et le charbon, en s'écoulant, forme un cône d'éboulement qui détermine l'obturation du tuyau tant qu'il n'a pas été enlevé par les chauffeurs.

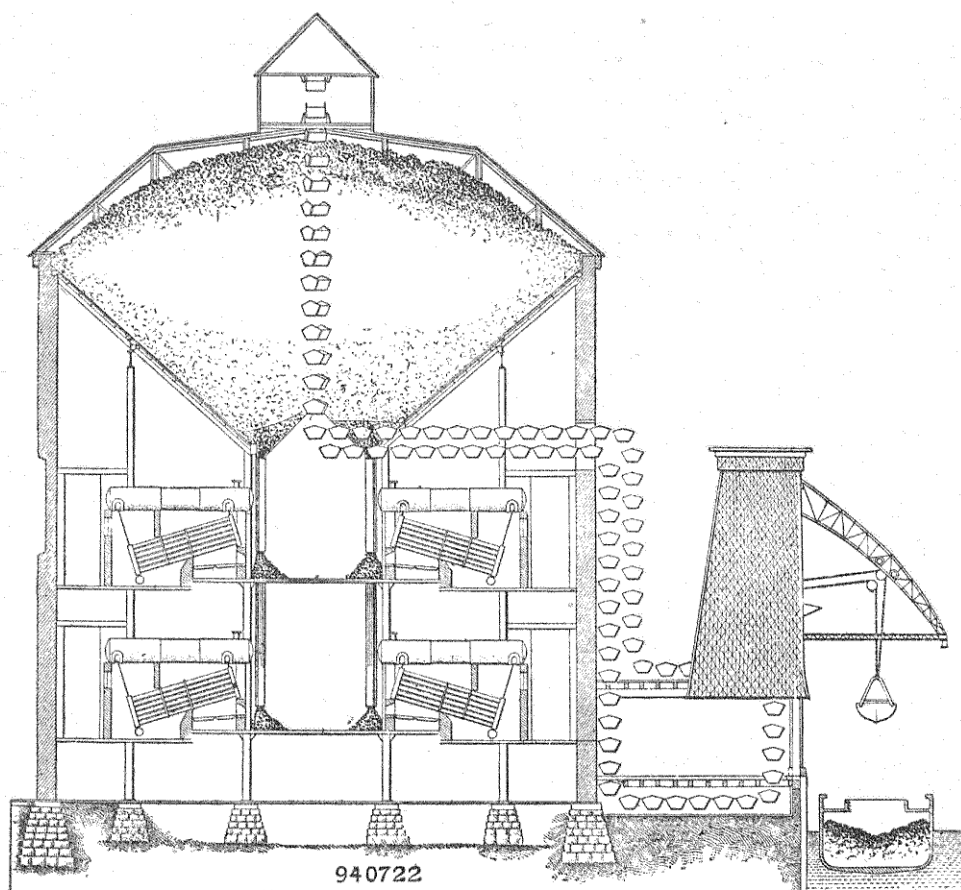


Fig. 31. — Installation d'un transporteur Hunt.

L'écoulement s'effectue ensuite au fur et à mesure de la consommation du combustible.

Parmi les transporteurs permettant de puiser le charbon dans les bateaux ou sur les wagons et de l'amener dans les soutes situées au-dessus des chaufferies, nous citerons les appareils de la Compagnie Hunt, de New-York.

L'un de ces dispositifs est représenté dans son ensemble sur la figure 31. Une grue, placée sur le quai, supporte une benne pouvant

s'ouvrir par le milieu et permettant, en quelque sorte, de draguer le charbon dans le bateau. Cette benne se referme automatiquement quand on communique un mouvement à l'un des brins du câble ou de la chaîne qui la supporte. En agissant ensuite simultanément sur les deux brins on détermine l'élévation de la benne que l'on peut vider au-dessus du transporteur proprement dit ; ce résultat s'obtient,

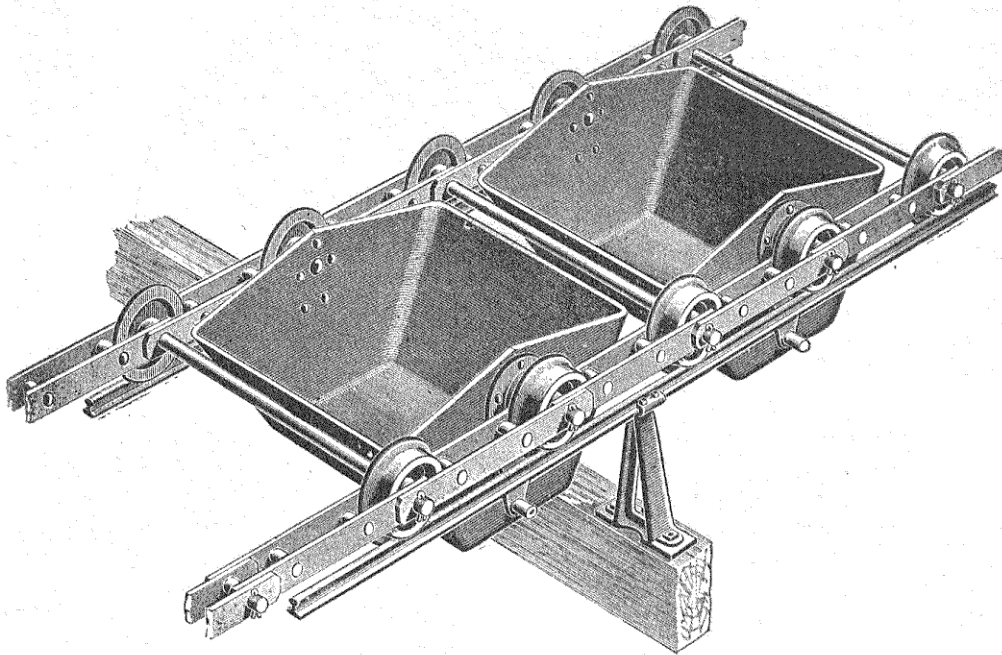


Fig. 32. — Transporteur Hunt.

par la manœuvre inverse, en provoquant l'ouverture des deux moitiés de la benne.

Le transporteur n'est autre chose qu'une chaîne sans fin à godets se rendant à la partie supérieure de l'édifice et le parcourant suivant toute la longueur du parc à charbon (fig. 31 et 32). Le côté intéressant de ce transporteur réside dans ce fait que la chaîne est animée d'un mouvement périodique et non d'un mouvement continu. Chaque godet s'arrête devant la trémie de remplissage le temps nécessaire pour qu'il puisse être chargé. Une petite chaîne sans fin pourvue d'entonnoirs accompagne le mouvement de la chaîne à godets et régularise le chargement de chacun de ces derniers (fig. 34).

Chacun des godets est pourvu de deux tourillons autour desquels il

peut osciller lorsque le chemin de roulement change de direction (fig. 32). Des galets intermédiaires se trouvent disposés entre les godets.

Le mouvement rythmé d'avancement de la chaîne est obtenu par la rotation d'une roue portant une série de béquilles (fig. 33) qui viennent buter les unes après les autres contre des chevilles reliant les deux

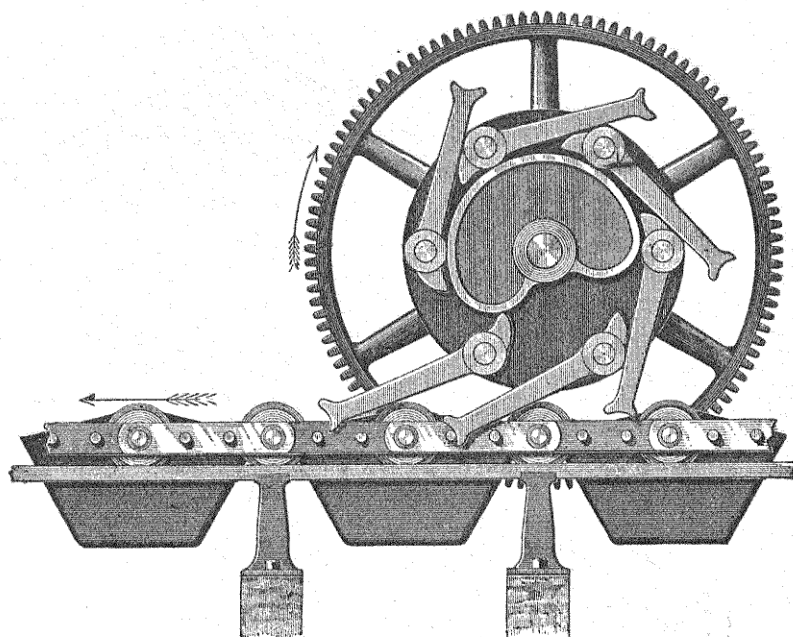


Fig. 33. — Mode de mise en mouvement du transporteur Hunt.

flasques de la chaîne supportant les godets. Une came fixe immobilise les béquilles dans toute la partie supérieure de leur course afin qu'elles soient toujours prêtes à agir au moment voulu.

Avec cet appareil trois hommes peuvent transporter du bateau dans les soutes placées à la partie supérieure de la chaufferie de 500 à 700 tonnes de charbon par jour. La manutention de ce charbon revient à un prix inférieur à 15 centimes par tonne pour un déplacement vertical atteignant 27 mètres et un déplacement horizontal de 60 à 90 mètres.

La Compagnie Jeffrey, de Columbus (Ohio) construit des transporteurs basés sur un principe différent. A l'intérieur d'une rigole fixe en forme de V se déplace un câble sans fin sur lequel on a fixé de distance en distance des petits disques formant pistons. Ces pistons déterminent l'entraînement du charbon qui se trouve dans la rigole. Parfois la

rigole en forme de V est remplacée par un tuyau dont le diamètre est d'environ une fois et demie celui des pistons.

Les points de déchargement du charbon s'obtiennent très simplement en installant des trappes dans le conduit fixe. Lorsque ces trappes sont ouvertes le charbon entraîné par le câble à pistons s'échappe au fur et à mesure de son arrivée.

On emploie également, en Amérique, les courroies transporteuses

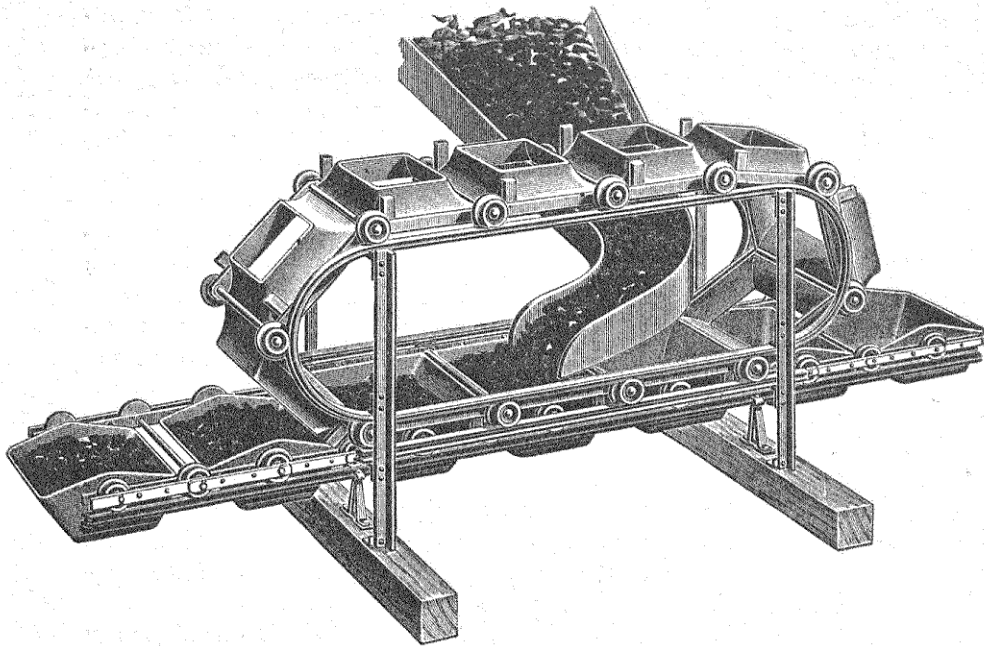


Fig. 34. — Dispositif de chargement du transporteur Hunt.

de la Compagnie Robins, de New-York. Ces courroies transporteuses sont soutenues de distance en distance par des groupes de trois rouleaux. L'axe du rouleau médian est horizontal tandis que les axes des deux rouleaux latéraux sont inclinés à 45° en sens inverse l'un de l'autre. Il en résulte que la courroie s'incurve en forme de rigole, ce qui empêche la chute du charbon pendant toute la durée du transport.

Après avoir déversé le charbon qu'elle supportait, la courroie revient à son point de départ en se déplaçant sur des rouleaux à axe horizontal; cette disposition a pour résultat de supprimer la courbure pendant le retour à vide de la courroie.

La largeur de ces courroies est d'environ 50 à 60 centimètres et leur

longueur dépasse parfois 300 mètres. L'inclinaison des courroies ne doit pas dépasser 27° afin d'éviter les glissements du charbon en sens inverse de la marche du transporteur. Les vitesses de déplacement de ces courroies varient généralement de $2^m,50$ à $4^m,50$.

On peut également obtenir des transporteurs en combinant des vis d'Archimède avec des norias (fig. 29). Les premières réalisent les déplacements horizontaux du charbon tandis que les secondes ne servent qu'à l'élévation proprement dite.

En Amérique on a même parfois poussé les choses plus loin en alimentant directement avec des norias les trémies des foyers de chaudières à chargement automatique (fig. 30). Le charbon qui est amené dans des wagons à fond mobile tombe dans une fosse d'où il est conduit mécaniquement jusque sur les grilles des chaudières sans qu'aucun ouvrier ait à intervenir, si ce n'est pour surveiller les appareils.

En plus des transporteurs à charbon, il est souvent nécessaire d'installer des appareils permettant l'évacuation rapide des cendres et des escarbilles ainsi que leur chargement sur des wagons ou des bateaux. Ces transporteurs présentent, aux dimensions près, les mêmes caractères que ceux qui sont destinés à la manutention du charbon.

§ 5. — CHEMINÉES

Les cheminées rondes en briques sont celles qui donnent les meilleurs résultats. Elles offrent moins de prise au vent que les cheminées carrées et leur section intérieure se prête mieux au mouvement ascensionnel des gaz.

La hauteur que l'on doit donner à une cheminée se calcule par la formule suivante

$$H = \left(\frac{7P}{P + 30} \right)^2$$

dans laquelle P représente le poids total de combustible brûlé par heure.

La section minima au sommet est donnée par la formule

$$\Omega = \frac{0,8 P}{100 \sqrt{H}}.$$

En pratique on n'adopte pas pour H une valeur inférieure à 20 mètres. Afin de donner à la paroi des cheminées en briques une épaisseur décroissante, on est conduit à les constituer par une série de *rouleaux* déterminant à l'intérieur une suite de redans. Ces rouleaux ont une

épaisseur décroissante au fur et à mesure qu'ils se rapprochent du sommet.

On se sert quelquefois, pour la construction des cheminées, de briques spéciales moulées en forme de trapèze et dont la base est circulaire. On peut également utiliser les briques ordinaires à la condition de les écorner vers l'intérieur.

Le diamètre intérieur décroît à chaque redan au fur et à mesure que l'on se rapproche du sommet.

Au-dessous de l'arrivée du carneau on ménage un puits où s'accumulent les matières solides entraînées dans les gaz de la combustion.

Les cheminées en briques se construisent par l'intérieur, sans qu'il soit nécessaire de faire usage d'un échafaudage, à la condition toutefois que le diamètre intérieur ne soit pas inférieur à 0^m, 55.

Les cheminées en tôle s'installent dans certains cas particuliers où il n'est pas possible de construire des cheminées en briques. Nous citerons comme exemple de ce fait les grandes cheminées des usines du Creusot que l'on a dû construire en tôle parce que la solidité du sous-sol avait été compromise par les travaux nécessités par l'exploitation des mines.

Toutes les fois qu'il s'agit d'installations temporaires, on donne également la préférence aux cheminées en tôle. Ces dernières sont constituées par des viroles coniques ayant toutes le même diamètre moyen.

Les cheminées très importantes comme celles du Creusot sont consolidées à leur base par des renforts en charpente métallique qui augmentent leur encastrement dans le sol. Les cheminées de dimensions moyennes sont tout simplement consolidées au moyen de haubans.

Lorsqu'on emploie le tirage artificiel dans les cheminées d'usine, on peut réduire leurs proportions d'une manière très sensible. Un procédé assez employé consiste à insuffler de l'air à la base de la cheminée au moyen d'un ventilateur. On donne alors à la cheminée la forme d'un ajutage divergent afin que les gaz sortent sans vitesse. En raison de leurs faibles dimensions, ces cheminées se construisent toujours en tôle.

Dans cette catégorie d'appareils nous citerons la cheminée Prat

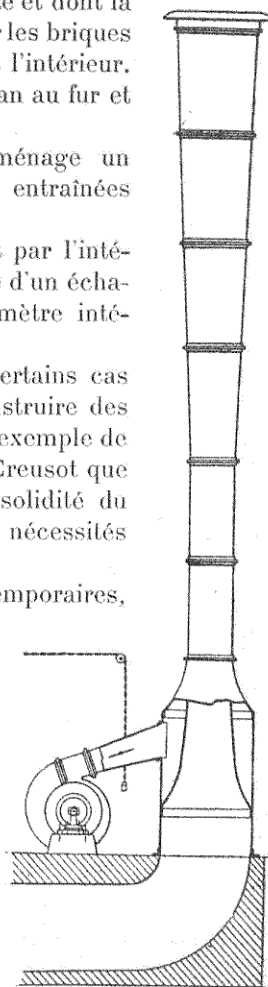


Fig. 35. — Cheminée Prat à tirage artificiel.

(fig. 35) dans laquelle on insuffle de l'air autour d'un ajutage convergent placé à la base. La cheminée devient alors un véritable aspirateur des produits de la combustion.

§ 6. — ENTRETIEN DES CHAUDIÈRES

Les chaudières exigent toujours un entretien et une surveillance des plus suivis, faute de quoi leur durée est très limitée.

Les accidents de chaudières qui se produisent tous les ans sont dus, pour la plupart, à une surveillance insuffisante.

Il faut avoir soin de supprimer toutes les fuites, même les moins importantes, qui peuvent se produire aux différents raccords.

Les dépôts calcaires qui s'accumulent au fond des chaudières sont la plupart du temps la cause des coups de feu qui se produisent sur les parties directement exposées aux gaz du foyer.

Dans le but d'éviter cet inconvénient il est bon de faire fréquemment des extractions d'eau aux points où les vases s'accumulent le plus facilement.

Lorsqu'on fait usage de désincrustants, cette opération doit être exécutée très souvent car les accumulations de boues prennent alors une grande importance.

Toutes les fois qu'il est possible d'arrêter le fonctionnement d'un générateur il faut en profiter pour faire une inspection des plus minutieuses de toutes ses parties.

Il ne faut pas manquer de faire une visite intérieure plusieurs fois par an. C'est le seul moyen de constater les corrosions et les altérations des tôles pouvant compromettre la solidité du générateur.

§ 7. — DÉTÉRIORATION DES CHAUDIÈRES

Sur les parties exposées directement au feu, il peut se produire des *pailles* qui ne sont autre chose que des suppressions de soudure entre les différents lits d'une tôle. Le lit extérieur qui se dilate davantage, par suite de son exposition directe aux gaz du foyer, se soulève et donne lieu à une bosse qui s'effrite.

Il est alors indispensable d'enlever la partie atteinte et d'en chanfreiner les bords avec soin, si l'on ne veut pas que le mal s'étende peu à peu.

Cette opération n'est possible, bien entendu, qu'à la condition que les parties voisines de la paille soient parfaitement saines. Dans le cas contraire il faut enlever toute la partie malade et river une pièce à son emplacement.

Les *bosses* se produisent lorsqu'une partie de la chaudière est portée

à une température très élevée. Lorsqu'une petite surface de la chaudière vient à rougir, elle se trouve repoussée par la vapeur et fait saillie à l'extérieur. Si le coup de feu se prolonge la bosse peut finir par crever.

Généralement les coups de feu se manifestent lorsque l'alimentation ne se fait pas ou lorsque le fond de la chaudière est recouvert d'incrustations. Ils peuvent également se produire lorsque la circulation de l'eau est insuffisante pour déterminer le refroidissement des tôles. Il se produit alors des phénomènes de caléfaction qui détachent les bulles de vapeur de la surface de la chaudière.

Les boues et les matières grasses déterminent également le même résultat.

On reconnaît qu'une tôle a supporté un coup de feu lorsqu'elle prend du côté du foyer une couleur bleuâtre.

Nous avons vu que les corps gras étaient dangereux, puisqu'ils constituent un obstacle à la transmission de la chaleur. Les huiles végétales sont plus dangereuses à ce point de vue que les huiles minérales. Par contre, le goudron ne présente aucun inconvénient. On peut donc, sans inconvénients, goudronner les générateurs après leur fabrication.

Les *fentes* se produisent généralement dans les parties des chaudières qui fatiguent le plus, notamment dans les parties soumises à des dilatations très inégales. On rencontre fréquemment ces fentes dans les lignes de rivets, ainsi qu'aux différentes courbures et clouures des chaudières. Elles sont même parfois dues à un matage défectueux des tôles de joints.

Les *corrosions intérieures* se produisent généralement sous forme de pustules dont la profondeur augmente peu à peu. Elles se manifestent, la plupart du temps, sur les tôles les plus froides, c'est-à-dire sur celles qui sont engagées dans la maçonnerie ou qui font saillie à l'extérieur. Les réchauffeurs, en particulier, sont très souvent atteints par les pustules. Ces corrosions sont dues presque toujours à la présence de l'oxygène dissous dans l'eau d'alimentation.

Les *corrosions extérieures* sont généralement causées par les fuites d'eau et de vapeur, ainsi que par l'humidité des maçonneries au contact des tôles.

La suie et les poussières qui absorbent l'humidité de l'air, la condensation des produits acides de la combustion lorsque les gaz sont trop froids, peuvent également déterminer les mêmes corrosions.

Les chaudières à petits éléments nécessitent une surveillance toute particulière, en raison du grand nombre de joints qu'il faut maintenir étanches. En général, les accidents qui se produisent sur ces chaudières sont dus à la production d'un coup de feu sur un tube. Le tube se déchire alors suivant une fente longitudinale. La chaudière se vide

brusquement par cette fente et la vapeur envahit la chaufferie. Les dégâts matériels sont généralement peu importants, mais il arrive souvent que les chauffeurs sont mortellement brûlés. A cet égard, les chaudières à petits éléments sont celles qui font le plus de victimes parmi le personnel des chaufferies. Ce fait, qui est contraire à certaines idées établies, est mis en évidence par les statistiques¹.

¹ Voir sur ce sujet : Sinigaglia, *Accidents de chaudières*. Ser, *Physique industrielle*.

CHAPITRE IV

MACHINES A VAPEUR

§ 1. — DIFFÉRENTS TYPES DE MACHINES A VAPEUR EMPLOYÉS DANS LES STATIONS CENTRALES

Mode de commande des dynamos. — Dans un assez grand nombre d'usines génératrices, la commande des dynamos se fait au moyen de courroies (fig. 36 et 37) ou de câbles. Cette disposition permet d'employer des machines à vapeur à marche lente et fonctionnant dans des conditions particulièrement favorables au point de vue de l'économie. De plus, la courroie constitue un mode de liaison élastique entre les deux machines, circonstance précieuse en cas d'accident survenant à la dynamo. Par contre cette courroie est exposée à glisser ; la machine à vapeur peut alors s'emballer malgré le régulateur, si le personnel de l'usine perd son sang-froid ou n'exécute pas instantanément les manœuvres nécessaires.

En plus de ces inconvénients, il y a toujours une certaine quantité de travail, évaluée à 10 p. 100, qui est perdue par suite du glissement de la courroie sur les poulies.

Toutes les fois que la puissance de l'unité n'est pas inférieure à 3 ou 400 chevaux, il est préférable d'employer des groupes électrogènes comportant un arbre commun. Au début, on interposait toujours entre la machine à vapeur et la dynamo un accouplement élastique qui compensait les imperfections de réglage de l'arbre, tout en écartant les conséquences dangereuses d'un court-circuit. On paraît renoncer aujourd'hui à l'emploi de ces accouplements élastiques, car l'expérience a montré qu'ils n'étaient pas indispensables (fig. 39).

La suppression des courroies a conduit à l'emploi des machines à vapeur à grande vitesse. Parmi ces dernières, on peut citer les machines Willans dont le rendement n'est pas inférieur à celui des machines à marche plus lente.

Dans la plupart des cas, on préfère cependant employer des moteurs à marche moins rapide. Le problème est facile à résoudre pour les

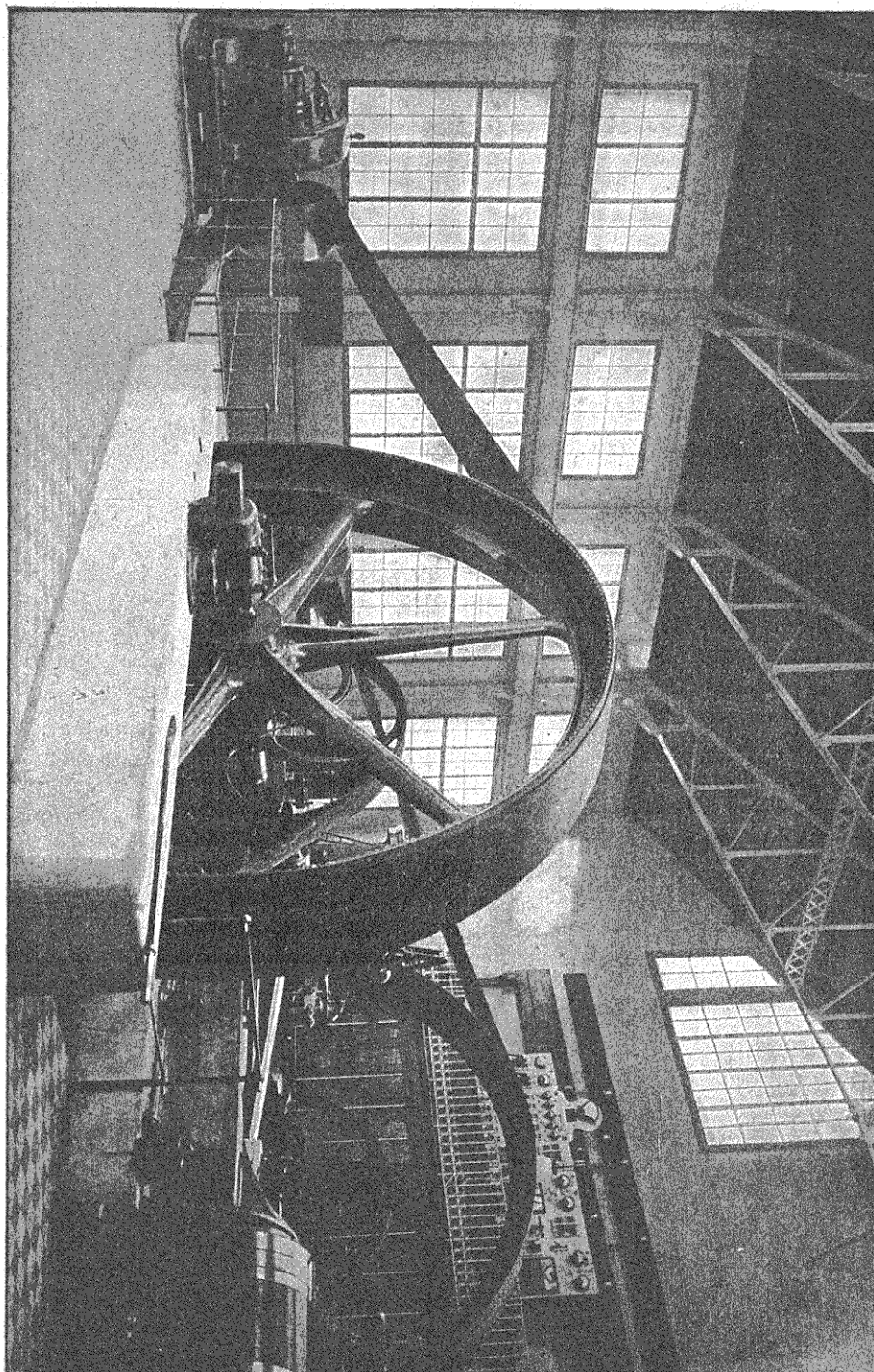


Fig. 36. — Commande des dynamos par courroies.

alternateurs auxquels on peut donner des vitesses s'abaissant jusqu'à 80 ou 70 tours par minute.

Lorsque la transmission s'effectue par courroie on fait le plus sou-

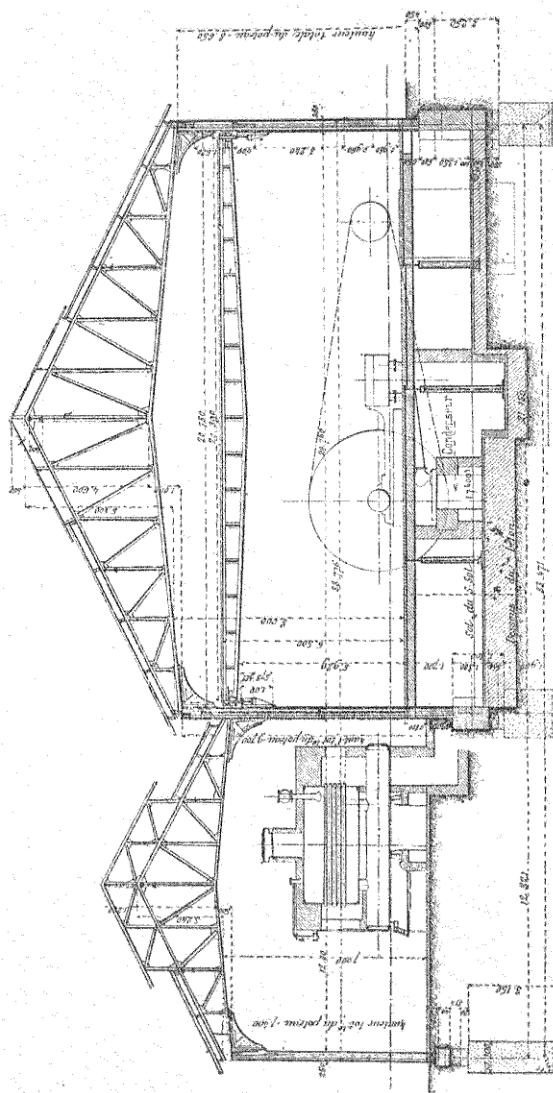


Fig. 37. — Coupe d'une station centrale avec dynamos commandées par courroies.

vent usage des distributions par tiroirs cylindriques ou par soupapes. Les machines Corliss et Sulzer sont, comme on le sait, les prototypes de ces machines. Elles sont très économiques et la régularité de leur

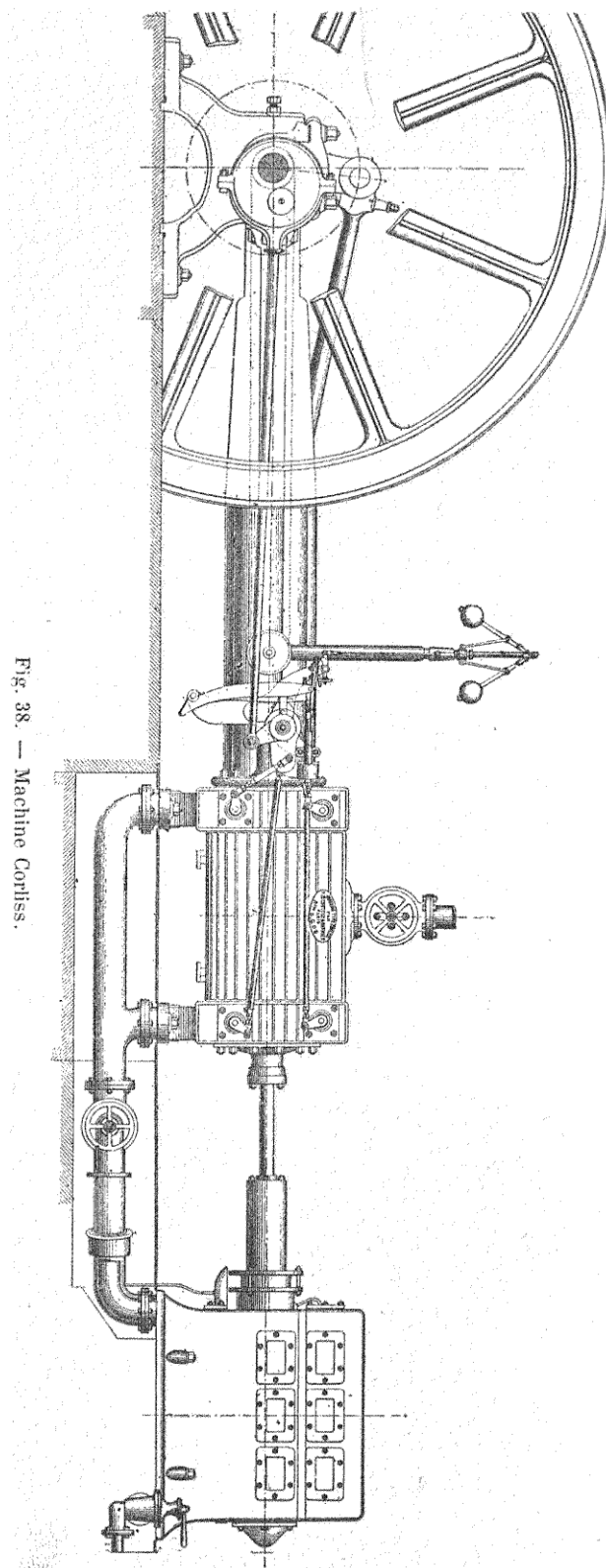


Fig. 38. — Machine Corliss.

onctionnement est remarquable, mais elles ont l'inconvénient de ne tourner qu'à une faible vitesse (60 à 90 tours environ). Elles nécessitent donc l'emploi de la courroie ou des câbles avec un rapport des diamètres des poulies très élevé.

Machines à marche lente. — Nous rappellerons seulement que la machine Corliss comporte quatre tiroirs cylindriques oscillants (fig. 40). Les deux tiroirs supérieurs sont réservés à l'admission et les deux tiroirs inférieurs à l'échappement. Le mouvement de ces derniers tiroirs est obtenu au moyen de tiges mues par un excentrique spécial. Il en est de même pour les tiroirs supérieurs avec cette différence, cependant, qu'ils sont refermés brusquement grâce à la présence d'un ressort et d'un dé clic réalisant, à un moment donné, l'indépendance avec l'excentrique de conduite (fig. 41 et 42). On obtient ainsi facilement des admissions de $\frac{1}{8}$ de la course et, par suite, des détentes prolongées.

Le type de ce genre le plus connu en France est la machine dite à *lame de sabre* (fig. 38) mais il existe un grand nombre de dispositions dérivées de ce type primitif.

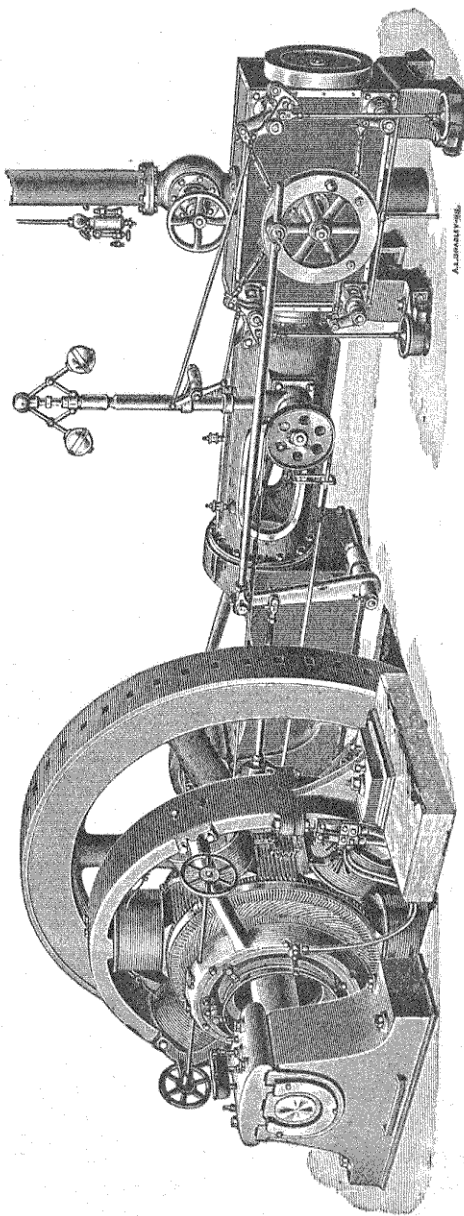


Fig. 39. — Machine Corliss-Reynolds.

Les distributions par soupapes équilibrées permettent également d'obtenir des admissions très courtes sans laminage de vapeur. Nous

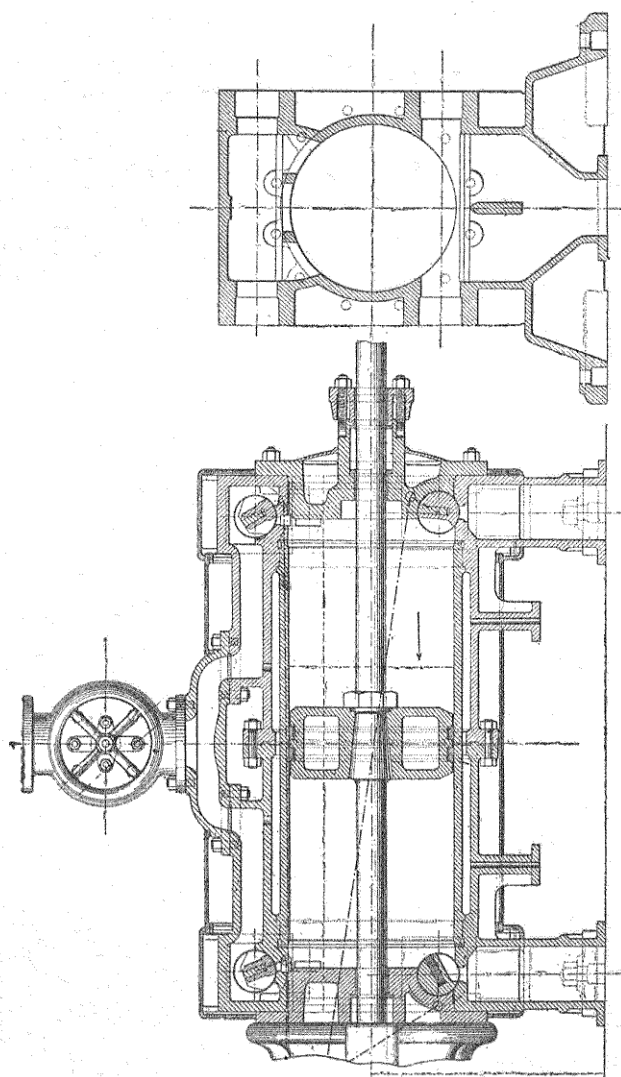


Fig. 40. — Coupe du cylindre d'une machine Corliss.

citerons parmi ces dernières les distributions Sulzer, Collmann et Riedinger. Quel que soit le système, les soupapes sont soulevées par une série de leviers mis en mouvement, eux-mêmes, au moyen d'un arbre auxiliaire, placé le long du cylindre, par l'intermédiaire de cames ou d'excentriques (fig. 43).

Les machines des types Corliss et Sulzer ne dépensent pas plus de 7 à 9 kilogrammes de vapeur par cheval et par heure.

Nous signalerons également la distribution par tiroirs en forme de

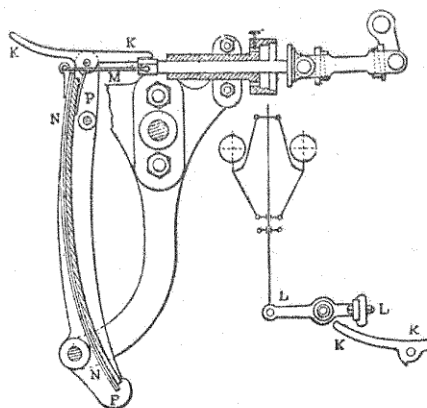


Fig. 41. — Dispositif de déclie d'une machine Corliss à lame de sabre.

grilles qui est utilisée dans les machines Mac-Intosh et Seymour (fig. 44 et 45) et qui permet d'obtenir de grands orifices de passage de la vapeur

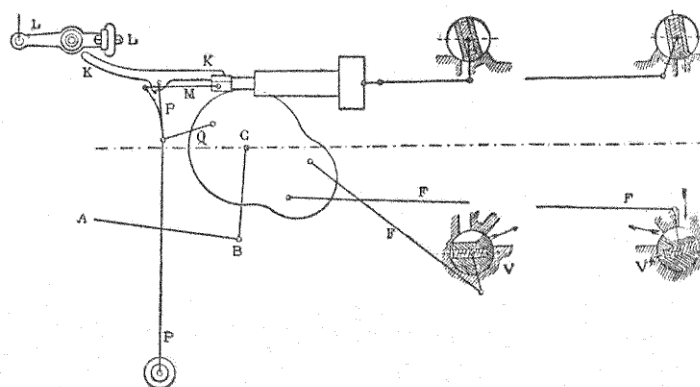


Fig. 42. — Schéma de la distribution d'une machine Corliss.

sans que l'on ait à redouter le laminage de cette dernière. Le tiroir d'échappement se compose d'une grille mobile se déplaçant sur une grille fixe. Le tiroir d'admission comporte deux grilles mobiles se déplaçant sur les deux faces d'une grille fixe. L'une de ces grilles mobiles est pourvue d'un déclie.

Machines à moyenne vitesse. — Parmi les machines à moyenne

vitesse c'est-à-dire faisant de 100 à 200 tours par minute on peut citer les machines Frikart et Lecouteux et Garnier (fig. 46). Ces machines

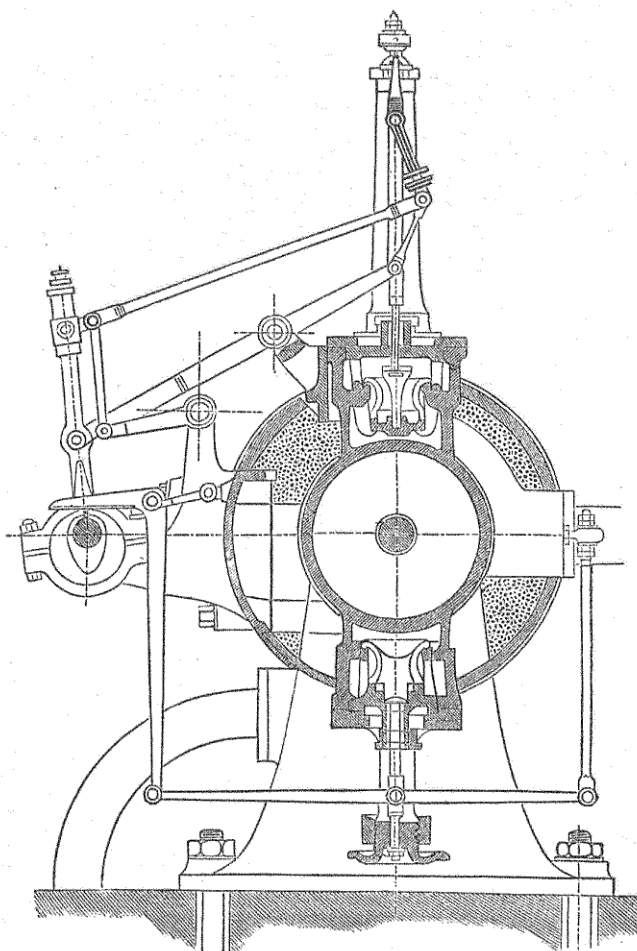


Fig. 43. — Coupe d'une machine Sulzer à soupapes.

sont munies d'une distribution à tiroirs oscillants de même que les machines Corliss. Elles diffèrent, toutefois, de ces dernières par la suppression du déclat.

Les figures 47 et 48 représentent une autre machine à vapeur sans déclat permettant d'obtenir le même résultat.

La vapeur est admise à la partie supérieure du cylindre par deux tiroirs cylindriques ordinaires se déplaçant dans le sens de leur axe.

L'échappement se fait par deux tiroirs oscillants, analogues aux tiroirs Corliss, qui sont disposés à la partie inférieure du cylindre. La manœuvre des deux groupes de tiroirs est obtenue au moyen de deux excentriques. Cette machine permet d'obtenir dans de bonnes conditions des vitesses de 200 tours par minute.

Machines Compound. — Les machines que nous venons d'examiner peuvent être combinées de manière à former une machine à plusieurs cylindres à simple ou à multiple expansion. La combinaison la plus simple consiste à accoupler deux machines identiques attaquant un arbre commun par l'intermédiaire de bielles agissant sur des manivelles calées à 90° (fig. 50). La dynamo et le volant se trouvent alors calés sur l'arbre entre les deux machines. Cette disposition est excellente car on obtient une grande égalisation de l'effort moteur tout en supprimant les points morts. De plus, chacune des parties de l'arbre situées de chaque côté de la dynamo ne transmet que la moitié de l'effort moteur total.

On obtient encore un meilleur résultat en transformant la machine précédente en machine compound (fig. 51 et 52). Les cylindres des deux machines doivent alors avoir des diamètres inégaux et communiquent entre eux par l'intermédiaire d'un réservoir de vapeur qui, parfois, se réduit au tuyau de communication.

Lorsqu'il s'agit de machines des genres Corliss ou Sulzer le petit cylindre est pourvu d'une distribution à déclic. Le grand cylindre est

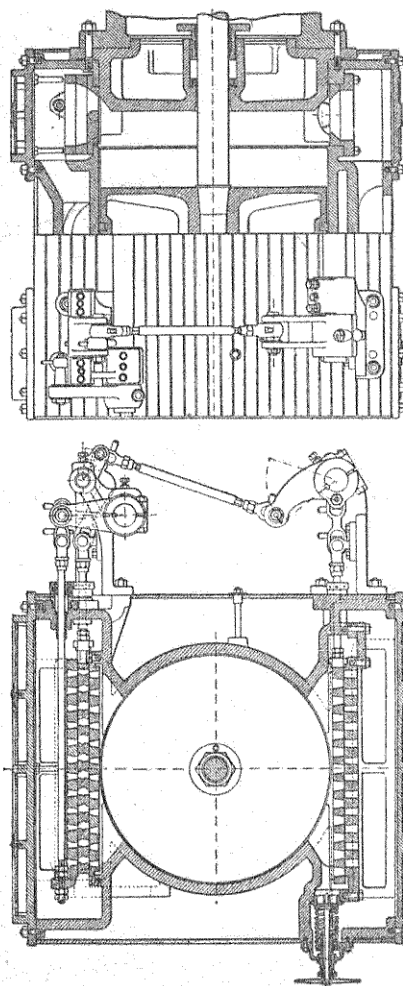


Fig. 44. — Coupe d'une machine Mac-Intosh et Seymour. (Distribution à grilles.)

pourvu d'une distribution analogue au dispositif d'ouverture des tiroirs ou des soupapes d'échappement.

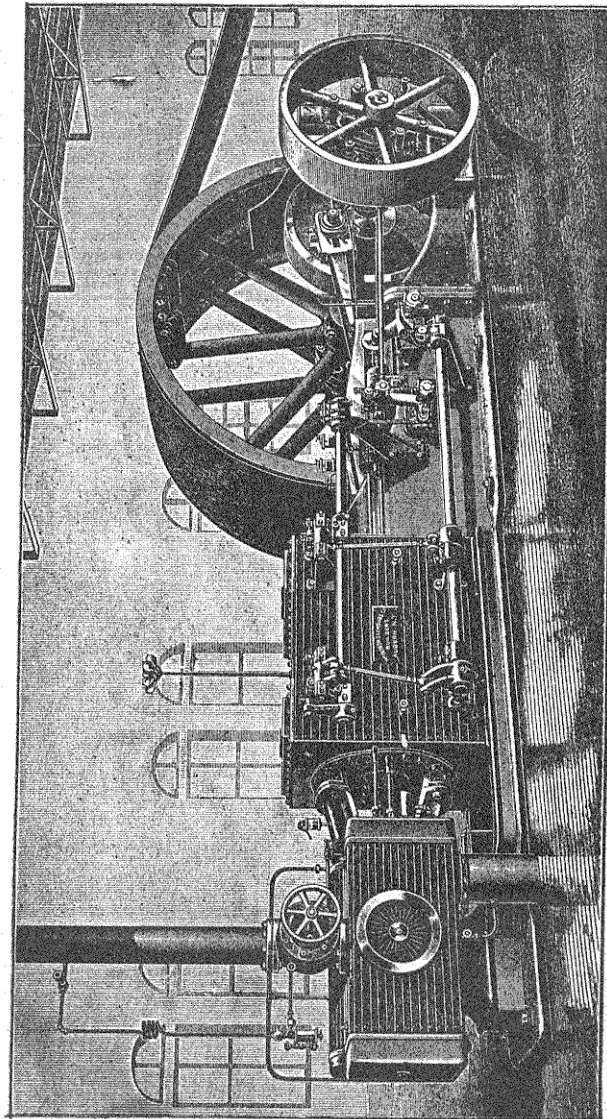


Fig. 43. — Machine compound Mac-Intosh et Seymour. Distribution par tiroirs à grilles.

On peut également réaliser une machine compound avec des machines Corliss ou Sulzer en disposant les cylindres en tandem avec une tige de piston commune (fig. 53). Cette disposition est plus économique que la

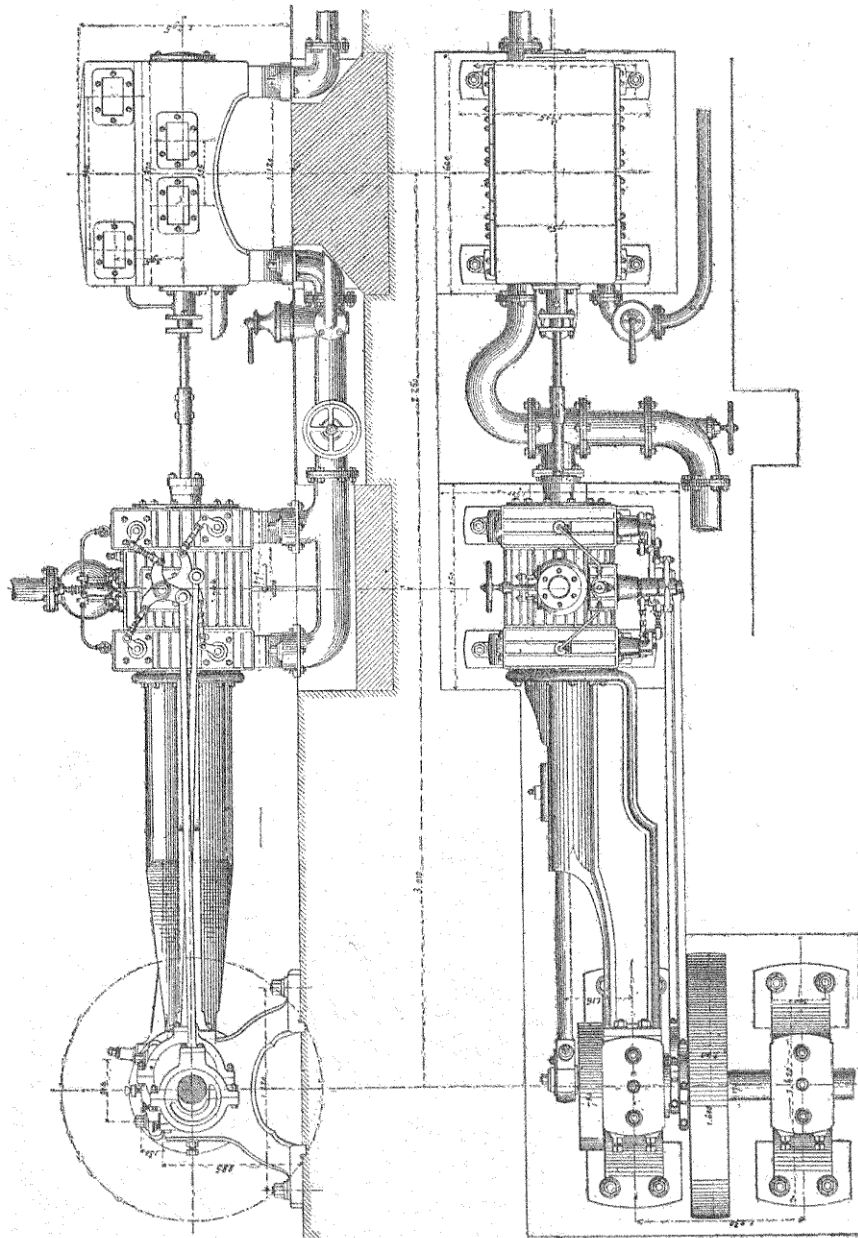


Fig. 46. — Machine Frikart à vitesse moyenne (sans dédic).

précédente mais elle lui est bien inférieure au point de vue de la répartition des efforts et de la suppression des points morts.

Lorsqu'il s'agit d'unités motrices de grande puissance on peut, il est vrai, concilier avantageusement les avantages des deux disposi-

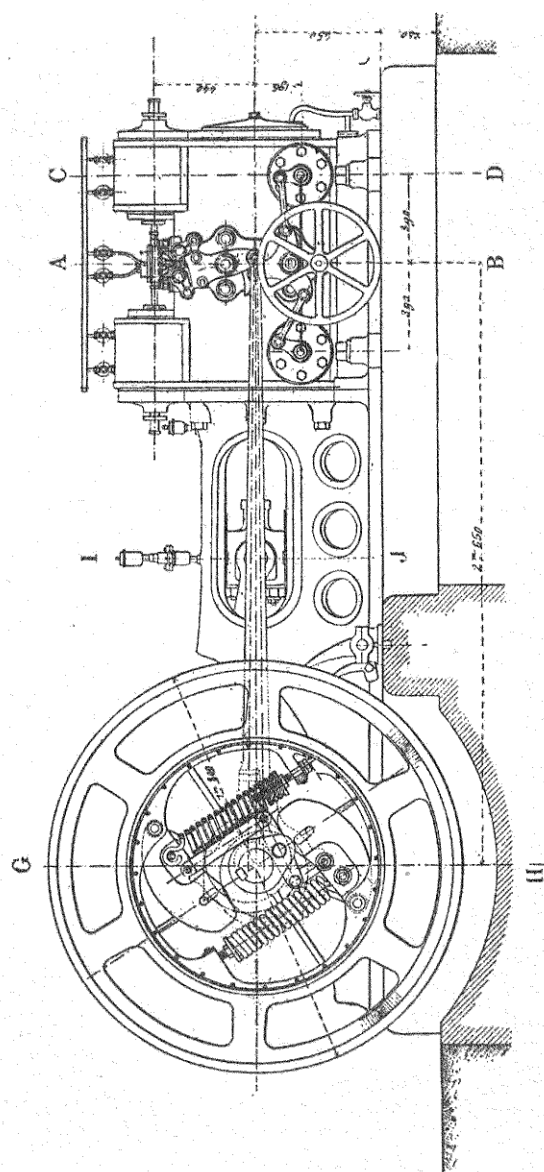


Fig. 47. — Machine à moyenne vitesse (distribution par tiroirs cylindriques glissants et oscillants).

tions en accouplant deux machines tandem attaquant un arbre commun par l'intermédiaire de deux manivelles calées à 90°.

En général, lorsque chaque unité motrice comporte quatre cylindres, on préfère adopter la triple expansion qui peut s'obtenir très simplement de la manière suivante. Les cylindres les plus rapprochés de

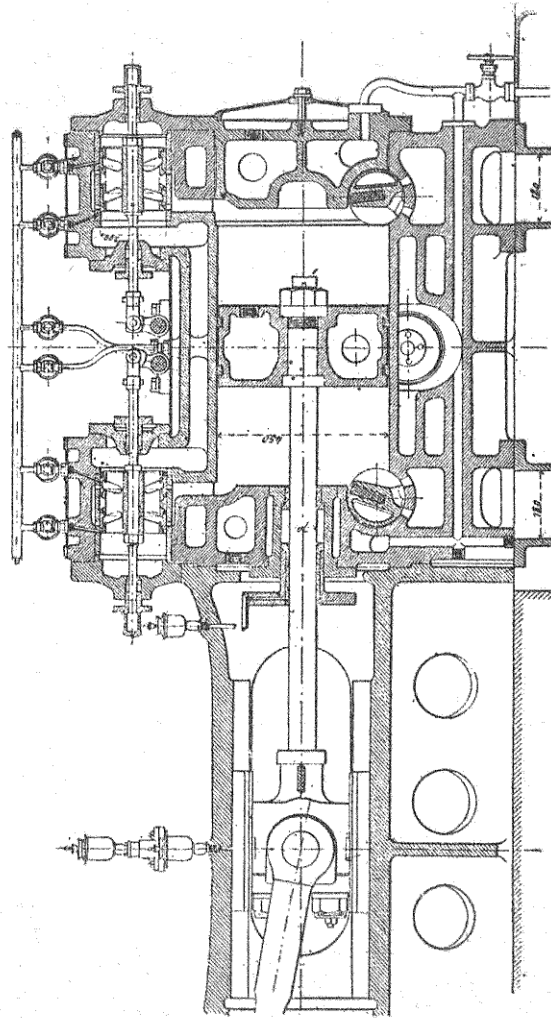


Fig. 48. — Coupe longitudinale du cylindre.

l'arbre ont des diamètres inégaux. Les cylindres les plus éloignés ont le même diamètre que le plus grand des deux précédents.

La vapeur pénètre d'abord dans le petit cylindre et se rend ensuite dans le grand cylindre qui lui est juxtaposé. Elle se partage ensuite entre les deux derniers cylindres.

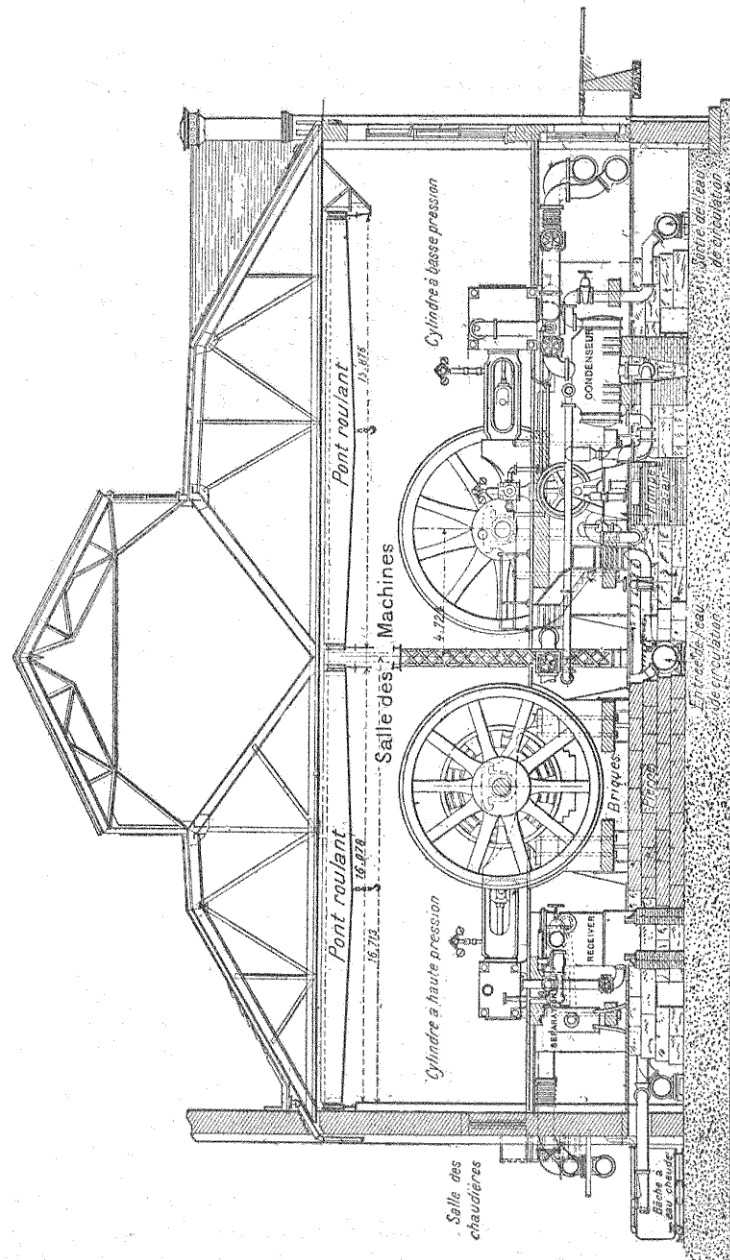


Fig. 48 bis. — Machine compound à cylindres indépendants.

En Amérique et en Allemagne on emploie très fréquemment les machines verticales (fig. 54 et 55) qui nécessitent des dimensions

beaucoup moins grandes pour le bâtiment des machines. Ces machines verticales présentent beaucoup d'analogie avec les machines employées

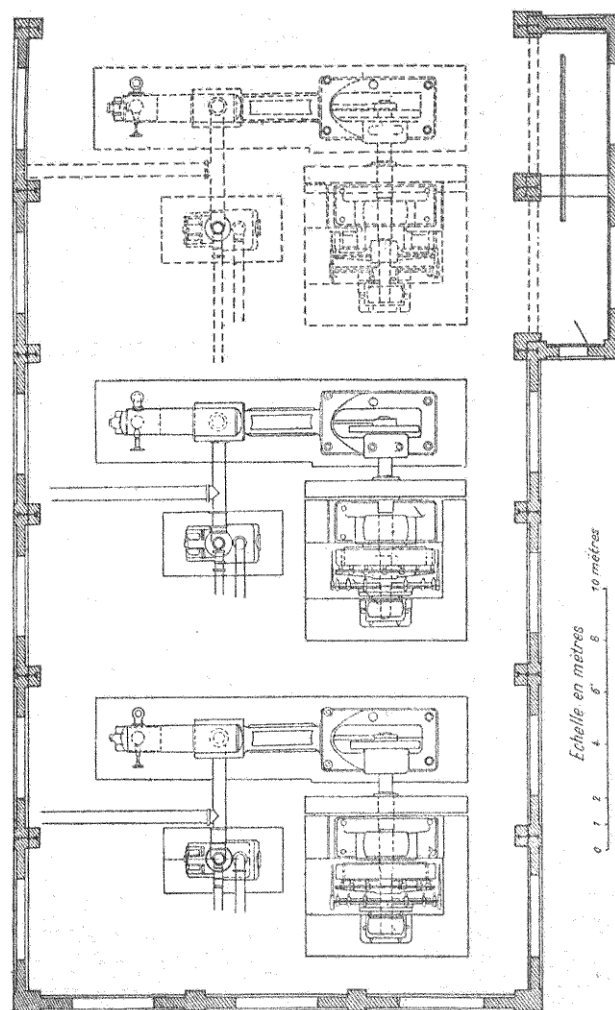


Fig. 49. — Plan d'une salle de machines. — Commande directe.

dans la marine. Les distributions sont, par contre, plus compliquées ; on fait fréquemment usage des dispositifs Corliss et Sulzer. Dans tous les cas les machines verticales des stations centrales sont presque toujours compound, à double ou à triple expansion.

Le faible emplacement que nécessitent ces machines constitue, cer-

H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

5

tainement un avantage très sérieux; de plus, on n'a pas à redouter l'ovalisation des cylindres.

Par contre, la surveillance des machines verticales est moins facile

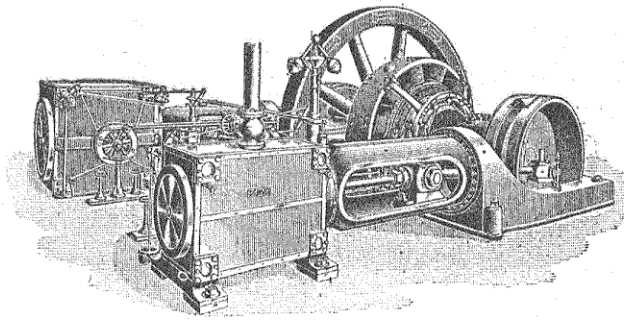


Fig. 50. — Accouplement de deux machines Corliss calées à 90°.

que celle des machines horizontales dont toutes les pièces sont acces-

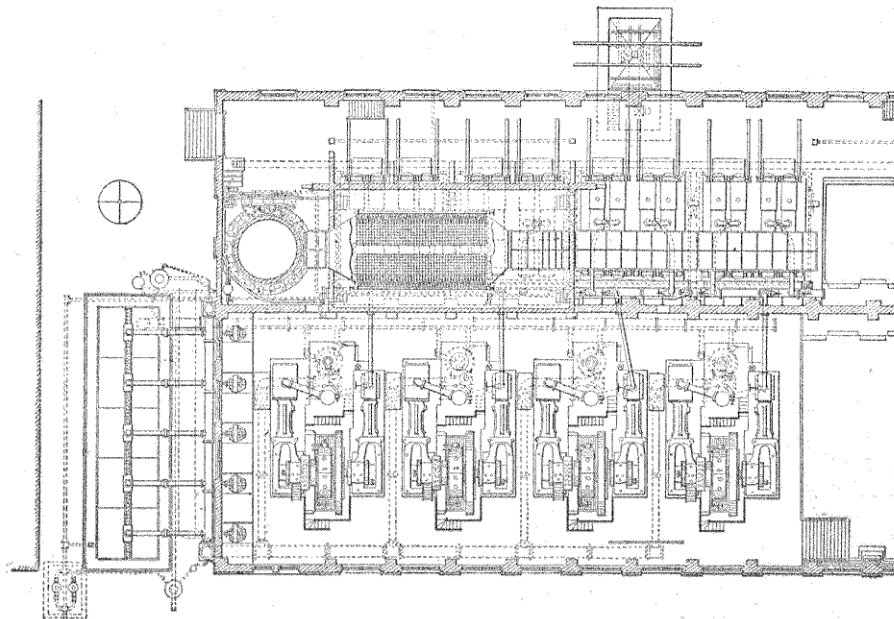


Fig. 51. — Plan de l'usine de l'Elevated Railway de New-York. (Commande directe des dynamos par des machines Corliss montées en compound.)

sibles. On se trouve alors dans l'obligation d'installer des passerelles permettant d'accéder à différents niveaux (fig. 54).

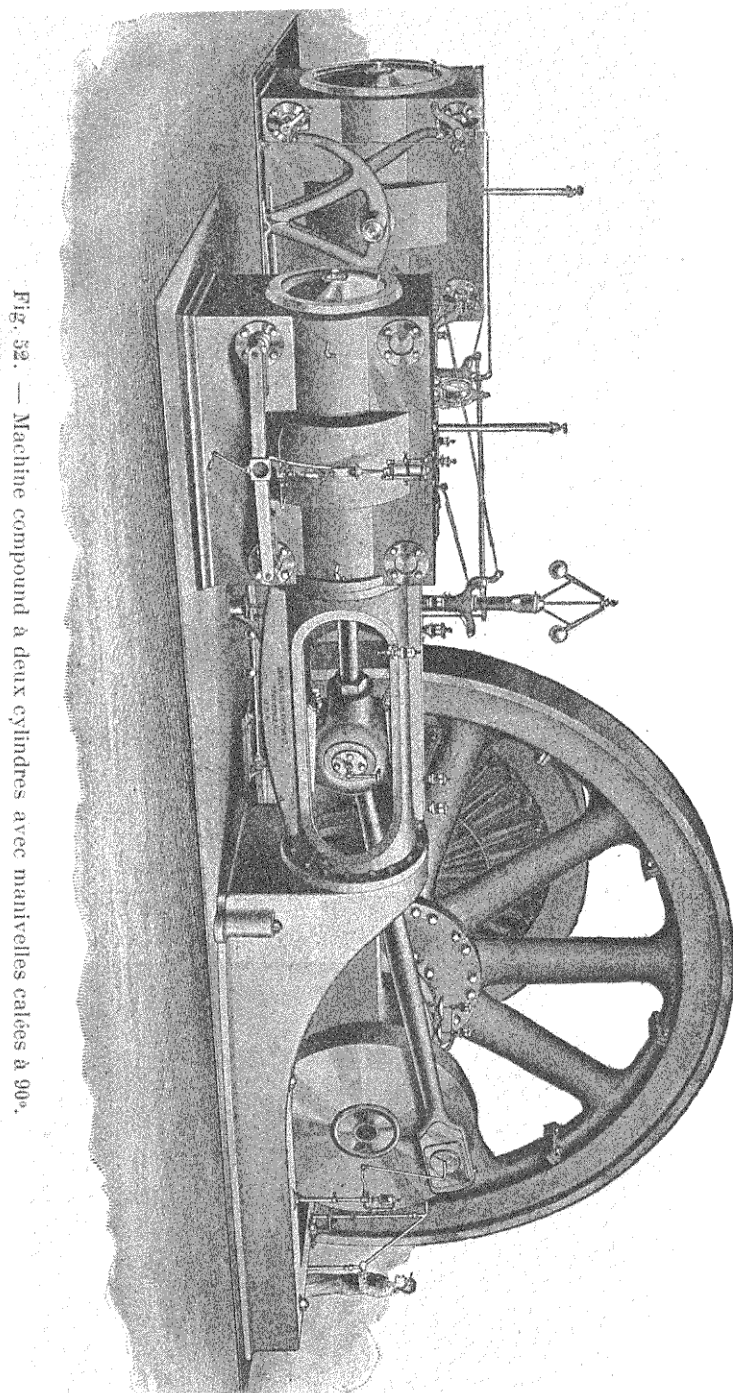


Fig. 52. — Machine compound à deux cylindres avec manivelles calées à 90°.

Fig. 53. — Machine compound à deux cylindres montés en tandem.

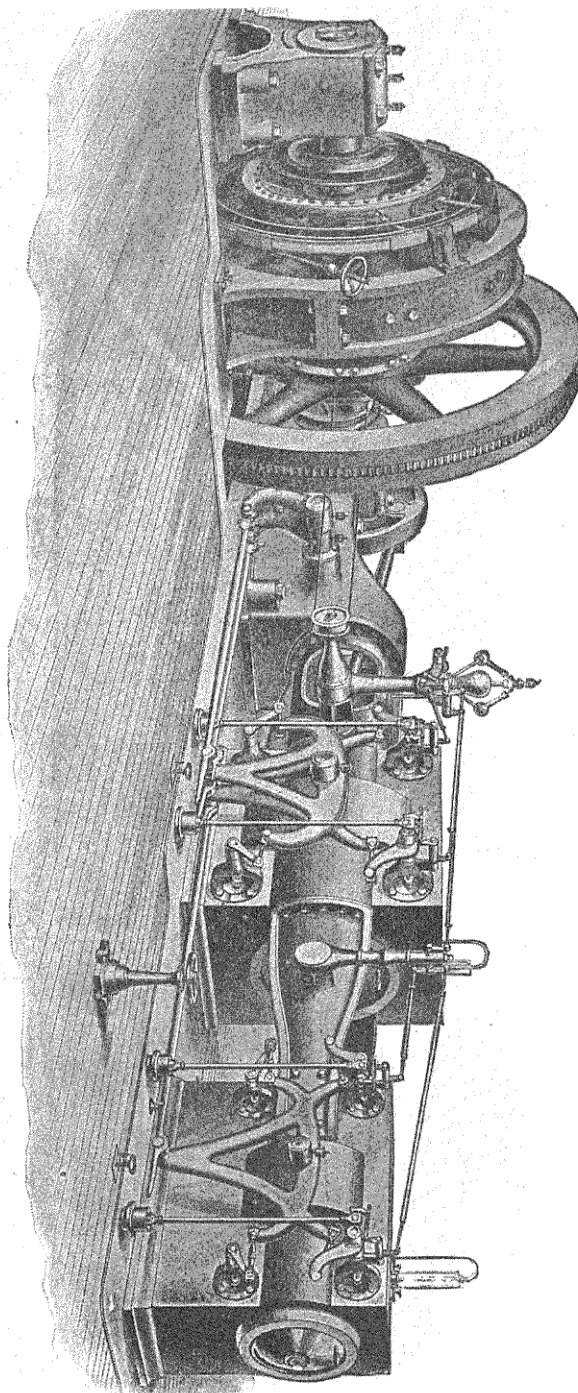
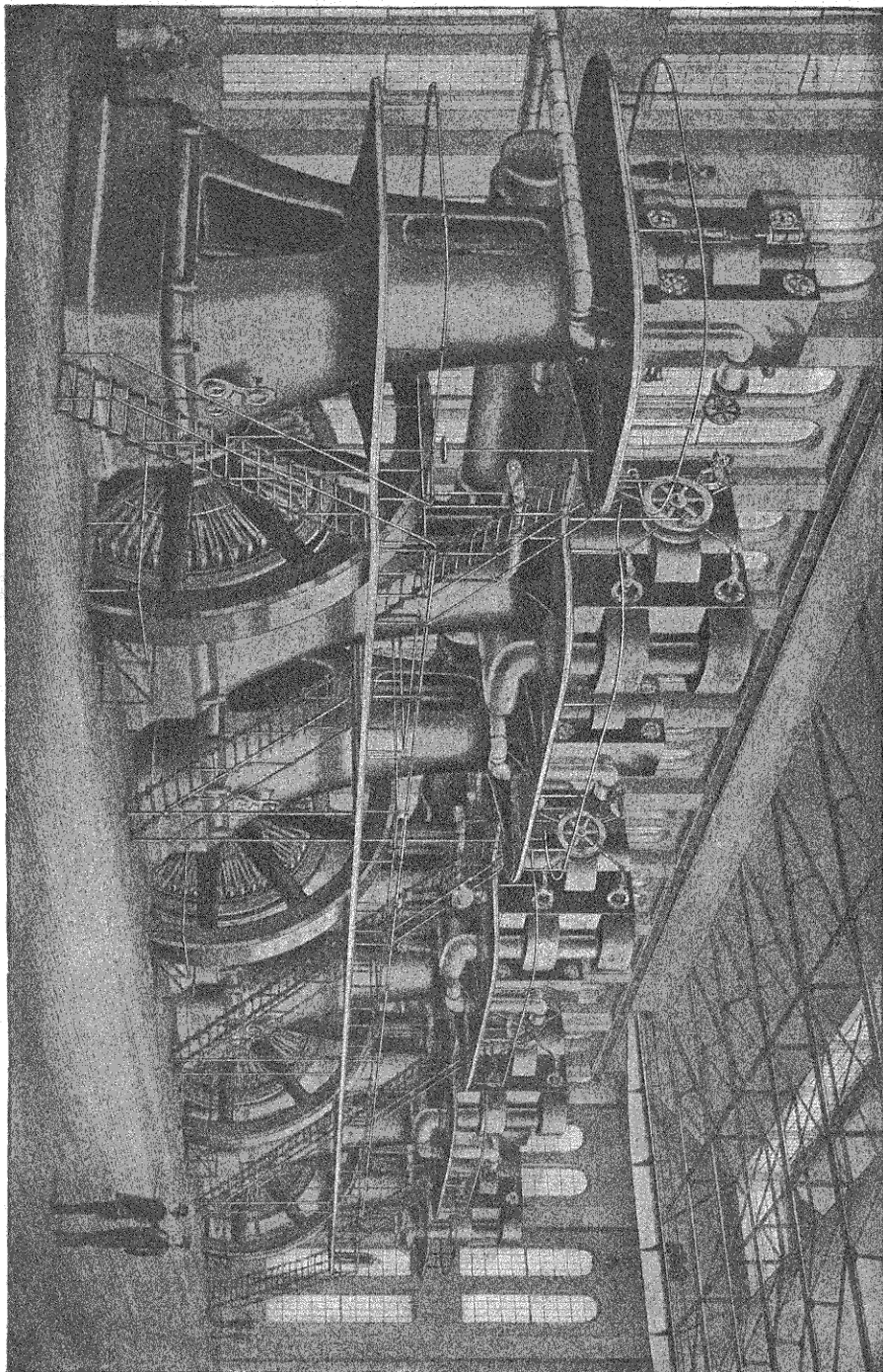


Fig. 54. — Machines Corliss verticales montées en *compound* avec manivelles calées à 90°.



On emploie beaucoup en Amérique et en Angleterre des machines horizontales à moyenne et à grande vitesse permettant d'avoir un

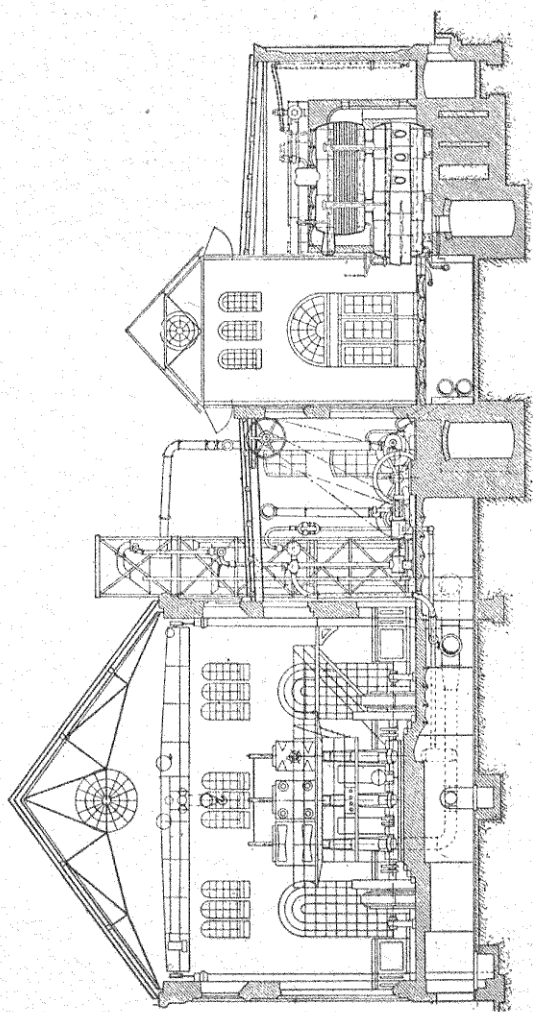
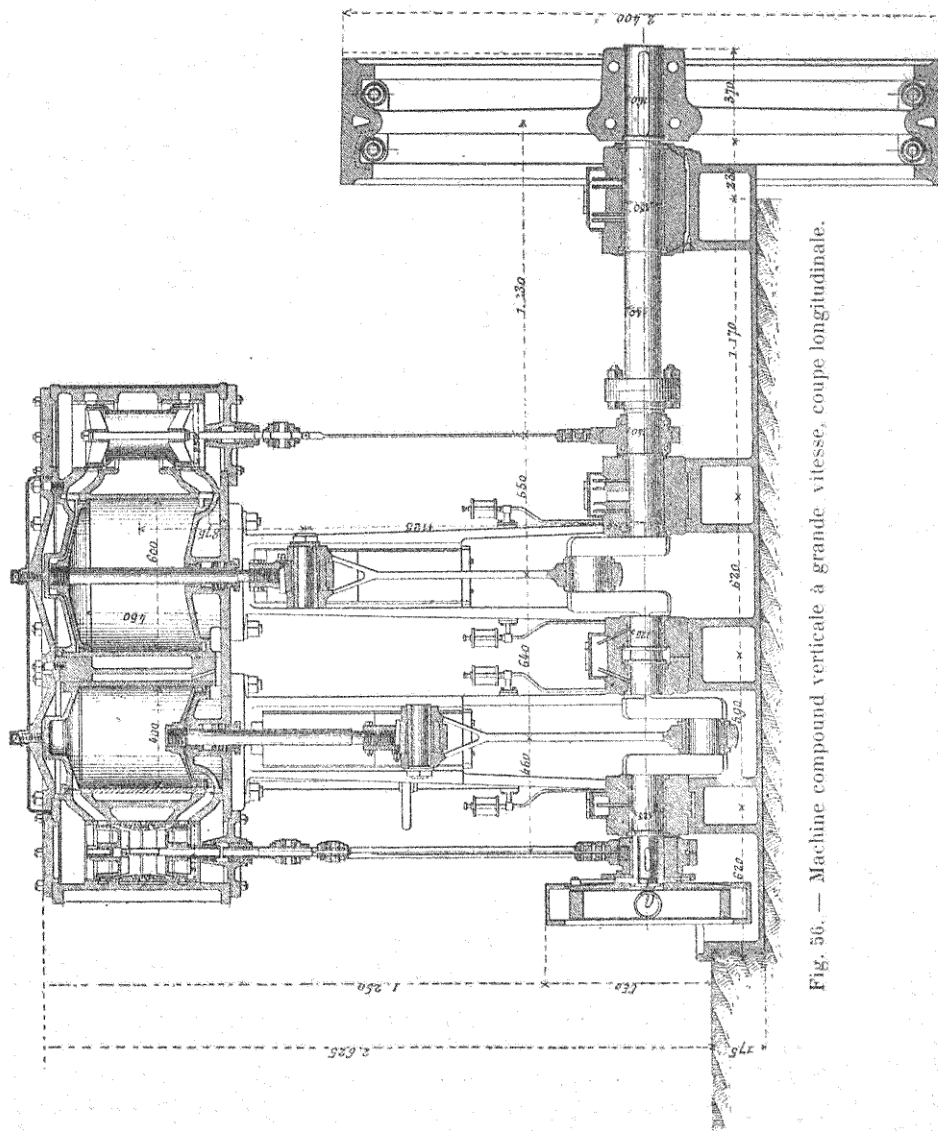


Fig. 55. — Coupe de la station centrale de Hambourg. (Machines compound verticales.)

faible rapport des diamètres des poulies ou même de réaliser la commande directe (fig. 58, 59 et 60). La construction de ces machines rappelle celle des moteurs à gaz. Elles sont très ramassées et le cylindre est en porte à faux afin de permettre aux dilatations de s'exercer librement.

Ces machines se prêtent également au montage en compound-

tandem (fig. 61), mais, à notre avis, le porte-à-faux devient alors exagéré.



Machines à grande vitesse. — Les machines à grande vitesse sont le plus généralement du type pilon (fig. 56 et 57). On est alors tout naturellement conduit à adopter la double ou même la triple expansion car il devient impossible de réaliser une détente prolongée dans un

seul cylindre. Les tiroirs plans se comportant mal aux très grandes vitesses on est obligé d'avoir recours aux tiroirs cylindriques pour ce genre de machines.

Dans les machines à marche lente, la régulation s'opère générale-

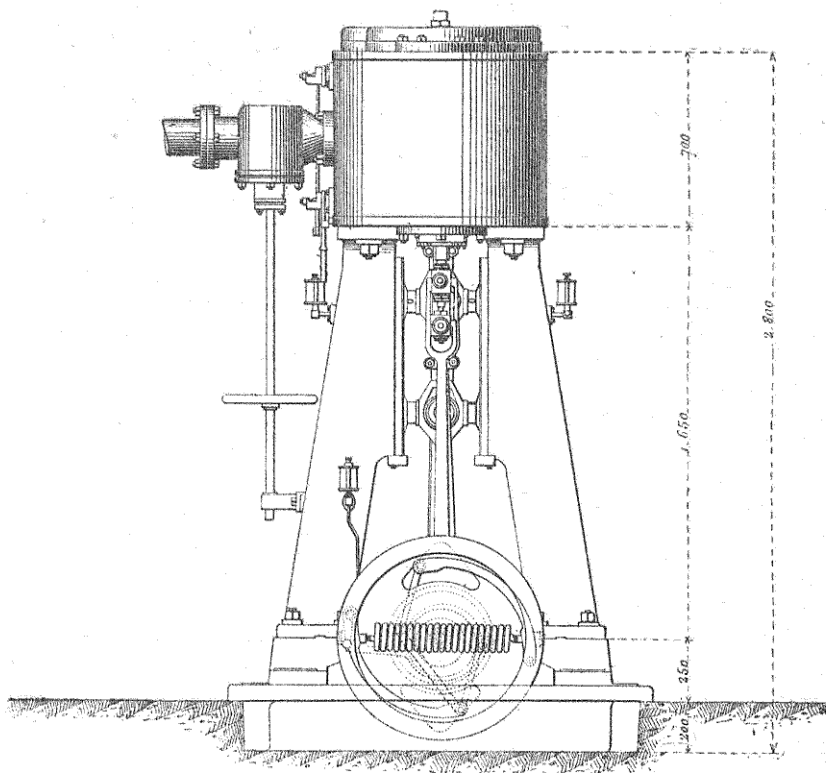


Fig. 57. — Machine compound verticale à grande vitesse. Élévation.

ment au moyen de régulateurs dérivés du type de Watt. Lorsqu'il s'agit de machines à grande vitesse on fait volontiers usage des régulateurs logés dans le volant. Le prototype de ces appareils est le régulateur Armington et Sims (fig. 62). Il est constitué essentiellement par deux masses fixées à deux bras du volant et maintenues rapprochées du centre par deux ressorts à boudin. Grâce à un jeu de bielles ces masses en s'écartant peuvent modifier la position de calage de l'excentrique de distribution.

Lorsque l'on veut adopter la commande directe avec des dynamos devant faire 500 ou 600 tours par minute, on peut faire usage des machines à vapeur Westinghouse ou Willans (fig. 63 et 67).

Les premiers types de machines Westinghouse comportaient deux

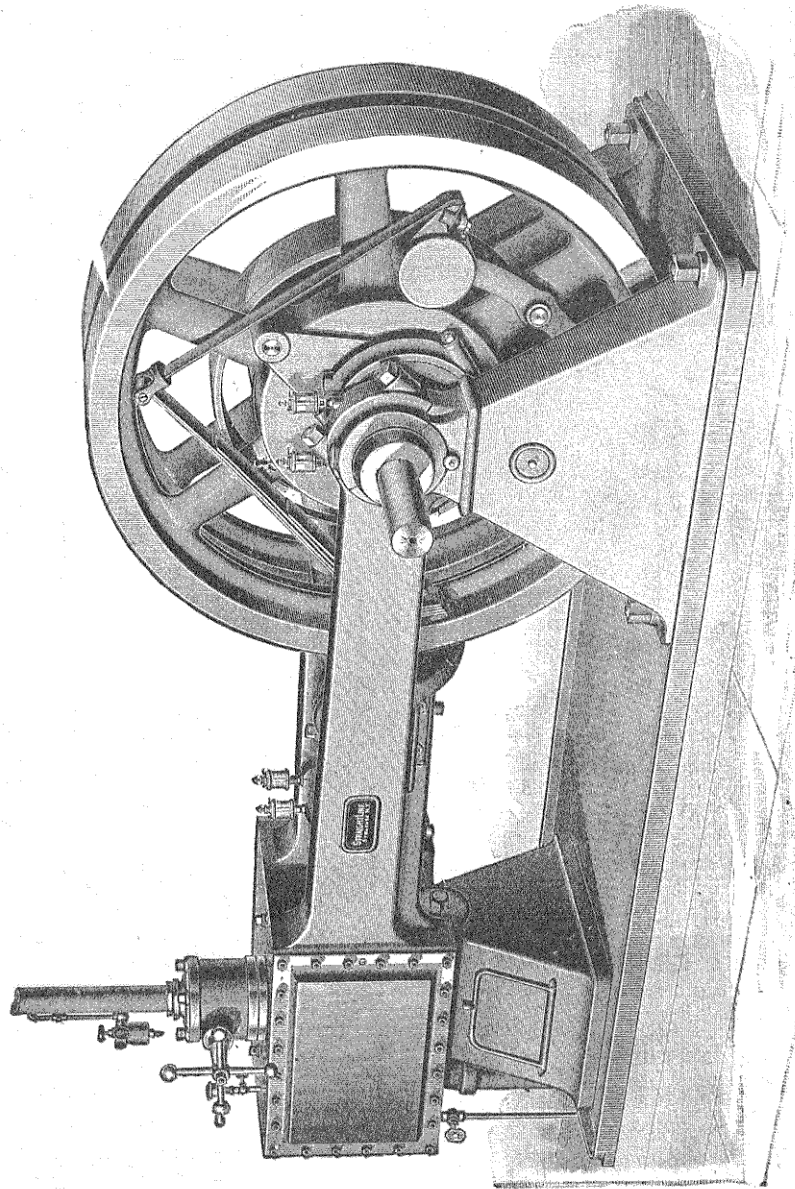


Fig. 58 — Machine horizontale à grande vitesse.

cylindres égaux, indépendants l'un de l'autre, alimentés par un tiroir cylindrique unique. Ce type est aujourd'hui abandonné en raison de sa

grande consommation de vapeur. Les machines Westinghouse actuelles comportent deux cylindres inégaux fonctionnant en compound (fig. 64). La distribution se fait au moyen d'un tiroir cylindrique à axe horizontal fonctionnant au moyen d'un excentrique par l'intermédiaire d'un renvoi de sonnette.

La machine Willans est plus employée que la précédente dans les stations centrales; son fonctionnement est suffisamment économique pour qu'elle puisse lutter avec les machines à marche lente. Les machines Willans se font à double ou à triple expansion. La tige du

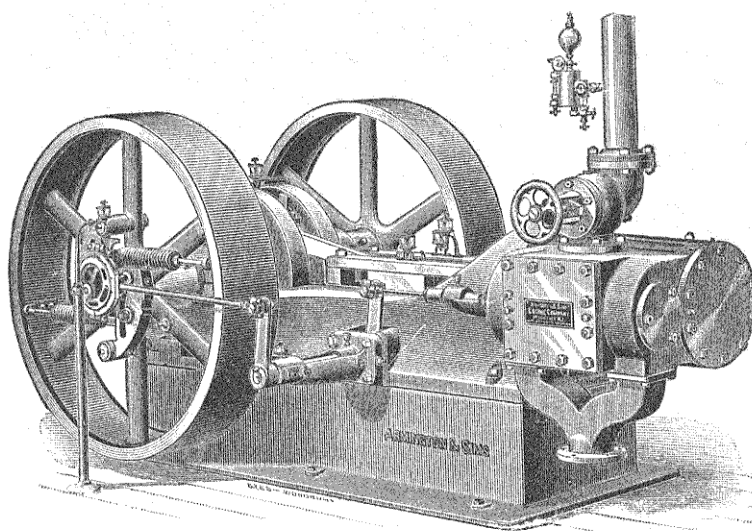


Fig. 58 bis. — Machine à grande vitesse, système Armstrong et Sims.

piston (fig. 66) est creuse et permet le passage de la vapeur d'un cylindre dans le suivant. Cette tige creuse renferme elle-même une autre tige fixée à un excentrique calé sur l'arbre. Sur cette tige sont calés une série de petits pistons formant tiroirs cylindriques qui peuvent démasquer différentes rangées d'ouvertures percées dans la tige des pistons moteurs.

Cette machine étant à simple effet, il en résulte qu'il ne se produit pas de chocs entre les coudes de l'arbre et les coussinets des bielles.

Les constructeurs de la machine Willans garantissent une consommation maxima de vapeur de 12 kilogrammes sans condensation.

Turbines à vapeur. — Nous terminerons ce rapide examen des différents types de machines à vapeur en disant quelques mots au sujet des turbines à vapeur.

On peut classer les turbines à vapeur en deux catégories suivant qu'elles sont à *réaction* ou à *action*.

Dans les premières on utilise la pression proprement dite de la

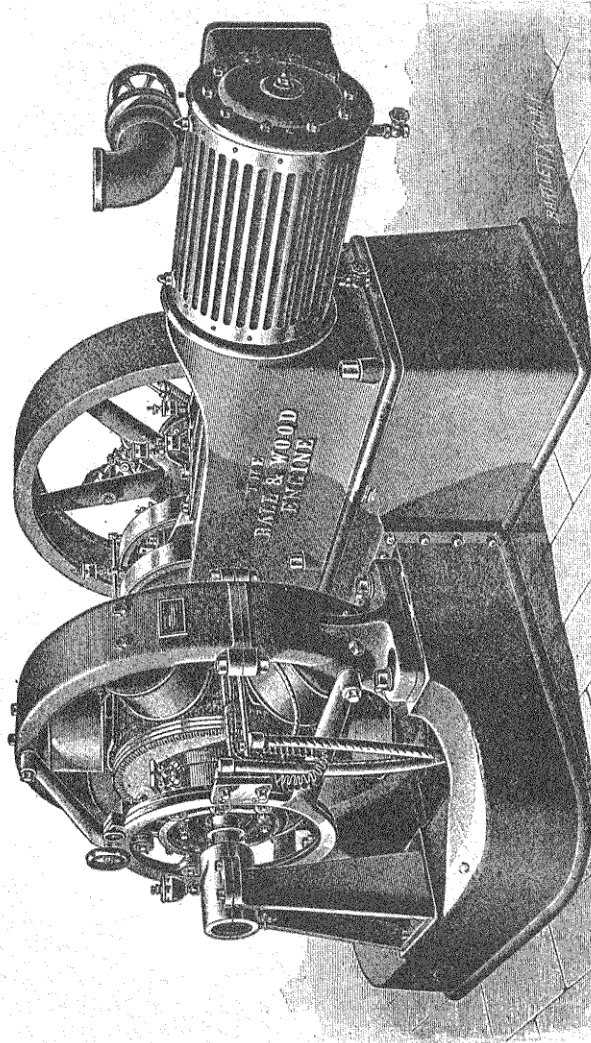


Fig. 59. — Machine horizontale Ball and Wood à grande vitesse.

vapeur. Dans les secondes, au contraire, on n'a recours qu'à la force vive de la vapeur détendue préalablement.

Les turbines Parsons appartiennent au premier groupe et celles de Laval au second.

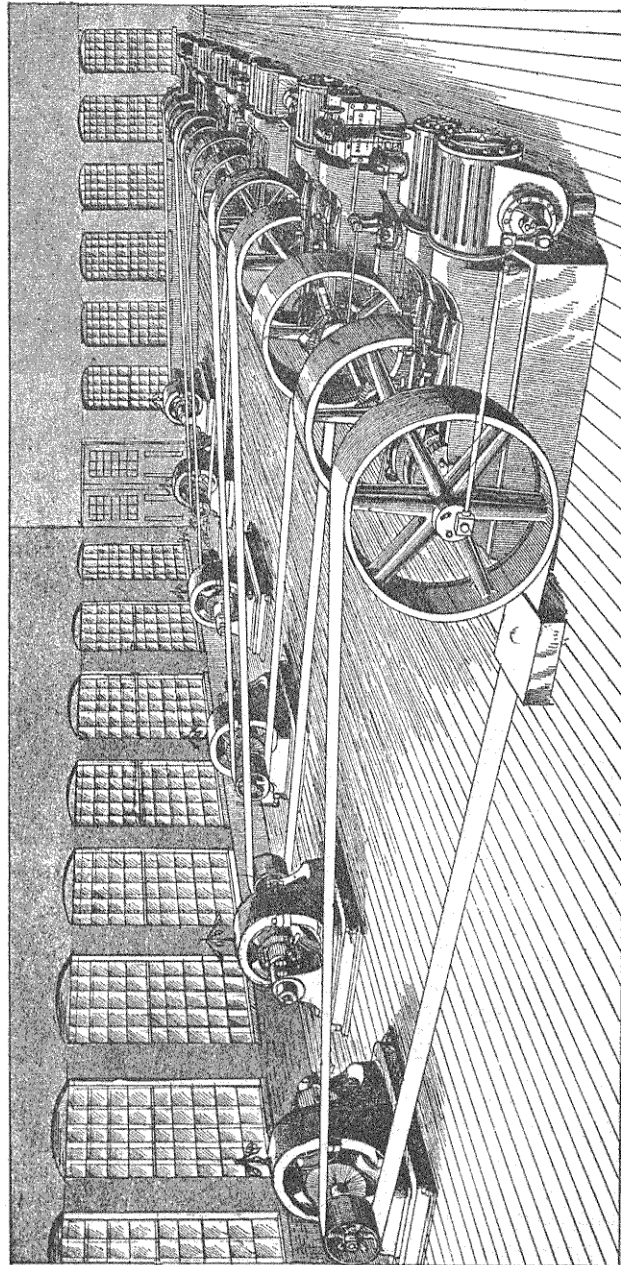


Fig. 60. — Commande par courroies (machines à grande vitesse).

Dans les turbines Parsons la vapeur circule latéralement entre une

série d'ailettes portées par des couronnes alternativement mobiles et fixes. Les couronnes mobiles sont calées sur l'arbre moteur et pro-

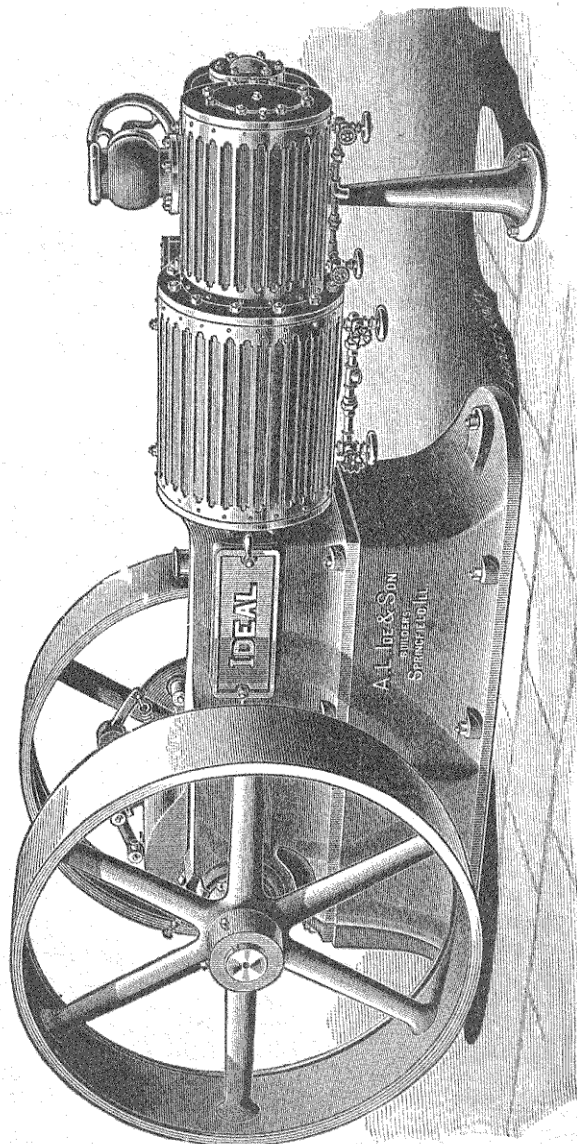


Fig. 64 — Machine compound horizontale à grande vitesse.

duisent son entraînement. En agissant sur chaque série d'ailettes mobiles, la vapeur produit un certain travail et subit une détente ; elle sort finalement de la turbine à peu près sans pression.

PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

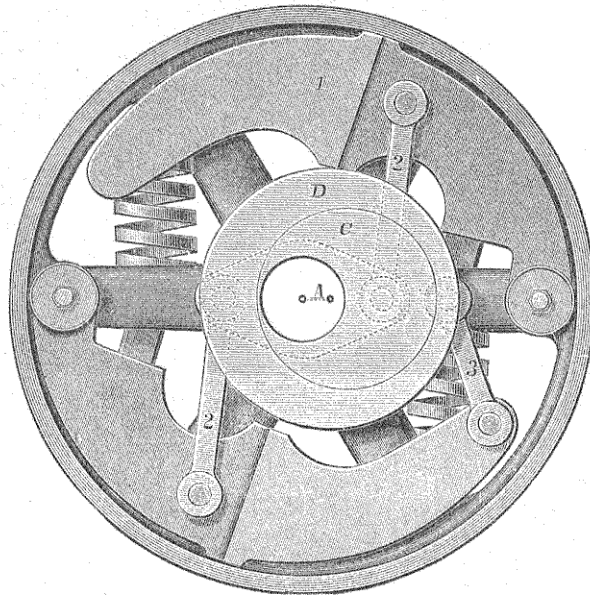


Fig. 62. — Régulateur Armington et Sims.

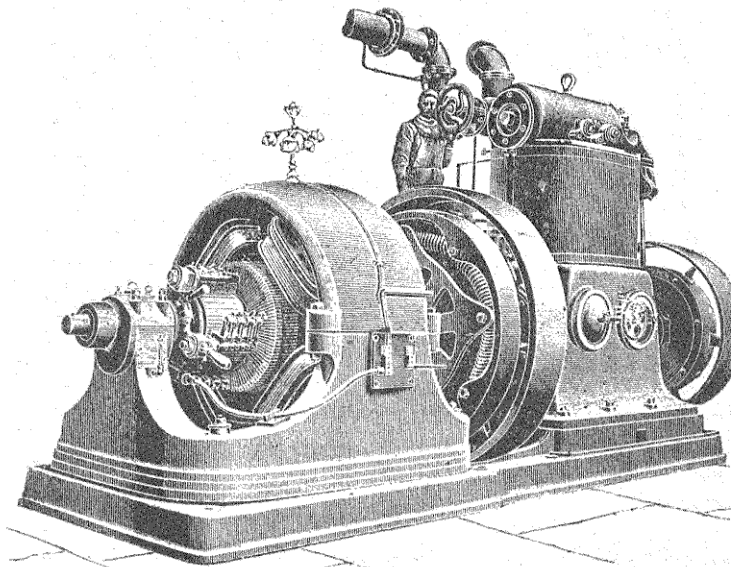


Fig. 63. — Groupe électrogène Westinghouse.

Dans les turbines de Laval la vapeur agit sur une couronne unique d'ailettes ; en face de cette couronne se trouve un ajutage convergent

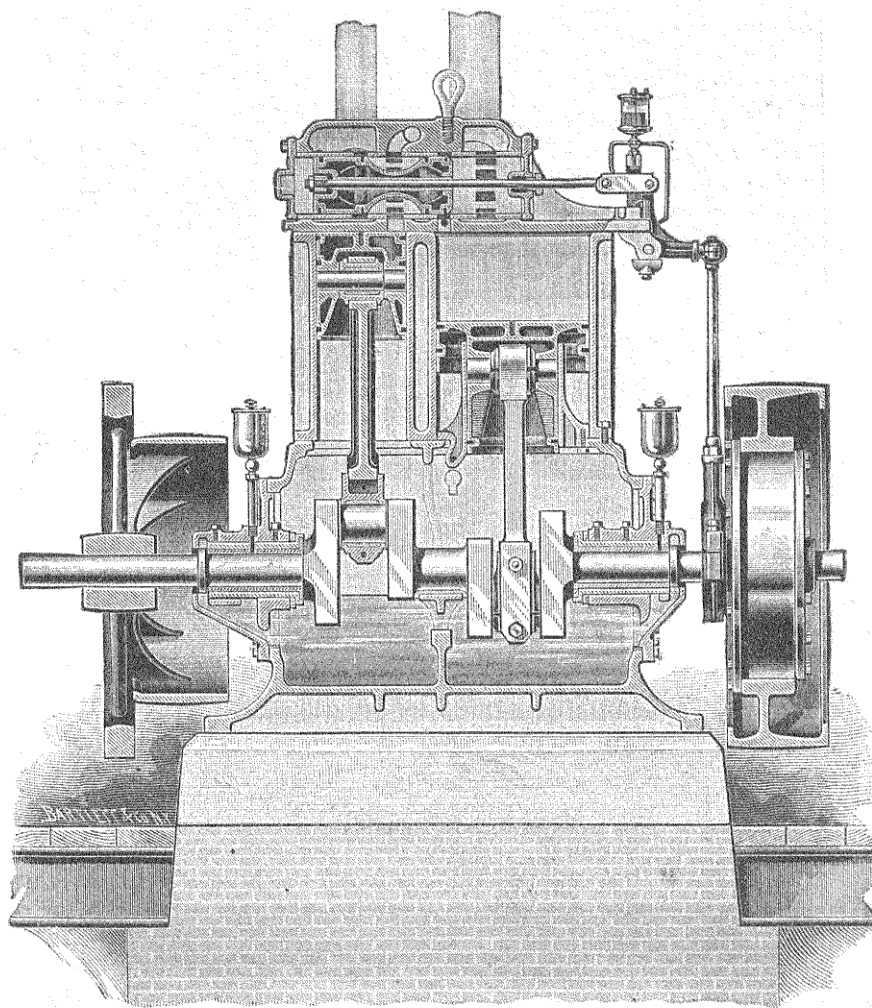


Fig. 64. — Coupe longitudinale d'une machine Westinghouse.

par où s'échappe la vapeur qui vient frapper les ailettes. La force vive, seule, de la vapeur sortant de l'ajutage est donc utilisée pour la mise en mouvement des ailettes.

La figure 68 représente un groupe électrogène constitué par une turbine Parsons et par une dynamo bipolaire. Comme on peut s'en

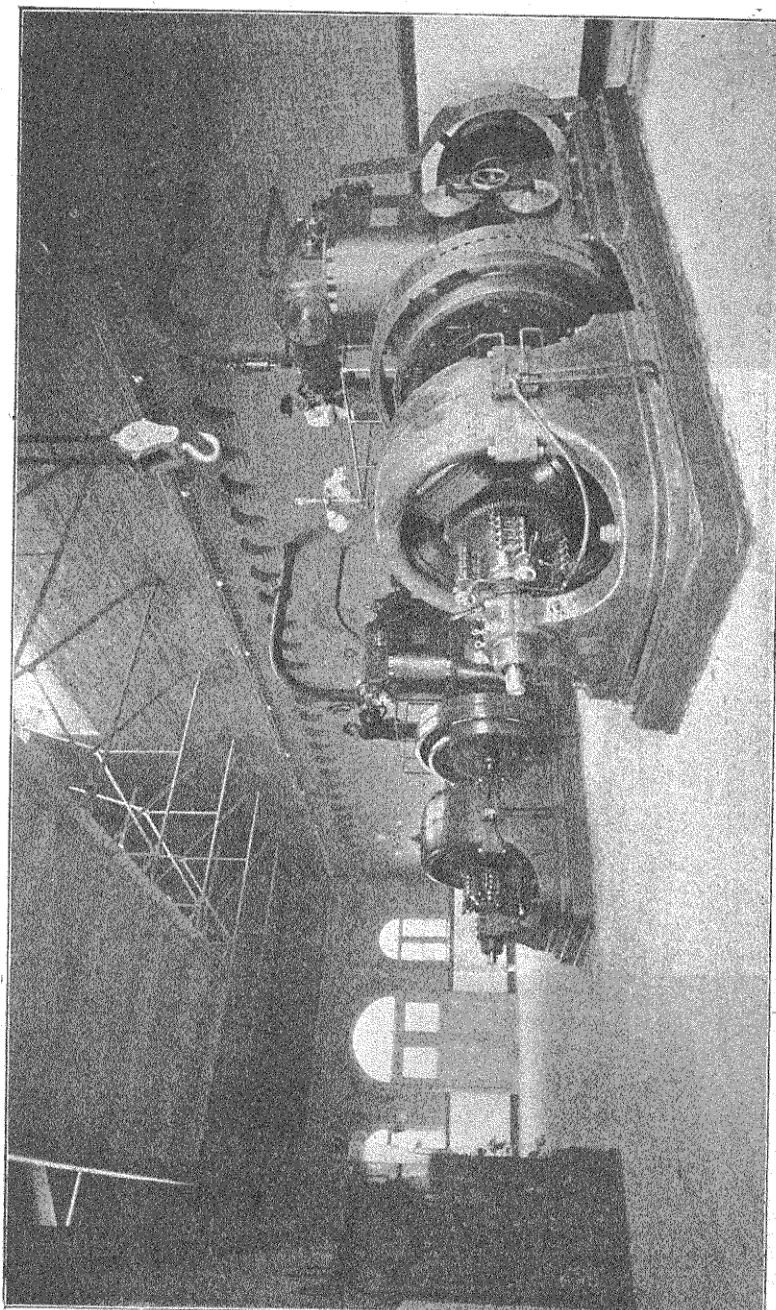


Fig. 265. — Emploi des groupes électrodynamiques Westinghouse dans une station centrale.

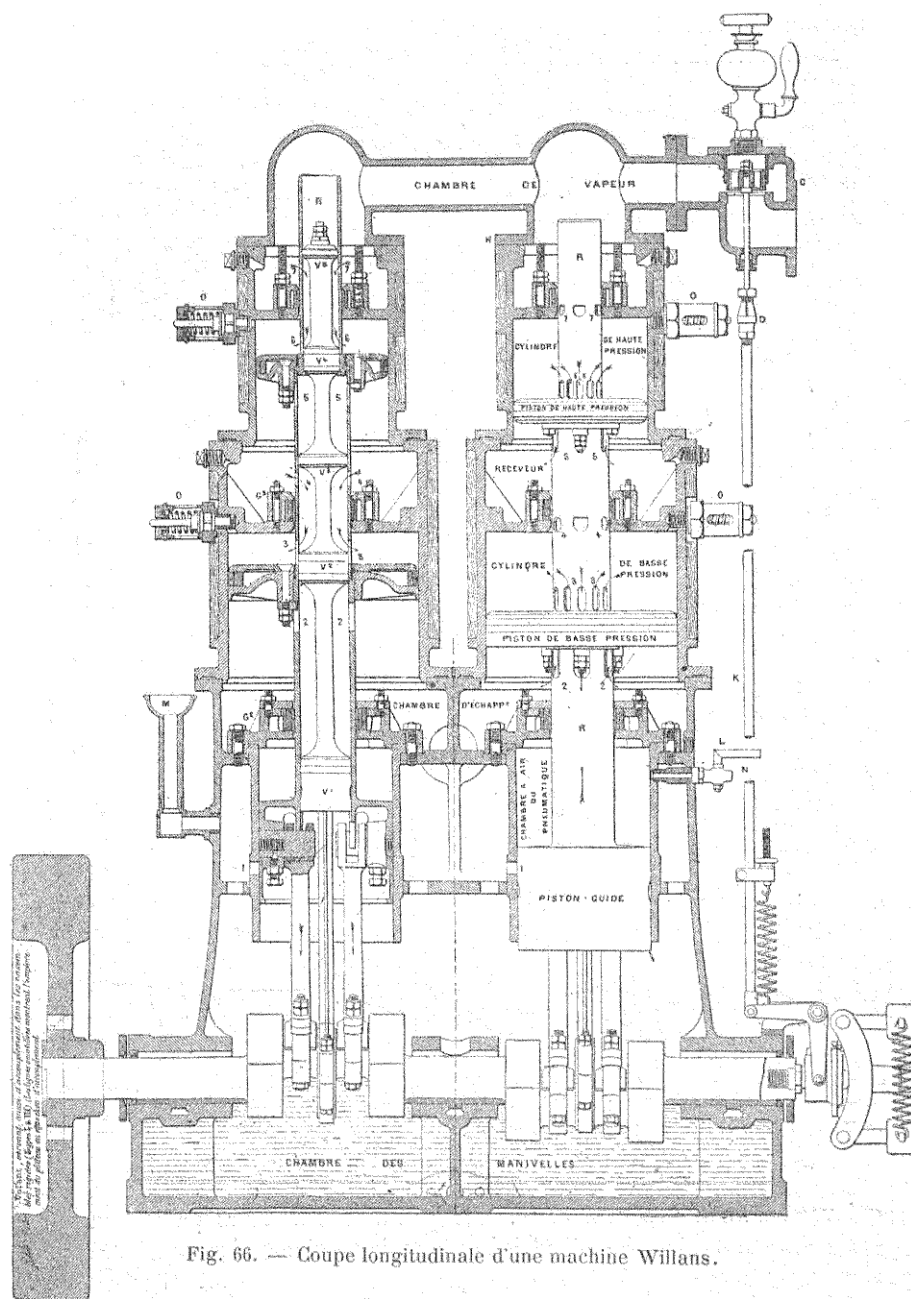


Fig. 66. — Coupe longitudinale d'une machine Willans.

H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

rendre compte facilement, l'encombrement de l'ensemble des deux machines est aussi faible que possible.

Par contre, la consommation de vapeur est sensiblement plus élevée

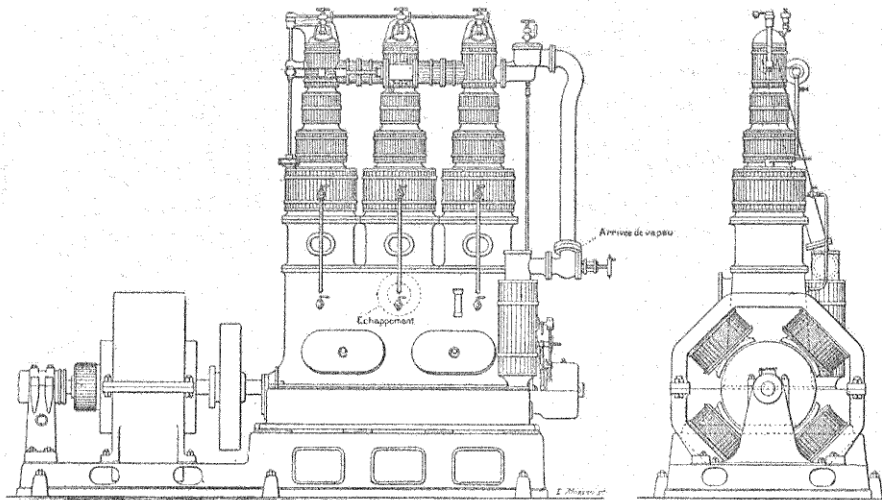


Fig. 67. — Groupe électrogène Willans.

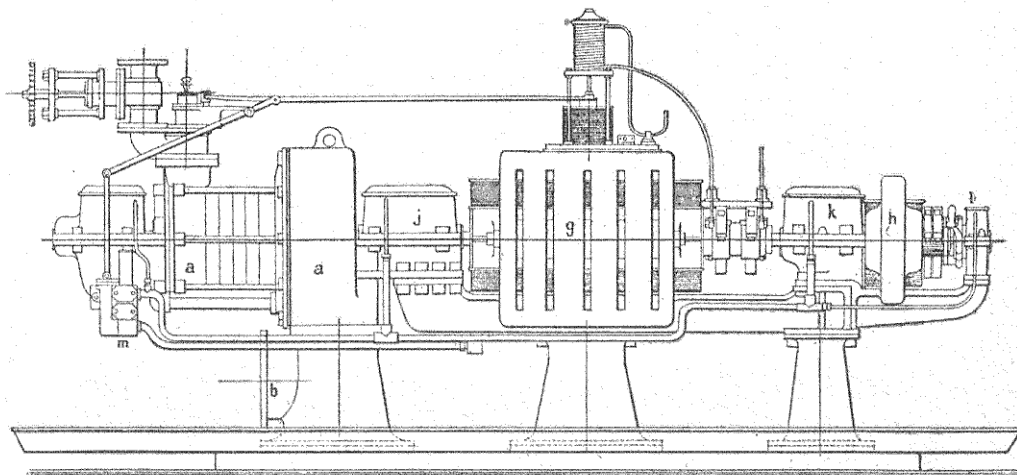
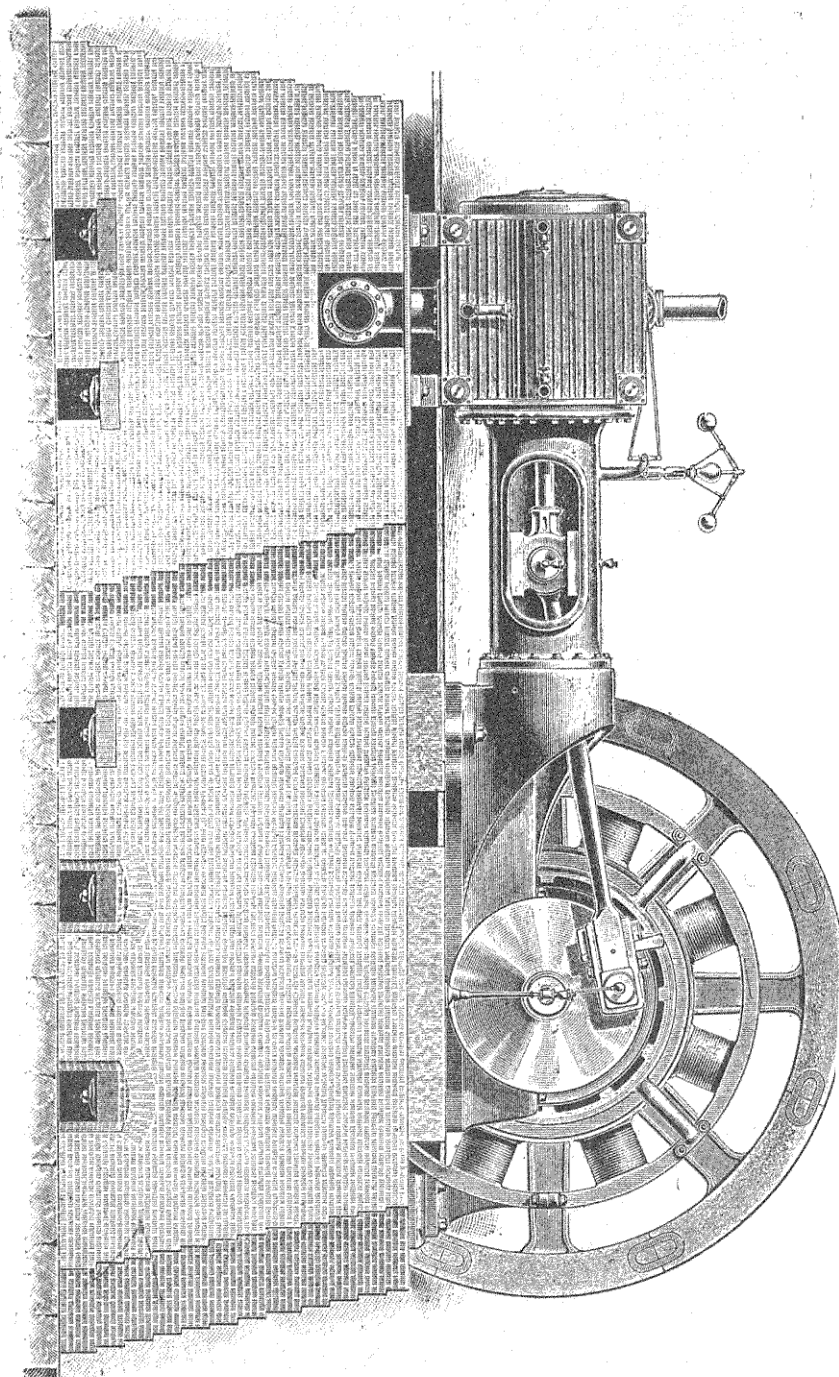


Fig. 68. — Groupe électrogène Parsons.

qu'avec les machines ordinaires. L'emploi de ces moteurs paraît peu indiqué pour la traction électrique, à moins qu'on ne les considère comme des machines de secours ou que la place fasse défaut. C'est ce

Fig. 69. — Massif de fondation d'une machine à vapeur.



dernier cas qui s'est présenté à la station centrale de Blackpool où l'on a installé toute une série de groupes électrogènes Parsons.

Nous pourrions répéter pour la turbine de Laval ce que nous venons de dire pour la turbine Parsons. Il y a lieu cependant de remarquer que la consommation des turbines de Laval de grande puissance est très acceptable si la machine est en bon état. Il n'en est pas de même des unités de faible puissance (5 à 30 chevaux) qui dépensent jusqu'à 25 et même 30 kilogrammes de vapeur lorsque l'échappement se fait à l'air libre et 18 kilogrammes lorsque la turbine est munie d'un condenseur. Ces chiffres s'appliquent, il est vrai, à une pression d'admission de 4 kilogrammes ; lorsque cette pression atteint 15 kilogrammes, les consommations précédentes se réduisent à 18 et 13 kilogrammes.

Une turbine de 300 chevaux donne des résultats infiniment plus satisfaisants. Avec une pression d'admission de 10 kilogrammes la consommation est de 13^{kg},7 sans condenseur et de 7^{kg},5 avec condenseur.

Quoi qu'il en soit, les turbines à vapeur n'ont été employées qu'exceptionnellement dans les stations centrales. Les résultats qui peuvent être satisfaisants au début du fonctionnement de la machine deviennent parfois détestables lorsque l'usure commence à se produire. La grande vitesse de ces turbines paraît également devoir être un obstacle à la commande directe des dynamos. Ces vitesses qui varient de 1 300 à 3 000 tours, selon qu'il s'agit de turbines à grande ou à faible puissance, rendent considérables les forces centrifuges auxquelles sont soumis les organes de l'induit.

Massifs de fondation. — Les machines à vapeur doivent être établies sur un solide massif de fondation en maçonnerie ou en béton. La figure 69 permet de se rendre compte des dimensions habituelles que l'on donne généralement à ces massifs. La liaison du bâti de la machine avec le massif s'obtient au moyen de boulons de fondation rendus accessibles au moyen de petites galeries transversales.

§ 2. — CONDENSATION

Dans les stations centrales on fait presque toujours usage de la condensation par mélange. Le condenseur et la pompe à air de chaque machine se placent généralement dans le sous-sol, au-dessous de cette dernière.

Lorsque l'on fait usage de machines horizontales à faible vitesse on peut disposer la pompe à air à la suite du cylindre de la machine. Le piston plongeur de cette pompe est alors mis en mouvement par la tige de piston de la machine motrice. On recommande, dans ce cas,

de réunir la contre-tige du piston à vapeur et la tige du piston de la pompe par un manchon laissant à l'une des tiges un certain jeu latéral.

Dans le cas où la pompe à air se trouve placée dans le sous-sol, le mouvement lui est communiqué par un balancier placé verticalement, et dont l'extrémité supérieure est reliée à la crosse du piston au moyen de deux petites bielles.

Les pompes à air verticales se commandent facilement au moyen de contre-manivelles. On les accouple, parfois, par deux et, dans ce cas, elles sont mises en mouvement par un balancier en forme de T renversé.

Les dimensions de la pompe à air doivent être calculées de manière à ce que le volume engendré à chaque coup de piston soit huit fois celui de l'eau injectée au condenseur, pendant le même temps. On est conduit, d'après cette règle, à donner à la pompe à air $1/10$ du volume du cylindre à vapeur si elle est à double effet et $1/5$ s'il s'agit d'une pompe à simple effet.

Une pompe spéciale est nécessaire pour l'injection de l'eau dans le condenseur. On peut, toutefois, se passer de cette pompe lorsque la hauteur d'ascension est inférieure à 4 mètres¹. Il faut alors avoir soin de produire le vide dans le condenseur avant la mise en marche, soit en y envoyant un jet de vapeur qui chasse l'air, soit en faisant tourner la machine à bras.

La condensation par surface, qui est d'un usage général dans la marine, n'est employée dans les usines que lorsque les eaux sont trop incrustantes pour qu'on puisse les envoyer dans les chaudières. Il devient alors nécessaire d'utiliser l'eau de condensation pour l'alimentation des générateurs en évitant de la mélanger avec l'eau qui a déterminé cette condensation.

Le débit de la pompe à air doit, dans ce cas, atteindre 0,10 à 0,12 du volume du cylindre. Une pompe spéciale, appelée pompe de circulation, prend l'eau au dehors et la fait passer à travers le condenseur.

On alimente ainsi les chaudières avec de l'eau distillée et il suffit de fournir la petite quantité d'eau nécessaire pour compenser les pertes dans les différents joints.

Le condenseur à surface doit avoir une surface tubulaire égale à $7/10$ de la surface de chauffe totale des chaudières. On est conduit à fournir au condenseur un volume trente-cinq à quarante fois plus grand que celui de l'eau condensée.

Toutefois l'emploi de l'eau de condensation pour l'alimentation des générateurs n'est pas exempt d'inconvénients. Les acides gras prove-

¹ Barré et Vigreux. *Notes et formules de l'Ingénieur*. Bernard, édit.

nant de la décomposition des matières lubrifiantes introduites dans les cylindres peuvent déterminer des corrosions dans les chaudières. Pour éviter ce grave inconvénient on recommande de n'employer que des graisses provenant de la distillation des pétroles, qui ne peuvent se saponifier.

Quel que soit le mode de condensation employé il est indispensable d'avoir, en toutes saisons, une grande quantité d'eau à sa disposition. Il y a donc lieu de creuser un puits si l'usine n'est pas à proximité d'un cours d'eau.

Dans le cas où il n'est pas possible de se procurer économiquement l'eau nécessaire à l'alimentation des condenseurs, il est tout indiqué

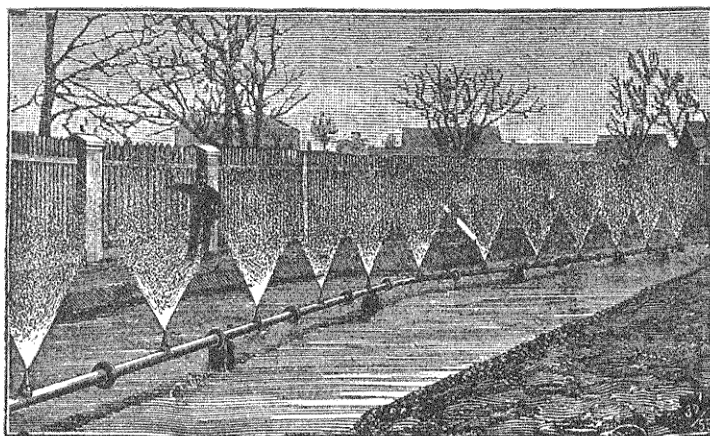


Fig. 70. — Appareil refroidisseur Kœrting.

de faire refroidir l'eau qui a déjà servi pour l'employer de nouveau dans le même but.

Le moyen le plus simple permettant d'obtenir ce résultat consiste dans l'emploi d'étangs refroidisseurs. Ces étangs exigent beaucoup de place mais ne nécessitent qu'une dépense d'énergie insignifiante.

On peut également faire descendre l'eau chaude le long d'une série de gradins. Ces appareils exigent moins de place mais absorbent un travail de 0,75 à 1 p. 100 de celui de la machine.

Les appareils à gradins et à fascines exigent encore moins de place que les précédents, mais le travail absorbé atteint 1 à 1,5 p. 100 de celui de la machine.

Les appareils Kœrting à pulvérisation sont assez fréquemment employés (fig. 70). Des ajutages envoient verticalement l'eau finement pulvérisée qui se refroidit au contact de l'air et retombe dans un

bassin disposé au-dessous des tuyaux. On établit tout autour du bassin de hautes cloisons en planches qui empêchent les gouttes d'eau d'être entraînées par le vent. Ces appareils sont peu encombrants et sont très efficaces, mais la pulvérisation exige un travail atteignant 1,5 à 3 p. 100 de la puissance des machines.

On construit également des appareils à gradins avec ventilation qui peuvent être placés dans la salle des machines ; ces appareils ont l'inconvénient d'absorber 3 à 4 p. 100 de la puissance des machines.

En résumé, la condensation est particulièrement avantageuse pour les machines à basse et à moyenne pression. A 7 kilogrammes, en particulier, l'économie de charbon que l'on réalise est d'environ 30 p. 100. L'économie diminue lorsque la pression d'admission est plus forte ; elle atteint encore cependant 10 à 15 p. 100 pour une pression de 12 à 14 kilogrammes.

La condensation exige, par contre, une dépense supplémentaire d'eau atteignant 25 à 30 litres par kilogramme de vapeur à condenser.

CHAPITRE V

STATIONS CENTRALES AU GAZ PAUVRE

L'emploi du gaz pauvre pour l'alimentation des stations centrales fournissant l'énergie aux voies ferrées à traction électrique a inspiré d'abord aux Ingénieurs une confiance très modérée. Toutefois, à la suite des essais très satisfaisants qui ont été faits sur certaines lignes de tramways — parmi lesquelles nous citerons celles de Zürich et de Lausanne — l'opinion des spécialistes s'est singulièrement modifiée.

Il est aujourd'hui hors de doute que l'emploi du gaz pauvre est plus économique que celui de la vapeur. L'entretien et la surveillance des moteurs et des générateurs à vapeur constituent une très lourde charge. Il n'en est pas de même des moteurs à gaz et des gazogènes qui n'exigent qu'une surveillance très relative tout en n'exigeant qu'un entretien peu important.

Si l'on ajoute à cela que les dangers d'explosion, existant toujours plus ou moins dans les générateurs à vapeur, sont supprimés, on ne s'étonnera plus que les moteurs à gaz pauvre commencent à être employés sur les grandes installations de traction.

L'une des causes qui ont retardé, pendant un certain temps, l'emploi du gaz dans les usines importantes provenait de la faible puissance des unités motrices que l'industrie était capable de livrer.

Cette cause de ralentissement de l'emploi des moteurs à gaz a disparu aujourd'hui. On a pu voir, en effet, à l'Exposition universelle de 1900, un moteur à gaz, système Delamarre-Deboutteville, construit par la Société Cockerill et pouvant fournir une puissance de 700 chevaux tout en ne comportant qu'un seul cylindre.

Par contre, les moteurs à gaz manquent un peu d'élasticité puisque leur puissance normale se rapproche sensiblement de leur puissance maximum. Cet inconvénient peut être, il est vrai, fortement diminué par l'installation d'une batterie-tampon dans la station centrale. Ces batteries sont d'ailleurs d'un emploi fréquent sur un grand nombre de stations à vapeur.

§ 1. — DÉFINITION DU GAZ À L'EAU ET DU GAZ PAUVRE

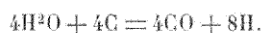
Il y a lieu de faire une distinction entre le *gaz à l'eau* et le *gaz pauvre* proprement dit.

Le *gaz à l'eau* est obtenu en faisant passer sur du charbon incandescent *alternativement* de la vapeur d'eau et de l'air.

Il se produit alors l'une des réactions indiquées ci-dessous suivant qu'il y a excès de vapeur d'eau ou de carbone.



ou



C'est le mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone que l'on désigne sous le nom de *gaz à l'eau*.

D'après les réactions que nous venons d'indiquer on obtiendrait un gaz ayant un pouvoir calorifique dépassant 3 000 calories par mètre cube et contenant environ :

Hydrogène.	60 p. 100
Oxyde de carbone	30 p. 100
Acide carbonique	10 p. 100

On réalise les réactions précédentes de la manière suivante :

Sous la grille d'un foyer brûlant du coke ou de l'anthracite, on fait arriver successivement et à des intervalles de 5 à 10 minutes, de l'air, puis de la vapeur d'eau. Le courant d'air a pour but de ramener au rouge vif le charbon dont la température a été abaissée par la vapeur d'eau.

Les gaz produits par le passage de la vapeur d'eau sont ensuite recueillis et lavés, après quoi on les envoie dans un gazomètre.

Ces gaz contiennent toujours une certaine quantité d'azote et d'acide carbonique provenant de l'air resté dans l'appareil. Il en résulte que le pouvoir calorifique réel du gaz à l'eau ne dépasse pas 2 500 calories par mètre cube.

Le *gaz pauvre* est, au contraire, obtenu en faisant passer sur du charbon incandescent un mélange d'air et de vapeur d'eau. Il en résulte qu'on peut obtenir un fonctionnement continu qui rend la conduite des gazogènes plus facile et permet de simplifier les appareils.

Le gaz pauvre contient, par contre, une grande quantité de gaz inertes. La composition de ce gaz est sensiblement la suivante :

Hydrogène.	20 p. 100
Oxyde de carbone	30 p. 100
Gaz inertes	50 p. 100

La proportion des gaz inertes atteint parfois 55 et même 60 p. 100. Il ne faut donc pas compter sur une proportion de plus de 45 p. 100 de gaz combustibles (hydrogène et oxyde de carbone).

Le pouvoir calorifique du gaz pauvre est donc inférieur à celui du gaz à l'eau et ne dépasse guère 1 400 à 1 500 calories par mètre cube.

Néanmoins, la grande simplicité d'installation que permet l'emploi du gaz pauvre fait qu'il est de beaucoup le plus employé pour les installations de force motrice.

§ 2. — GAZOGÈNES

I. Gazogènes pour gaz à l'eau. — Les deux gazogènes pour gaz à l'eau les plus pratiques à l'heure actuelle sont ceux du système *Delwick-Fleischer* et du système *Strache*.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, les gazogènes pour gaz à l'eau sont discontinus. On a remédié à cet inconvénient dans les systèmes *Delwick-Fleischer* et *Strache* en disposant plusieurs gazogènes en batterie (2 au moins) de façon qu'il y en ait constamment un qui produise du gaz pendant que la réserve de chaleur se reconstitue dans l'autre.

On a cherché également à réduire, autant que possible, dans les gazogènes la durée de la combustion et à augmenter proportionnellement celle de la décomposition de la vapeur. Les gazogènes *Delwick-Fleischer* et *Strache* ont des périodes de chauffage et de gazéification durant respectivement 10 et 50 minutes.

Dans les gazogènes pour gaz à l'eau il importe d'éviter que les gaz produits par la combustion ne soient pas complètement brûlés, puisqu'ils sont évacués et non recueillis, contrairement à ce qui se passe lorsqu'il s'agit du gaz pauvre.

M. *Fleischer* a obtenu ce résultat dans son gazogène, en employant une couche de combustible peu épaisse et en obligeant les gaz de distillation, s'il y en a à ce moment, à traverser le combustible rouge. Enfin, les grilles dont il fait usage sont très larges et l'air y est amené très rapidement.

Le gaz obtenu avec ce gazogène contient de l'oxyde de carbone (41 p. 100), de l'acide carbonique (4,5 p. 100), de l'hydrogène (51 p. 100) et une petite quantité (environ 3,5 p. 100) de gaz divers. Le pouvoir calorifique de ce gaz atteint le chiffre considérable de 4 000 calories ; il est donc supérieur à deux fois le pouvoir calorifique du gaz pauvre.

Le Dr *Strache* obtient des résultats analogues avec des moyens différents. Son gazogène se compose d'une cuve cylindrique garnie de briques réfractaires dans laquelle on charge le combustible, sur une

grande hauteur, au moyen d'une trémie placée à la partie supérieure.

Lorsque l'air primaire est chassé par une soufflerie dans ce gazogène, les gaz obtenus sont entraînés dans une seconde cuve cylindrique de dimensions semblables qui fait fonction de régénérateur. Les gaz rencontrent alors de l'air secondaire provenant de la soufflerie et brûlent les produits combustibles qu'ils peuvent contenir (oxyde de carbone et gaz de distillation); ils traversent ensuite des tuyaux où ils abandonnent la plus grande partie de leur chaleur et s'en vont finalement à la cheminée. L'échauffement dure une à deux minutes quand l'appareil est en marche normale.

La vapeur est alors introduite par le bas du régénérateur qui fait fonction de surchauffeur; elle suit, en sens inverse, le chemin parcouru précédemment par l'air et les gaz brûlés dont elle chasse les derniers résidus.

On reconnaît le moment où le gaz combustible apparaît au moyen d'un appareil d'inflammation placé sur le gazogène. On le dirige alors, au moyen de valves, vers le gazomètre par l'intermédiaire de divers appareils d'épuration, scrubbers, épurateurs à chaux, pour éliminer l'acide carbonique, etc.

On fait passer ainsi la vapeur pendant huit à douze minutes, puis l'on recommence de nouveau l'opération de la première période¹.

Les gazogènes pour gaz à l'eau que nous venons de décrire sont encore trop récents pour avoir reçu de véritables applications industrielles. Nous avons cru, cependant, qu'il n'était pas possible de les passer sous silence, étant donnés les remarquables résultats économiques qu'ils permettent d'obtenir.

II. Gazogènes pour gaz pauvre. — Les gazogènes à gaz pauvre sont, ainsi que nous l'avons déjà dit, à marche continue. L'insufflation d'un mélange d'air et de vapeur d'eau est fait pendant toute la durée du fonctionnement des appareils et les gaz obtenus sont constamment recueillis.

Les principaux gazogènes à gaz pauvre sont les appareils Dowson, Buire-Lencachez, Pierson, Taylor, Letombe, Fichet et Heurtey, etc.

Nous allons décrire sommairement quelques-uns de ces gazogènes.

GAZOGÈNE DOWSON. — Le gazogène Dowson est l'un des premiers qui aient été employés. Il est d'une grande simplicité et permet d'obtenir un fonctionnement continu.

¹ Pour plus de détails, voir l'intéressante étude publiée sur ce sujet, par M. Jules Deschamps dans le *Génie civil*, t. XXXVIII, n° 43.

L'ensemble de l'installation de production du gaz comporte :

1° Une petite chaudière à vapeur capable de fournir 145 grammes de vapeur d'eau par mètre cube de gaz.

2° Un gazogène proprement dit dans lequel la vapeur est envoyée par l'intermédiaire d'un aspirateur genre Kœrting. Le mélange d'air et de vapeur d'eau est refoulé sous la grille du foyer du gazogène que l'on charge de combustible par une trémie placée à sa partie supérieure.

3° Un gazomètre dont la cuve renferme un laveur que doit traverser le gaz.

Le gaz ainsi produit d'une manière continue ne contient guère que 45 p. 100 de gaz combustibles (hydrogène et oxyde de carbone) et de 55 à 60 p. 100 d'azote et d'acide carbonique. Il en résulte que le pouvoir calorifique du gaz pauvre produit par le gazogène Dowson ne dépasse pas 1 600 calories par mètre cube.

GAZOGÈNE PIERSON. — Le gazogène Pierson, dans son ensemble, peut être classé parmi les appareils les plus compliqués de sa catégorie. Les constructeurs de ce gazogène ont cherché à purifier le plus possible les gaz obtenus et se sont inspirés, pour cela, de la fabrication du gaz d'éclairage.

Le gazogène Pierson comporte les parties suivantes (fig. 71, 74 et 75) :

1° Une chaudière à vapeur à haute pression, munie d'un aspirateur d'air permettant de régler les proportions du mélange d'air et de vapeur.

2° Le générateur à gaz est composé d'une cuve métallique close, munie, à l'intérieur, d'un revêtement réfractaire et d'une grille. En plus de la porte de décrassage de la grille, on a disposé sur le gazogène des portes autoclaves de décrassage partiel.

Le chargement du coke ou de l'anthracite se fait par une trémie placée à la partie supérieure de l'appareil.

3° Les gaz, à leur sortie du générateur à gaz, baignent un surchauffeur du mélange d'air et de vapeur. On peut, de la sorte, envoyer sous la grille un mélange à température plus élevée.

4° Après avoir réchauffé l'appareil précédent, les gaz se rendent dans un condenseur à barillet qui assure leur refroidissement ainsi que la condensation des goudrons et des autres sous-produits condensables.

5° Les gaz traversent ensuite une colonne remplie de coke sur laquelle coule un filet d'eau ayant pour but d'assurer le lavage méthodique du gaz. Cette colonne de coke retient également l'ammoniaque et les gaz nuisibles dissous dans l'eau tout en arrêtant les poussières.

Cet appareil simplifie donc l'épuration chimique qui va suivre.

6° Les gaz se rendent ensuite dans des épurateurs à grandes sur-

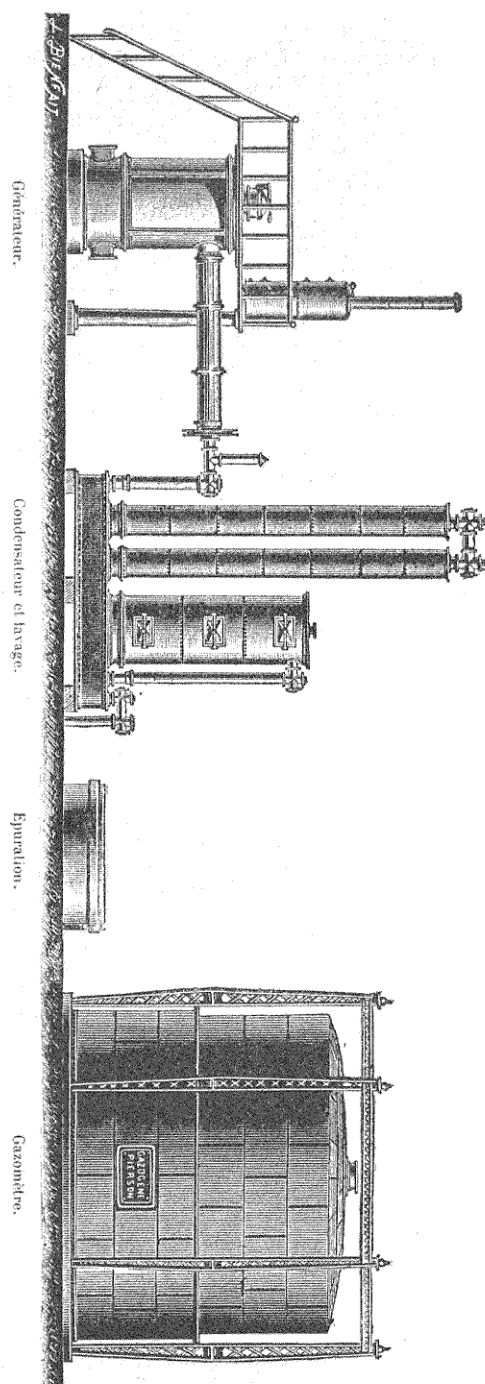


Fig. 71. — Vue d'ensemble d'une installation pour la production du gaz pauvre (gazogène Pierson).

faces permettant d'éliminer l'acide sulfhydrique et l'acide carbonique. Cette épuration permet de n'envoyer aux moteurs que des gaz incapables de les attaquer.

7° Les gaz s'accumulent dans un gazomètre de grand volume qui assure leur emmagasinement pour une longue période de marche.

8° Les appareils précédents sont reliés entre eux par une tuyauterie en fonte de grande section qui permet de diminuer la vitesse de passage des gaz tout en évitant les pertes de charge.

Comme on peut facilement s'en rendre compte, le gazogène Pierson entraîne une grande complication. Néanmoins cette complication ne doit pas effrayer outre mesure si les résultats désirés sont obtenus.

La conduite de l'appareil est des plus simples. Le générateur à gaz se charge, au moyen de la trémie automatique, sans arrêt dans la marche. La grille doit être nettoyée toutes les douze heures, l'épurateur tous les trois ou quatre jours et l'ensemble de l'appareil tous les trois ou quatre mois. On peut arriver à ne jamais jeter le feu bas si le décrassage de la grille est fait soigneusement.

D'après MM. Pierson, on peut fabriquer 4 mètres cubes de gaz pauvre avec un kilogramme de combustible. Il faut environ 4 à 5 mètres cubes de gaz pauvre pour faire l'équivalent calorifique d'un mètre cube de gaz d'éclairage. L'équivalent d'un mètre cube de gaz d'éclairage revient donc à environ 0 fr. 035 avec du charbon à 30 francs la tonne.

§ 3. — APPLICATIONS DU GAZ PAUVRE AUX STATIONS CENTRALES DE TRAMWAYS ET RÉSULTATS D'EXPLOITATION

L'une des premières applications du gaz pauvre a été faite sur la ligne des tramways de Zürich à Oerlikon. La raison d'être de cet essai, à une époque où le gaz pauvre n'avait pas encore fait ses preuves, s'expliquait par ce fait que le charbon coûte en Suisse un prix très élevé. Il était donc fort intéressant de faire des essais de procédés tendant à réduire sa consommation.

La station centrale d'Oerlikon comporte deux gazogènes Dowson fournissant chacun une quantité de gaz correspondant à une puissance de 150 chevaux.

Le gaz fourni par les gazogènes se rend dans un gazomètre unique qui alimente trois moteurs Crossley; deux de ces moteurs ont une puissance de 60 chevaux et le troisième peut fournir normalement 120 chevaux.

Ces moteurs commandent au moyen de courroies trois dynamos d'une puissance totale de 140 kilowatts.

L'usine est complétée par une batterie d'accumulateurs Tudor de

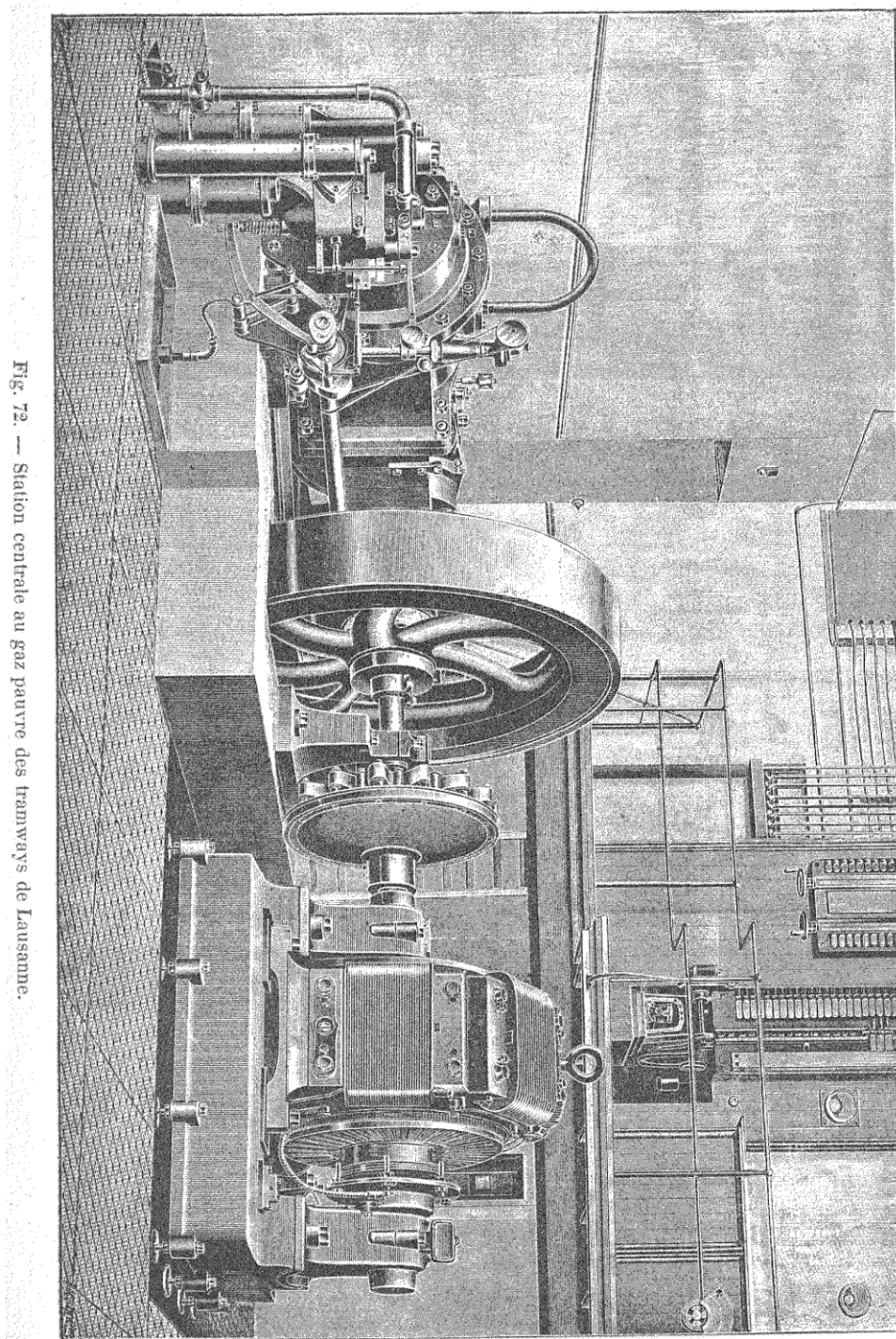


Fig. 72. — Station centrale au gaz pauvre des tramways de Lausanne.

300 éléments. Cette batterie, qui a une capacité de 178 ampères-heure, est montée en dérivation sur les barres du tableau par l'intermédiaire d'un réducteur automatique de charge et de décharge.

A la suite des résultats satisfaisants obtenus à Zürich, la Société des tramways de Lausanne a adopté également le gaz pauvre pour l'usine devant fournir l'énergie à son réseau.

Dans son traité avec les constructeurs, cette Société avait stipulé des pénalités très sévères pour le cas où la consommation maximum dépasserait 625 grammes par cheval-effectif et par heure.

La station centrale de Lausanne comporte trois gazogènes système Fichet et Heurtey, fournissant du gaz à quatre moteurs Crossley de 130 chevaux chacun (fig. 72). Ces moteurs, qui tournent à raison de 160 tours par minute, commandent directement les dynamos par l'intermédiaire d'un manchon d'accouplement élastique. La station centrale est pourvue d'une batterie-tampon de 300 éléments Pollak, ayant 700 ampères-heure de capacité ; les éléments sont groupés en parallèle avec les génératrices et la ligne.

Les gazogènes employés sont caractérisés par la suppression de la grille, ce qui simplifie beaucoup le décrassage. La grille est remplacée par une épaisse couche de mâchefer au milieu de laquelle se fait l'insufflation de l'air.

Le mâchefer est supporté par une sole tournante système Taylor ; ce mâchefer supporte lui-même le charbon. Il résulte de cette disposition que le combustible ne se trouve en contact avec aucune pièce métallique.

Au fur et à mesure de la combustion, la couche de mâchefer s'épaissit et le niveau du feu s'élève. On le ramène à sa hauteur normale en faisant tourner la sole, une fois par jour, en agissant sur une manivelle placée à l'extérieur. Les mâchefers s'éboulent alors dans le fond du gazogène, d'où on les retire une ou deux fois par semaine.

Le charbon employé est en petits grains de 12/25 ; on ne constate dans les cendres la présence d'aucun déchet de combustible.

La combustion se fait, ainsi qu'il a déjà été dit précédemment, en insufflant au sein de la masse de mâchefer un mélange d'air et de vapeur. Avant de pénétrer sous le foyer, ce mélange est surchauffé dans un réchauffeur tubulaire que baigne le gaz en sortant du gazogène à une température d'environ 600°.

Cette récupération, qui est très avantageuse, puisque, de toutes façons, le gaz doit être refroidi avant d'arriver au gazomètre, est employée, comme nous l'avons déjà vu, dans la plupart des gazogènes perfectionnés. Elle permet de décomposer une plus grande quantité de vapeur d'eau sans craindre d'abaisser la température du foyer d'une

manière exagérée. Il en résulte que les gaz obtenus renferment une forte proportion de gaz à l'eau. Cette particularité a été mise à profit par les constructeurs de gazogènes à surchauffeur pour qualifier le produit ainsi obtenu de « gaz mixte », c'est-à-dire de gaz intermédiaire entre le gaz à l'eau et le gaz pauvre.

Après avoir traversé les appareils de refroidissement, de condensation, de lavage et d'épuration, le gaz se rend dans un gazomètre de 160 mètres cubes, placé en dehors du bâtiment.

La charge des gazogènes se fait sur un plancher en ciment armé établi au niveau des trémies. Ce plancher communique directement avec le dépôt de charbon et supporte, de plus, deux petites chaudières Field qui fournissent la vapeur nécessaire à la marche des gazogènes, ainsi que l'eau distillée dont on a besoin pour la batterie d'accumulateurs¹.

La station centrale de Lausanne a produit, pendant l'année 1898, une puissance totale de 837 385 kilowatts-heure.

Les dépenses occasionnées par la production de cette puissance sont les suivantes :

	DÉPENSE TOTALE	DÉPENSE PAR KILOWATT- HEURE
	Francs	Francs
Personnel de l'usine	15 226 45	0 0182
Matières consommées { Combustibles	27 510 40	0 0329
Graissage et nettoyage	2 406 45	0 0029
Eau pour l'usine	2 066 60	0 0025
Eau acidulée pour les accu- mulateurs	1 083 85	0 0013
Divers	254 40	0 0003
Dépenses d'entretien { Gazogènes et accessoires	1 125 75	0 0013
Moteurs à gaz et dynamos	922 85	0 0011
Accumulateurs	5 473 90	0 0065
Totaux	56 080 65	0 0670

Le kilowatt-heure ne revient donc pas à 7 centimes. Les dépenses mentionnées dans le tableau précédent comprennent tous les combustibles consommés dans l'usine : anthracite pour les gazogènes et agglomérés pour les chaudières, ainsi que les allumages et la consommation de nuit et de jour des gazogènes au repos. Il faut aussi tenir compte de ce que le gaz produit sert au chauffage d'une étuve à induits et des fers à souder.

¹ Voir pour plus de détails sur la station centrale de Lausanne, le *Génie civil*, t. XXXIII, n° 10.

La vapeur des chaudières Field est également employée, en partie, à fabriquer de l'eau distillée pour les accumulateurs. Enfin, il ne faut pas perdre de vue que — à moins de réparations — l'usine de Lausanne a constamment trois gazogènes en chauffe, dont deux seulement sont en service.

L'anhracite, acheté 11 fr. 50 à la mine, revient à 33 fr. 95 la tonne rendue en soute à l'usine de Lausanne (21 fr. 45 de transport et 1 franc de manutention). En 1899, l'anhracite a été payé jusqu'à 17 fr. 50 la tonne sur le carreau de la mine, ce qui correspond au prix de 40 francs pour la tonne rendue à Lausanne.

A la station centrale de Clausthal (Allemagne), qui fonctionne au gaz pauvre, les gazogènes sont du système Kœrting. Voici les dépenses d'exploitation qui ont été relevées :

Consommation d'anhracite par cheval-heure en charge normale pratique de la machine.	0 ^k ,58
Consommation d'anhracite par cheval-heure en comptant les pertes pendant l'arrêt de la machine	0 ^k ,76
Consommation d'anhracite par kilowatt-heure, en charge normale.	0 ^k ,89
Consommation d'anhracite par kilowatt-heure, toutes pertes comprises	1 ^k ,23
Consommation d'eau de refroidissement par cheval-heure.	1 ^{lit} ,6

La station centrale des tramways de Cassel, près Dunkerque, est également alimentée par le gaz pauvre. Le gazogène, du système Pierson, comprend deux générateurs de vapeur timbrés à 6 kilos, deux générateurs de gaz alimentés par des injecteurs à vapeur permettant de régler, indépendamment l'un de l'autre, les débits de la vapeur et de l'air et enfin des appareils de lavage et d'épuration, ainsi que le gazomètre (fig. 73, 74 et 75).

Ce gazogène alimente trois moteurs Crossley de 26 chevaux effectifs. Par suite de la pénurie d'eau, le refroidissement des cylindres est assuré par un appareil de circulation d'eau à thermo-siphon. Il en résulte qu'il n'y a d'eau à fournir que pour compenser les pertes de la circulation et pour alimenter la chaudière du gazogène ; cette condition a permis d'installer la station centrale en un lieu où l'emploi d'une machine à vapeur eût été complètement impossible.

Le profil de la ligne à desservir est très accidenté ; les rampes atteignent jusqu'à 62 millimètres par mètre. L'emploi d'une batterie d'accumulateurs s'imposait donc d'une manière absolue, en raison de la charge très inégale de la ligne.

Malgré ces conditions défavorables, la consommation de charbon a

été garantie inférieure à 800 grammes de charbon sec par cheval-heure effectif, sans autre déduction que celle de l'humidité, étant donné que la teneur en cendres ne devait pas dépasser 10 p. 100. La consomma-

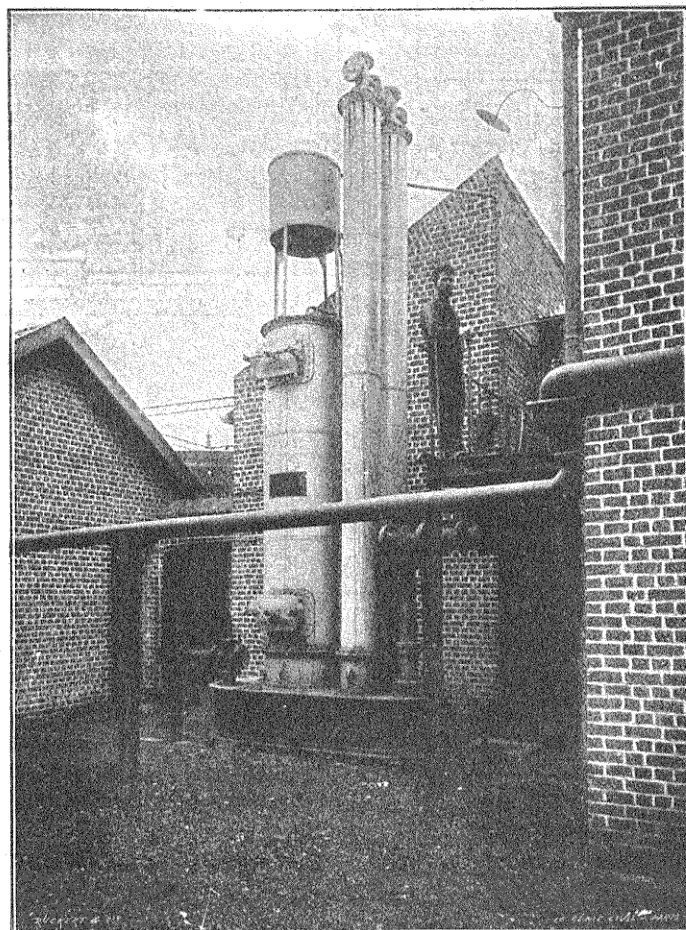


Fig. 73. — Installation d'un gazogène Pierson (tramways de Cassel).

tion des chaudières devait être comprise dans cette dépense et il avait été convenu qu'on ne tiendrait pas compte du travail d'alimentation ni de celui de la pompe de relèvement des eaux.

A la suite de la mise en service de l'installation, M. Aimé Witz, professeur à la faculté libre des sciences de Lille, a été chargé de faire une expertise dans le but de déterminer si les conditions du traité avaient été réalisées.

somation qui lui permirent d'affirmer que la consommation du cheval-heure effectif était de 659 grammes, sans déduction des cendres et des escarbilles, ces dernières étant, d'ailleurs, réutilisables en partie.

La consommation de charbon par kilowatt-heure fut trouvée égale à 1 073 grammes.

La consommation d'eau vaporisée sous une pression de 4 kg. 5 a été de 37 kg. 6 par heure, ce qui est très peu de chose.

M. Aimé Witz termina ses essais par une curieuse expérience relative à l'entretien du feu dans un gazogène en arrêt. Il put remettre en marche, après une courte insufflation d'air, un gazogène qui avait été mis hors service pendant quatorze heures.

M. Witz en conclut tout naturellement que les appareils se prêtent bien à l'exploitation des stations centrales de tramways dans lesquelles les périodes d'arrêt sont longues.

Au cours des expériences qui furent faites, il avait fallu charger 21 kilogrammes de charbon pour entretenir le feu pendant dix-huit heures. M. Witz constate, toutefois, que la consommation réelle a pu être un peu supérieure, attendu qu'il n'avait pas tenu compte de la variation d'état du charbon renfermé dans la cuve du gazogène au moment de l'arrêt. Cette variation échappe, en effet, à l'appréciation.

Parmi les autres stations centrales de tramways alimentées au moyen du gaz pauvre nous pouvons citer celles qui ont été établies à Orléans, Poitiers, Tunis, etc.

La station centrale d'Orléans comporte trois unités de 165 chevaux, ce qui représente une puissance totale d'environ 500 chevaux.

La station centrale de Poitiers a actuellement une puissance totale de 250 chevaux. L'usine de Tunis, qui vient d'être achevée, a une puissance totale de 500 chevaux.

Ces dernières usines sont pourvues de gazogènes Dowson ou Pierson. Les moteurs à gaz sont du type Crossley.

§ 4. — AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES INSTALLATIONS AU GAZ PAUVRE

Le gaz pauvre permet, avant tout, de réaliser une économie de combustible. La consommation est, en effet, de 500 à 700 grammes de charbon brut par cheval-heure effectif.

On peut, de plus, transporter le gaz depuis le gazomètre jusqu'aux moteurs sans déperdition. Avec les moteurs à vapeur, au contraire, les condensations sont d'autant plus importantes que la tuyauterie est plus longue.

Le combustible produit du gaz utilisable très peu de temps après l'allumage du gazogène, contrairement à ce qui se produit avec les chaudières à vapeur qui exigent un chauffage prolongé avant de donner la pression nécessaire.

Le gazomètre permet d'accumuler une grande quantité d'énergie qui est utilisable à tout instant et qui rend possible, sans opération préalable, la mise en marche immédiate de l'ensemble des machines. On peut également, en cas d'augmentation brusque de la charge de la ligne mettre en service un groupe électrogène supplémentaire sans qu'il se produise de répercussion sur les groupes voisins.

De plus, les arrêts deviennent une source d'économie, contrairement à ce qui a lieu avec une installation à vapeur.

La consommation d'eau d'une installation au gaz pauvre est très faible. Cette particularité permet d'installer une station centrale au gaz pauvre dans des régions où la rareté des eaux ou leur mauvaise qualité rendraient impossible l'établissement d'une usine à vapeur.

Les dangers d'explosion, qui existent toujours avec les générateurs à vapeur les plus perfectionnés, sont supprimés avec l'emploi du gaz pauvre.

La conduite des machines et des gazogènes peut être, en raison de son extrême simplicité, confiée au premier ouvrier venu pourvu qu'il soit sérieux.

La suppression de la fumée est encore un avantage très important en faveur du gaz pauvre, qui sera pris en considération par beaucoup de municipalités.

Les chaudières à vapeur produisent une grande quantité de cendres et d'escarbilles qu'il faut évacuer continuellement et qui occasionnent des frais de transport très onéreux. Ces sous-produits n'existent pas lorsqu'on fait usage du gaz pauvre.

La question d'entretien est également tout à l'avantage du gaz pauvre. Les moteurs à vapeur exigent une surveillance continue ; les fuites, en apparence les moins importantes, qui peuvent se produire dans les organes de la distribution, ou bien entre le cylindre et le piston, modifient d'une façon très sensible le rendement de la machine.

Ces irrégularités de fonctionnement ne peuvent être décelées qu'en prenant fréquemment des diagrammes au moyen de l'indicateur.

Les chaudières exigent, ainsi que nous l'avons déjà vu, une surveillance continue qui, seule, permet d'éviter les catastrophes.

Les gazogènes ne présentent pas de traces sensibles d'usure après une longue période de marche. Les moteurs à gaz sont également d'un entretien des plus aisés. Les réparations se réduisent, en général, au remplacement du cylindre au bout de plusieurs années.

Les machines auxiliaires des usines à vapeur (pompes, pompes d'ali-

mentation, pompes à air, pompes de circulation, condenseurs, etc.), exigent également beaucoup de soins et consomment généralement une fraction très appréciable de la puissance totale de l'usine. Toutes ces machines auxiliaires indépendantes ont généralement des rendements déplorables qui rendent souvent illusoires les résultats économiques des machines principales.

Avec le gaz pauvre, au contraire, les machines auxiliaires n'existent pour ainsi dire pas.

Enfin, la plupart des gazogènes perfectionnés sont munis d'appareils permettant au chef de l'usine de contrôler à tout instant la fabrication du gaz et de s'assurer que le combustible est employé de la manière la plus judicieuse.

Examinons maintenant quels sont les arguments que l'on peut opposer au gaz pauvre.

En premier lieu il est incontestable que le prix d'établissement d'une usine au gaz pauvre est sensiblement plus élevé que celui d'une usine à vapeur. Cette considération est de nature à être prise en considération par un grand nombre de sociétés qui cherchent à immobiliser un capital aussi faible que possible dans une affaire dont les résultats financiers sont toujours plus ou moins aléatoires.

Une autre considération qui détourne souvent de l'emploi du gaz pauvre est relative à la nature du combustible qu'il est nécessaire d'employer. Les ressources locales permettent souvent d'utiliser pour les chaudières à vapeur des combustibles de natures différentes revenant à des prix avantageux. Le gaz pauvre ne peut, au contraire, être fabriqué qu'avec des anthracites ou des houilles maigres dont les prix d'achat sont plus élevés et qui nécessitent des dépenses de transport souvent considérables.

Les anthracites d'Angleterre constituent, en effet, le combustible le plus favorable à la bonne marche des gazogènes ; les houilles maigres que l'on exploite dans l'Isère et qui se rapprochent beaucoup de l'anthracite peuvent également être utilisées.

Les moteurs à gaz exigent des nettoyages assez fréquents ; ces nettoyages se font, il est vrai, en peu de temps et ne constituent pas, à notre avis, une très grande sujétion.

On peut également reprocher aux moteurs à gaz de manquer d'élasticité puisque leur puissance normale est en même temps leur puissance maxima. Ils nécessitent, d'une manière à peu près absolue, l'installation d'une batterie d'accumulateurs permettant de suppléer à leur insuffisance en cas d'accroissement brusque de la charge de la ligne.

De plus, les moteurs à quatre temps, qui sont les plus employés, sont à simple effet et n'ont qu'une course motrice du piston sur

quatre; ils nécessitent donc l'emploi de volants très lourds pour obtenir un voltage régulier des dynamos.

Tels sont les principaux arguments qui militent pour et contre l'adoption des moteurs à gaz pauvre. Il est incontestable que ces moteurs sont très économiques et assurent une grande sécurité d'exploitation. Leur emploi ne s'est cependant pas développé autant qu'on pourrait se l'imaginer étant donnés les avantages qu'ils procurent. Leur adoption est subordonnée, à notre avis, à des considérations locales qu'il convient d'examiner dans chaque cas.

CHAPITRE VI

STATIONS CENTRALES HYDRAULIQUES

§ 1. — TURBINES

Les roues hydrauliques n'étant pour ainsi dire jamais employées dans les stations centrales, les récepteurs hydrauliques que nous avons à examiner se réduisent donc aux turbines.

Ces dernières peuvent avoir leur axe vertical ou horizontal. La disposition avec axe vertical est particulièrement employée pour les turbines à faible hauteur de chute. L'axe horizontal est, au contraire, très fréquemment employé dans les turbines à grande hauteur de chute.

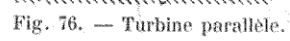
Les turbines peuvent se classer de la manière suivante :

- 1° Turbines parallèles ;
- 2° Turbines centrifuges ;
- 3° Turbines centripètes ;
- 4° Turbines mixtes américaines (à la fois centripètes et parallèles) ;
- 5° Roues Pelton à augets.

Les turbines *parallèles* à axe vertical sont les plus employées pour les chutes de faible ou de moyenne hauteur (fig. 76).

Elles se composent d'une couronne d'aubages distributeurs au-dessous de laquelle peut tourner une couronne analogue portant les aubages moteurs. Les canaux des deux couronnes ont des directions que l'on détermine par le calcul afin d'obtenir l'effet utile maximum. Le réglage de ces turbines s'obtient en démasquant un nombre plus ou moins grand d'aubages distributeurs.

Les turbines *centrifuges* comportent deux couronnes d'aubages concentriques, la couronne distributrice étant placée à l'intérieur de la couronne motrice (fig. 77-79). Ces turbines nécessitent des régulateurs très sensibles et très efficaces car elles ont une tendance à s'emballer sous l'action de la force centrifuge qui augmente avec la vitesse de



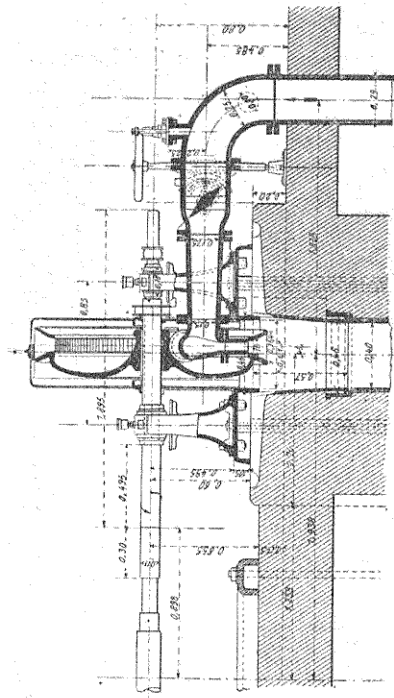
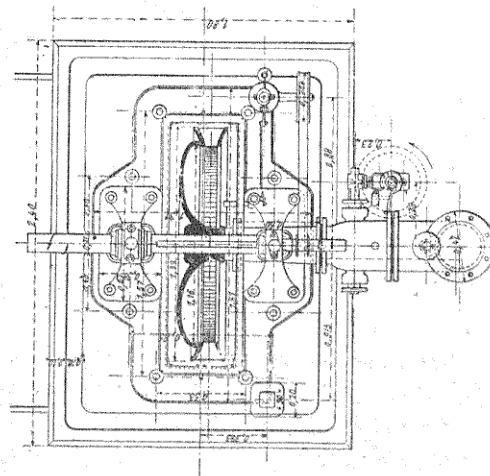
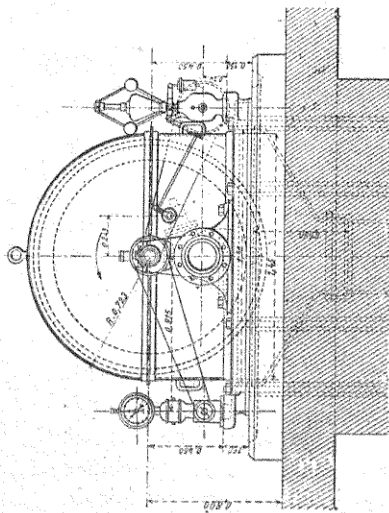


Fig. 77; 78, 79. — Turbine centrifuge à injection partielle.

l'eau d'admission, lorsque la charge des dynamos diminue. Elles ont par contre l'avantage de permettre l'emploi de couronnes motrices de grand diamètre ce qui est avantageux dans certains cas.

Les turbines *centripètes*, à l'inverse des précédentes, sont auto-régulatrices par suite de l'équilibre qui s'établit entre la force centrifuge et la force vive de l'eau d'admission. Toutefois le faible diamètre de la couronne motrice qui est intérieure rend leur emploi à peu près impossible lorsqu'il s'agit de chutes de grande hauteur (fig. 80).

Depuis quelques années on emploie assez fréquemment pour de petites installations les turbines mixtes dites *américaines*



(fig. 84). Les aubages distributeurs sont disposés comme dans les turbines centripètes. L'eau agit d'abord sur les aubages moteurs

comme dans une turbine centripète, mais la partie inférieure de ces aubages est recourbée de telle sorte que l'eau s'échappe en produisant un effet analogue à celui que nous avons examiné dans les turbines parallèles (fig. 81).

Les aubages moteurs sont pourvus de nervures ayant pour

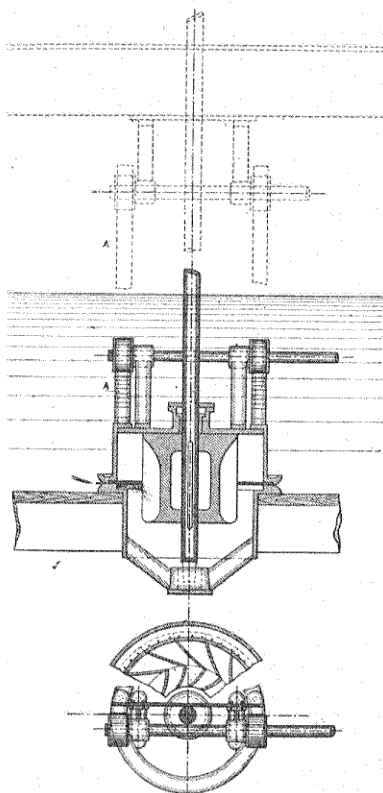


Fig. 80. — Turbine centripète.

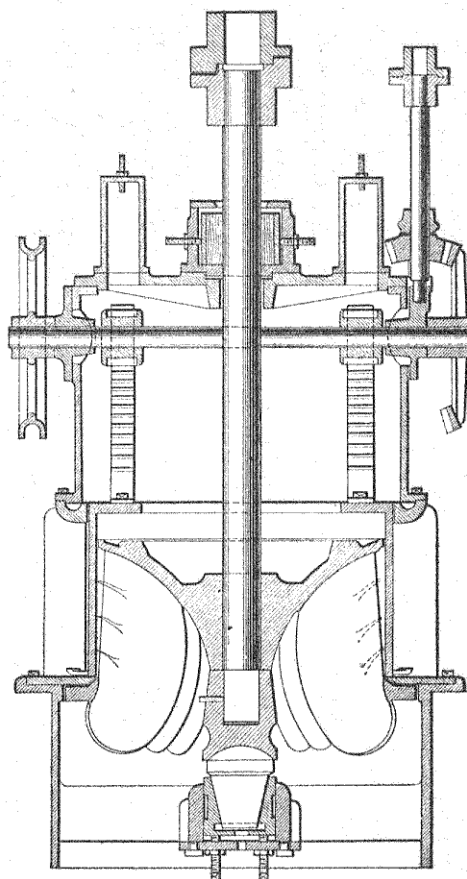


Fig. 81. — Turbine mixte américaine.

but d'assurer l'écoulement de l'eau sans remous nuisible au rendement.

Ces turbines permettent d'obtenir un rendement légèrement supérieur à celui des turbines ordinaires. Avec ces dernières il ne faut pas compter sur un rendement supérieur à 75 p. 100 ; avec les turbines américaines on peut obtenir des rendements de 80 et même parfois de 85 p. 100 à pleine admission. Par contre, lorsque l'admission est réduite, le rendement s'abaisse très sensiblement.

Les différents types de turbines que nous venons d'examiner (sauf

les turbines américaines) peuvent être établies avec injection totale

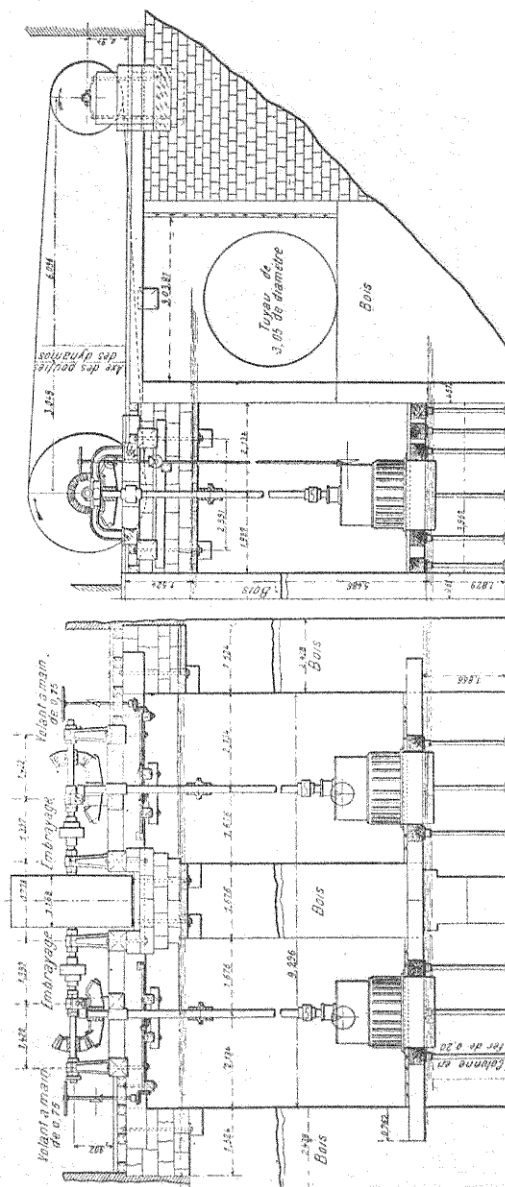


Fig. 82 et 83. — Installation de turbines américaines.

ou avec injection partielle. Une turbine est dite à injection partielle lorsque les aubages distributeurs n'existent que sur une partie plus ou

moins grande de la circonférence (fig. 78). Ces turbines sont employées

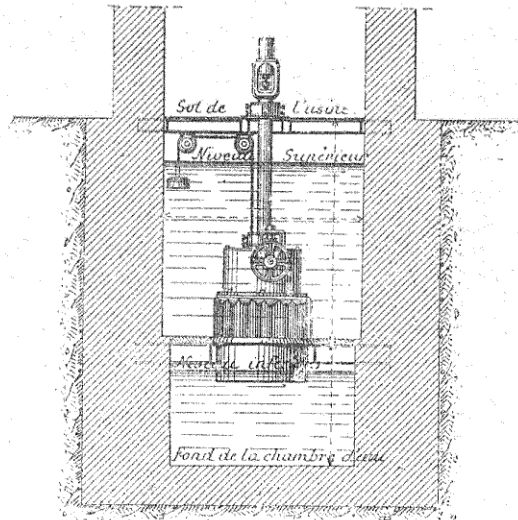


Fig. 84. — Turbine américaine.

lorsque la hauteur de chute est suffisamment grande pour qu'on puisse limiter le débit.

Les roues à augets qui sont connues généralement sous le nom de roues Pelton (fig. 85) sont basées sur des principes tout différents, car l'eau n'agit plus, dans ces récepteurs, que par sa force vive. Un ajutage conique, permettant d'avoir une grande vitesse d'écou-

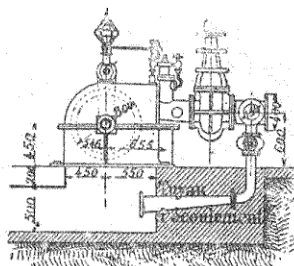


Fig. 85. — Roue Pelton.

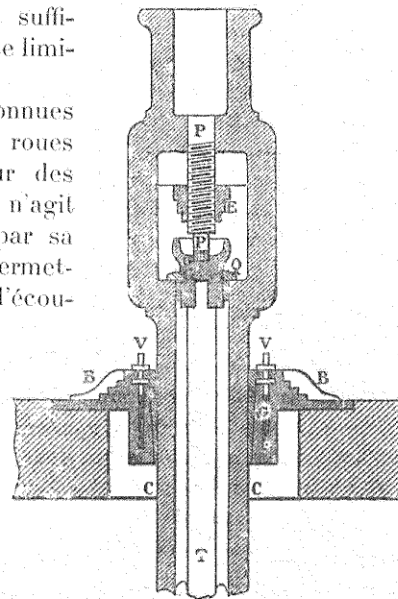


Fig. 86. — Pivots de turbine.

lement de l'eau et un faible débit, est disposé en face d'une roue

portant une série de cuillers sur tout son pourtour. Le choc de l'eau contre les cuillers produit la rotation.

Ces turbines sont tout indiquées quand il s'agit de très hautes chutes à faible débit.

Nous terminerons ces quelques généralités sur les récepteurs hydrauliques en mentionnant les dispositions que l'on peut employer pour les pivots des turbines verticales.

Ces pivots peuvent se réduire à une crapaudine ordinaire disposée au fond du bief. Le frottement s'exerce alors sur un bloc en bois de gâïac constamment immergé.

On préfère souvent avoir recours aux pivots hors de l'eau que l'on peut visiter et graisser (fig. 86). Ces pivots sont alors reportés au-dessus de la turbine qui se trouve calée sur un arbre mobile creux à l'intérieur duquel se trouve disposé l'arbre fixe scellé dans le radier du bief. Le frottement s'exerce alors à la partie supérieure de cet arbre fixe. L'arbre creux est muni d'évidements en regard du pivot afin qu'il soit possible de graisser les parties frottantes.

§ 2. — CRÉATION DES CHUTES

La description des procédés auxquels on peut avoir recours pour la création des chutes d'eau sortirait du cadre de cet ouvrage. Nous nous contenterons de citer, en passant, les méthodes les plus employées.

1° On peut construire un barrage permettant d'obtenir une différence entre les niveaux des biefs d'amont et d'aval. Ce procédé, qui est particulièrement applicable dans les gorges resserrées, conduit à la construction de barrages de grande hauteur dont les frais sont très élevés.

2° On peut détourner une partie de l'eau de la rivière dans un canal à flanc de coteau ou dans un tunnel auxquels on donne la pente minima pour que l'écoulement des eaux se fasse d'une manière régulière (environ 1 millimètre par mètre). L'eau est dérivée dans le canal ou dans le tunnel au moyen d'un barrage déversoir de faible hauteur ne dépassant pas le niveau des berges.

3° Lorsqu'il s'agit de chutes de grande hauteur et de faible débit comme les cascades que l'on rencontre dans les montagnes, il suffit de capter l'eau à la hauteur voulue et de l'amener au bâtiment des turbines au moyen d'une conduite métallique de grand diamètre que l'on peut disposer sous terre ou bien au-dessus de la surface du sol.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES STATIONS CENTRALES HYDRAULIQUES

§ 1. — COMMANDE DIRECTE OU INDIRECTE

Les dispositions des stations centrales hydrauliques varient suivant que les turbines sont à basse, à moyenne ou à haute pression et suivant que l'on adopte la commande directe ou indirecte pour les dynamos. L'aménagement général de l'usine dépend également de la disposition des turbines qui peuvent être à axe vertical ou horizontal.

Les turbines à axe horizontal se prêtent tout particulièrement à l'accouplement direct avec les dynamos. En revanche les turbines à axe vertical sont d'une installation plus facile.

Nous allons examiner sommairement quelques-uns des principaux cas qui peuvent se présenter.

§ 2. — CAS D'UNE CHUTE DE FAIBLE HAUTEUR

Lorsque la hauteur de chute est faible, la turbine parallèle à axe vertical paraît donner les meilleurs résultats. Si l'on veut faire usage

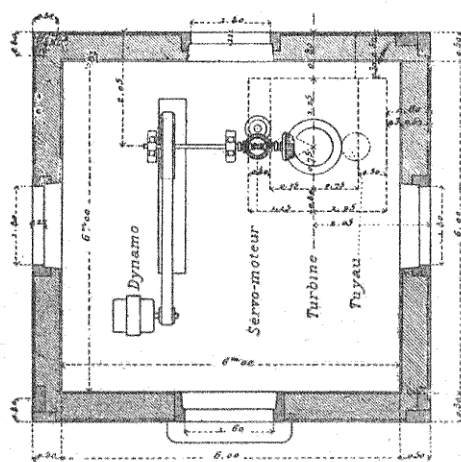


Fig. 87. — Commande des dynamos par courroies.

de dynamos ordinaires, on se trouve obligé d'installer deux roues à denture conique de manière à actionner un petit arbre horizontal

auxiliaire sur lequel se trouve calée une poulie. Sur cette poulie vient s'enrouler la courroie de commande de la dynamo (fig. 87-90).

Lorsque le rapport des vitesses de la turbine et de la dynamo n'est pas trop élevé, on peut supprimer la courroie et réaliser la commande directe par engrenages coniques (fig. 91).

Lorsqu'il s'agit de machines d'une certaine importance on préfère

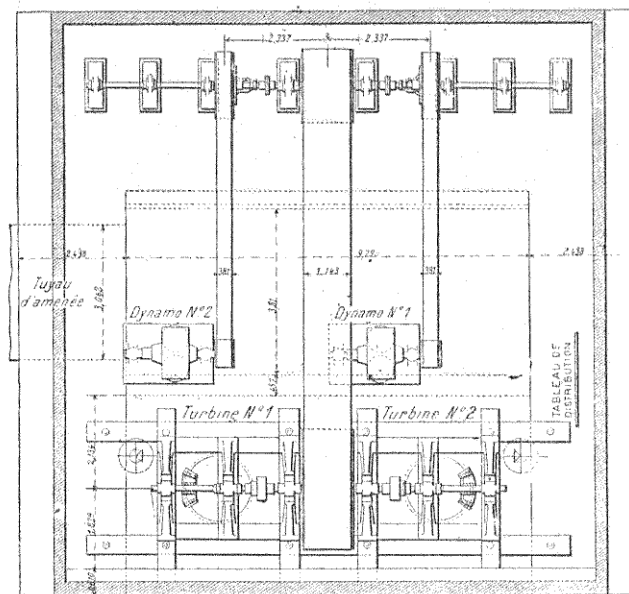


Fig. 88. — Commande des dynamos par courroies avec arbre de renvoi.

avoir recours à la commande directe. Il est alors nécessaire d'employer des dynamos spéciales à marche lente dans lesquelles l'induit est supporté par une sorte de roue horizontale calée directement sur l'arbre de la turbine (fig. 92, 93 et 120). Ces machines ont nécessairement de grandes dimensions afin que la vitesse tangentielle de l'induit conserve une valeur suffisante.

Ces dynamos sont naturellement plus chères que les machines ordinaires. De plus, leur entrefer doit avoir une assez grande importance en raison des ballottements qui se produisent inévitablement avec les arbres verticaux.

Chaque turbine doit être munie d'un régulateur très sensible provoquant l'obturation plus ou moins grande des aubages. On fait souvent usage, dans ce but, de servo-moteurs électriques.

Les turbines doivent toujours être préservées par des grilles de

garde. Immédiatement après les grilles se trouvent les vannes qui permettent de supprimer l'alimentation des turbines.

La faible vitesse angulaire des turbines constitue souvent un obs-

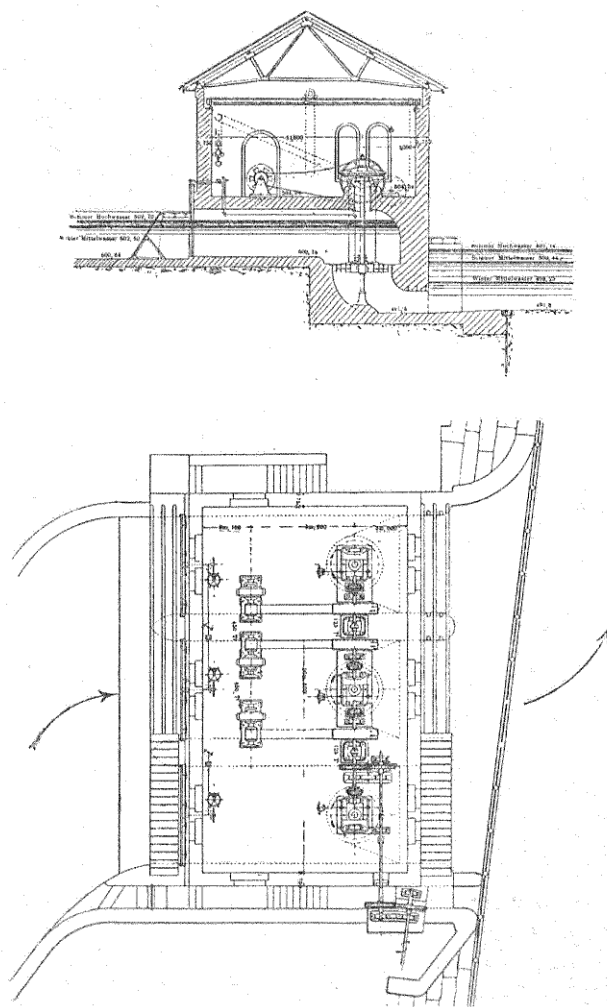


Fig. 89 et 90. — Station centrale de Berne (commande par courroies).

facile à l'adoption de la commande directe des dynamos dans le cas où la chute a une faible hauteur. Il est possible d'augmenter cette vitesse angulaire en superposant deux turbines calées sur le même

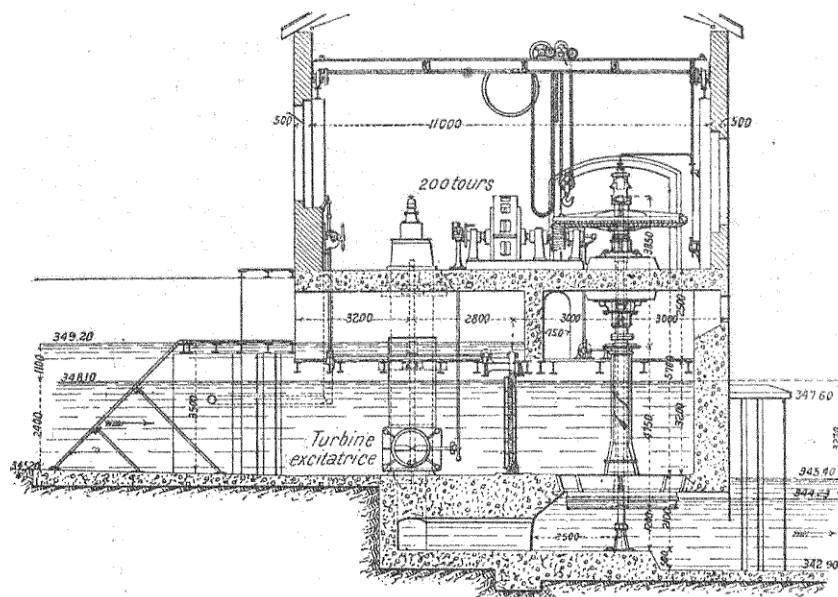


Fig. 91. — Installation d'une turbine parallèle pour chute de faible hauteur (Commande directe par engrenages).

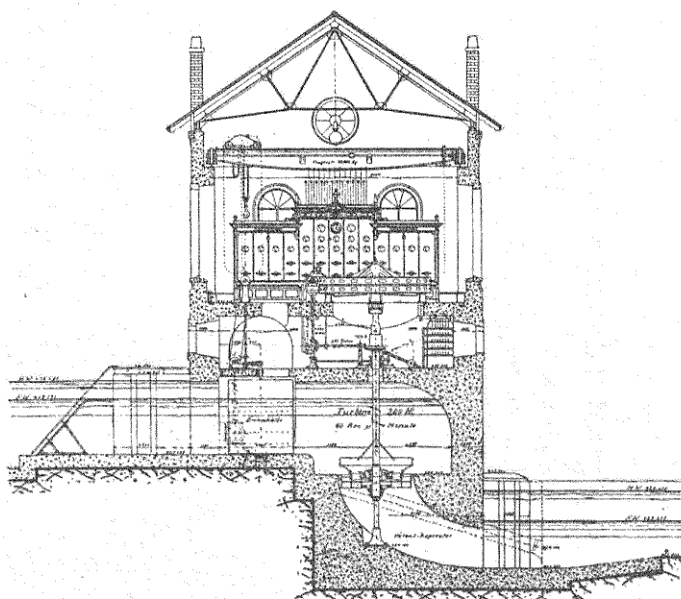


Fig. 92. — Coupe transversale de la station centrale de Rathausen (turbine parallèle, faible chute, commande directe).

arbre vertical. C'est la disposition qui a été employée à l'usine de Rheinfelden (fig. 94 et 95).

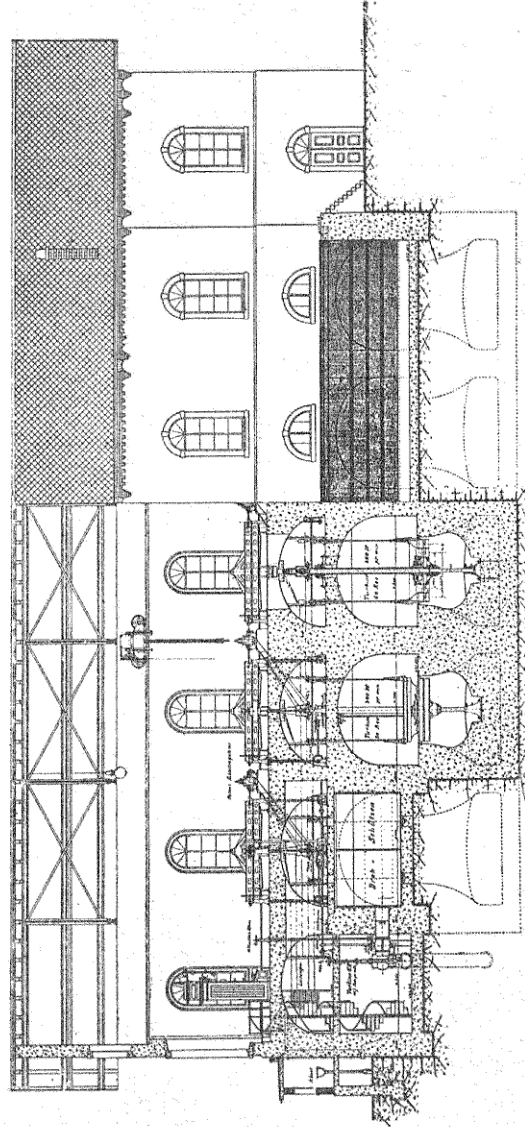


Fig. 93. — Coupe longitudinale de la station centrale de Rathausen.

En Amérique, on paraît donner la préférence aux turbines horizontales même pour les basses chutes, car on apprécie d'une manière toute particulière la faculté de pouvoir employer des dynamos ordinaires.

La figure 96 représente une station centrale de ce genre dans laquelle la turbine est complètement noyée dans le biais amont. La salle des

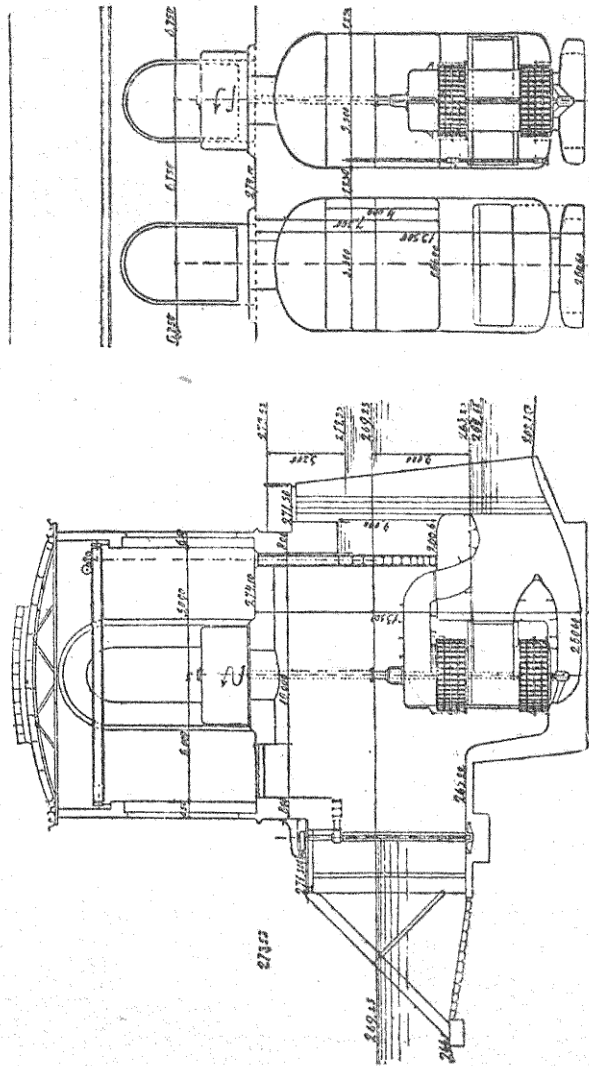


Fig. 94 et 95. — Station centrale de Rheinfelden (faible hauteur de chute, turbines doubles).

machines n'est séparée de ce biais que par un tampon en bois obturant une baie pratiquée dans le barrage. L'arbre commun à la turbine et à la dynamo traverse le tampon au moyen d'un presse-étoupe. En Europe on n'installe pas volontiers des dynamos au-dessous du niveau des eaux car on redoute, avec raison, les chances d'inondation.

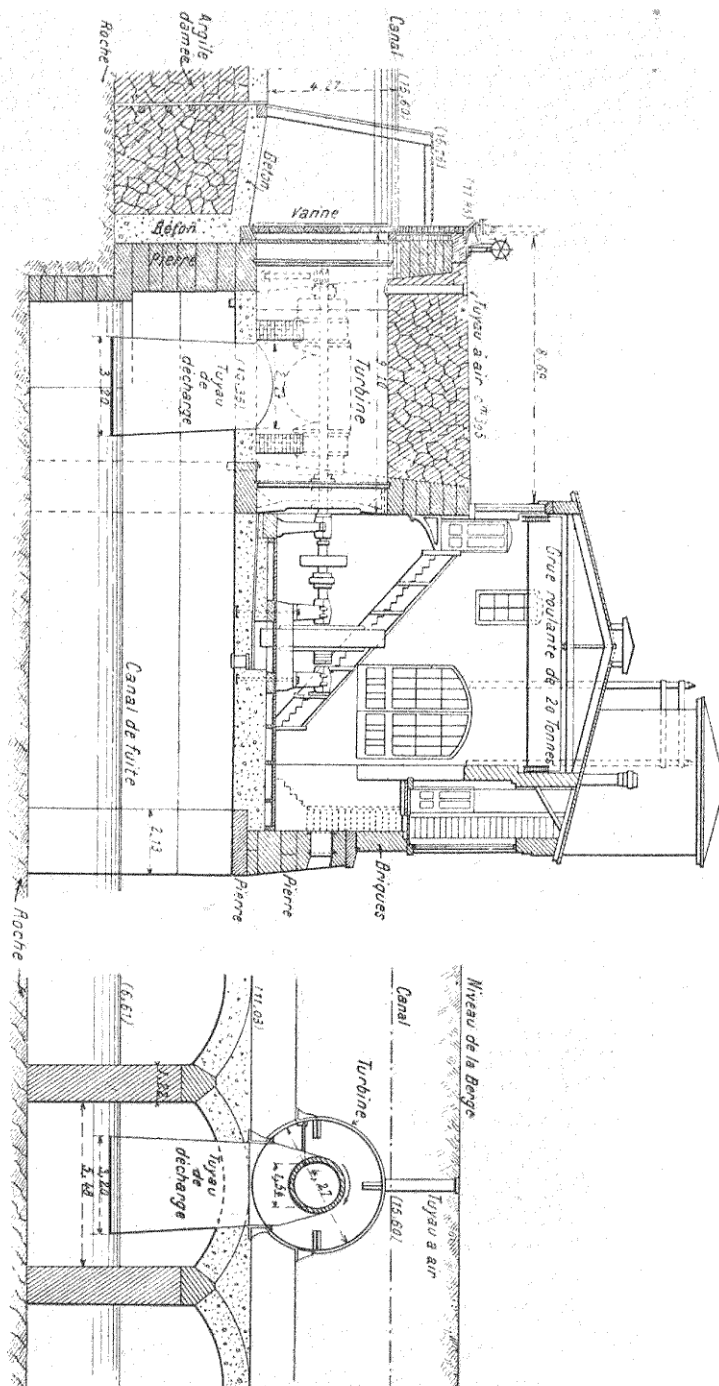


Fig. 96 et 97. — Station centrale de Columbia, Amérique (commande directe par turbines à axe horizontal noyées).

Une installation plus importante du même genre est représentée sur la figure 98. Sur l'arbre moteur se trouvent calées quatre turbines dites

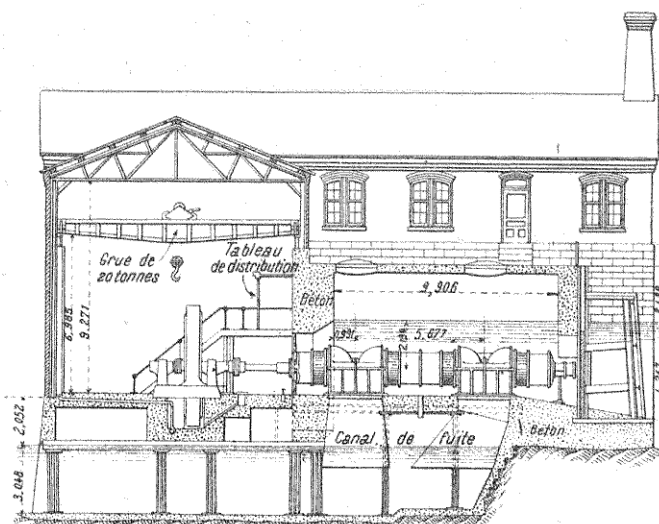


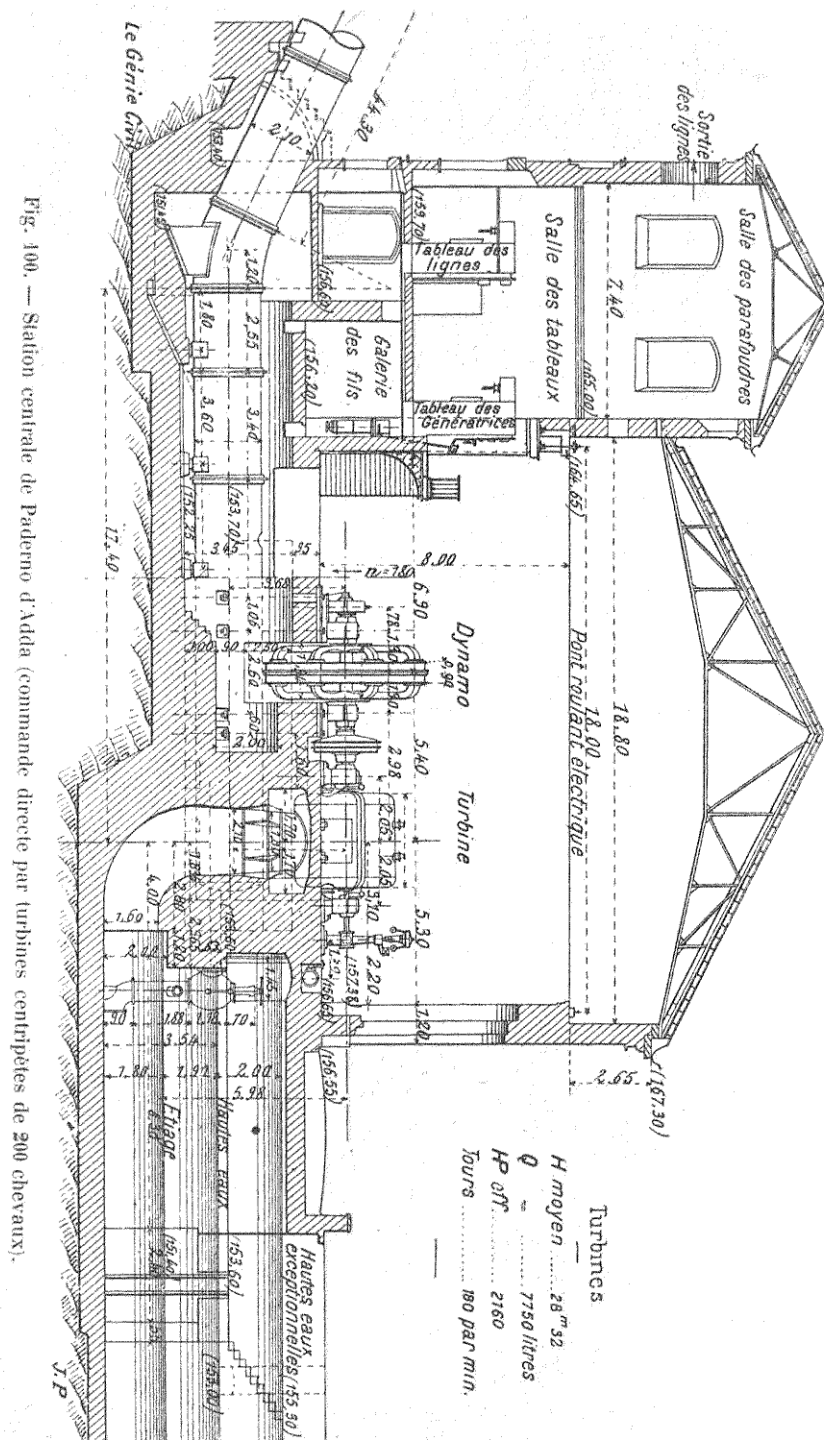
Fig. 98. — Station centrale sur l'Hudson (groupe de 4 turbines américaines calées sur le même arbre).

américaines. La salle des machines est située comme la précédente au-dessous du niveau de l'eau dans le biais supérieur.

§ 3. — CAS D'UNE CHUTE DE MOYENNE HAUTEUR

Lorsque la hauteur de chute atteint une dizaine de mètres, il est nécessaire d'employer des turbines renfermées dans une bache communiquant avec le biais supérieur au moyen d'une conduite. Cette conduite peut être en maçonnerie, lorsque la hauteur de chute est relativement peu élevée. C'est la disposition qui a été adoptée pour l'usine du canal de Jonage (fig. 99).

Lorsque la station centrale est desservie par une chute de grande hauteur, le dispositif d'alimentation des turbines devient différent. La conduite métallique d'amenée longe le bâtiment des turbines sur toute sa longueur. Sur cette conduite viennent se brancher des tubulures aboutissant à la bache de chaque turbine. Il n'est pas nécessaire que les turbines soient établies au niveau du canal de fuite pour que l'on bénéficie de toute la hauteur de chute. On termine l'orifice d'échappement de chaque turbine par un large tuyau vertical plongeant au-



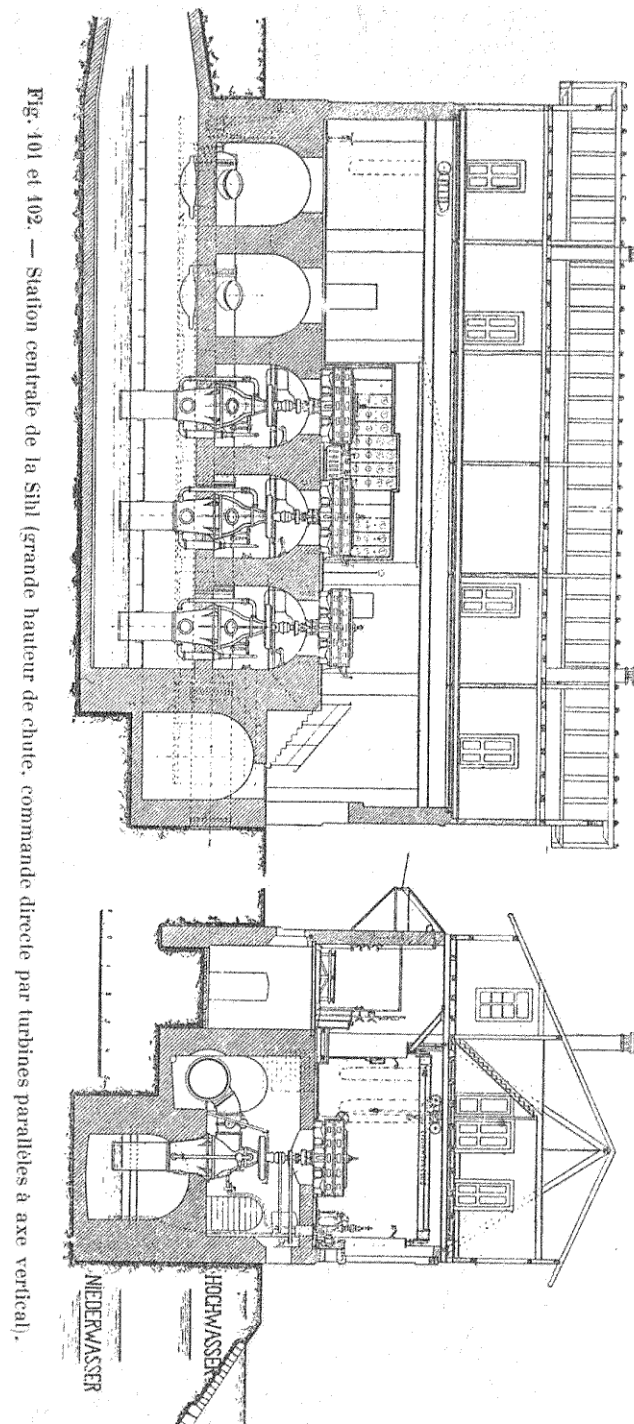


Fig. 101 et 102. — Station centrale de la Sihl (grande hauteur de chute, commande directe par turbines parallèles à axe vertical).

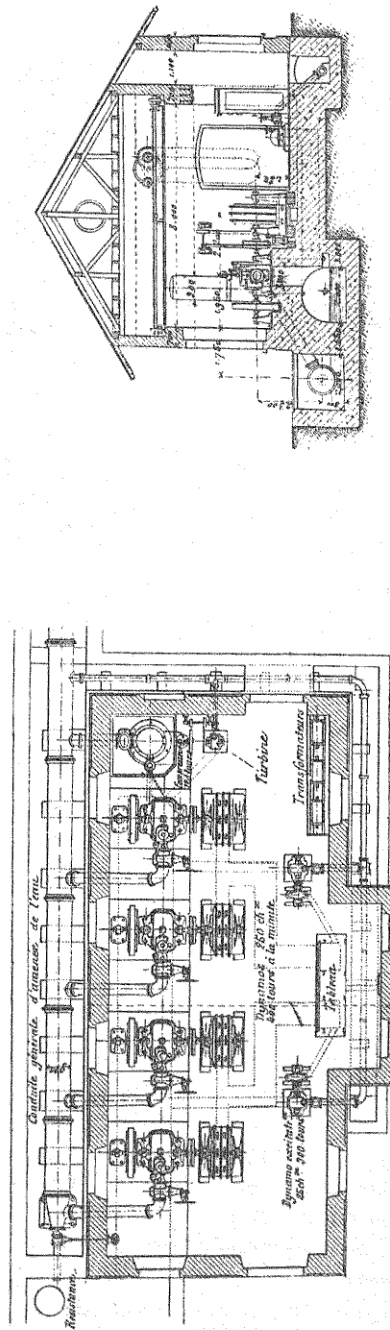


Fig. 403 et 404. — Station centrale de Schwytz (grande hauteur de chute, commande directe par turbines centrifuges à injection partielle et à axe horizontal).

§ 4. — CAS D'UNE CHUTE DE GRANDE HAUTEUR

Lorsque la hauteur de chute atteint une centaine de mètres il devient avantageux d'employer les roues Pelton (fig. 105-107). Ce sont de simples roues à augets sur lesquelles l'eau agit par sa force vive et non plus par sa pression proprement dite. Il y a lieu, dans les stations centrales

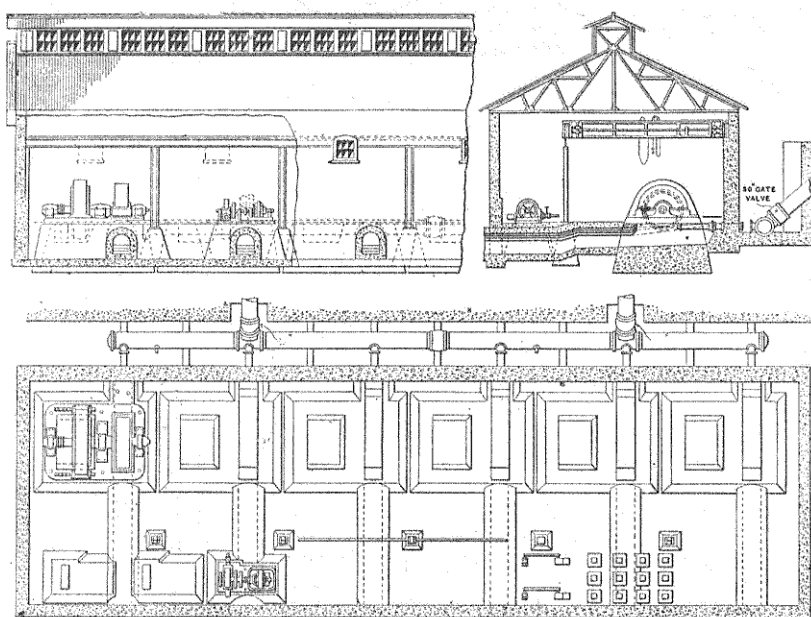


Fig. 105, 106 et 107. — Station centrale de Los Angeles, Californie (chute de 222 m. de hauteur, commande directe par roues Pelton).

munies de roues Pelton, de prévoir des canaux de fuite de grande section. Il arrive parfois que l'eau conserve une certaine vitesse après sa sortie du récepteur hydraulique. Les parties du canal de fuite qui sont exposées à ces projections d'eau seraient rapidement dégradées si on ne les protégeait avec des plaques d'acier. La station centrale de Los Angeles (Californie) qui est représentée sur les figures 105-107 est munie d'un blindage de cette sorte.

Nous terminerons ces quelques généralités sur les stations hydrauliques en mentionnant la disposition qui a été adoptée aux chutes du Niagara. Les turbines ont été placées au fond d'une fosse reliée, à sa

partie inférieure, à un canal de fuite de grande section communiquant avec la partie de la rivière située en aval de la chute. Les turbines centrifuges situées à 40 mètres au-dessous du niveau du sol, sont alimentées par une conduite verticale. Cette disposition très

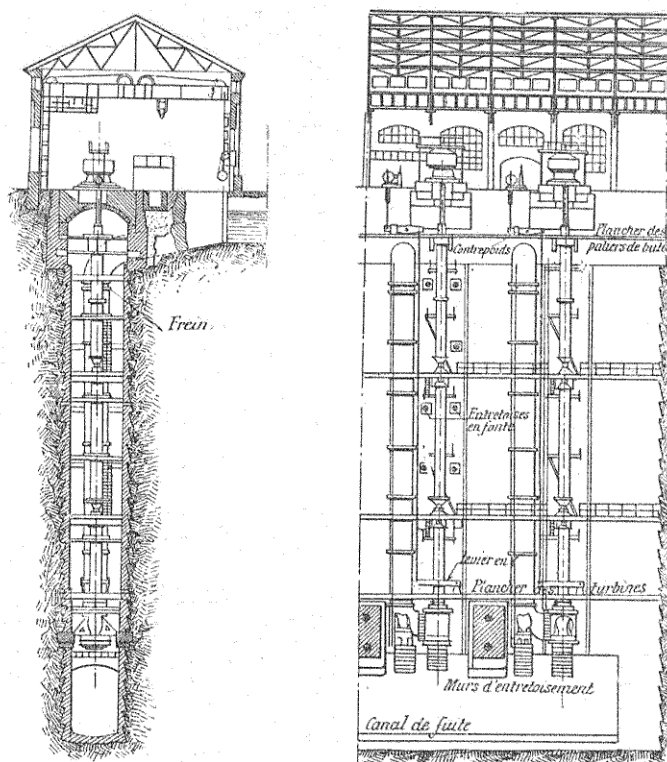


Fig. 108 et 109. — Station centrale du Niagara (chute de 40 mètres, turbines centrifuges).

coûteuse a été adoptée par suite de l'impossibilité, dans laquelle on se trouvait, de placer l'usine au niveau de la rivière en aval de la chute (fig. 108 et 109).

La puissance de chaque unité hydraulique se détermine de la même façon que pour les unités à vapeur. Il est avantageux de disposer d'un certain nombre d'unités afin de pouvoir proportionner la puissance de l'usine aux variations de la charge. Il est également nécessaire d'avoir à sa disposition un groupe, au moins, de réserve.

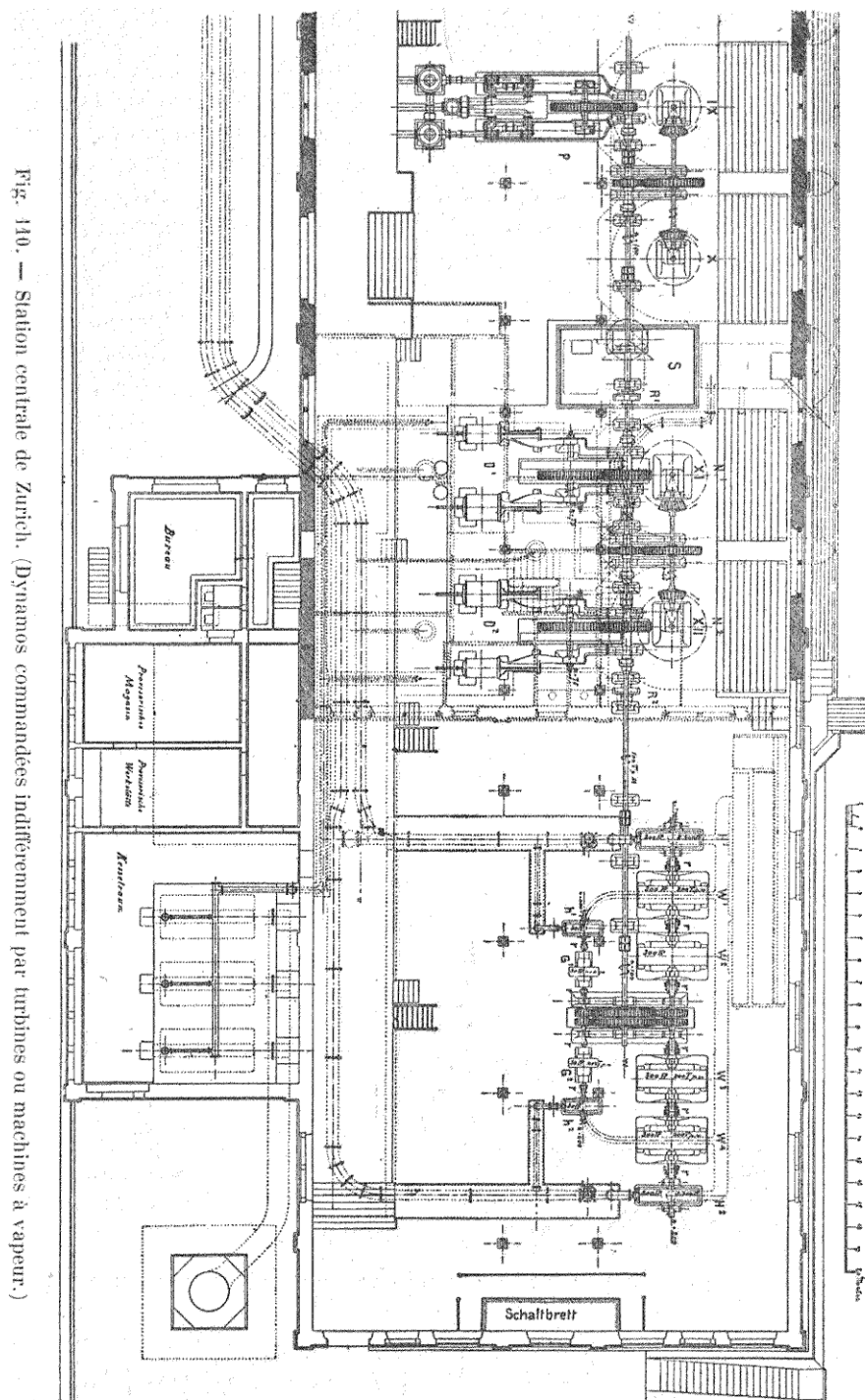


Fig. 110. — Station centrale de Zurich. (Dynamos commandées indifféremment par turbines ou machines à vapeur.)

§ 5. — USINES MIXTES

Lorsque la puissance des moteurs hydrauliques d'une station centrale est très variable, suivant le débit des eaux, on peut se trouver obligé d'installer des moteurs à vapeur pour fournir le complément de la force motrice nécessaire aux dynamos. La figure 110 représente la station centrale de Zurich dans laquelle les dynamos peuvent être mises en mouvement par les machines à vapeur ou par les turbines. Les deux genres de moteurs peuvent également agir simultanément.

CHAPITRE VII

MACHINES ÉLECTRIQUES EMPLOYÉES POUR LA TRACTION MACHINES A COURANT CONTINU

§ 1. — CONSTRUCTION ET MONTAGE DES MACHINES

a. Machines compound et hypercompound. — Les machines électriques employées pour la traction sont presque toujours multipolaires (fig. 113, 116, 117). On emploie cependant assez fréquemment, en Angleterre, des machines bipolaires du type Edison (fig. 111). Ces machines, qui doivent tourner à une vitesse très élevée, ont l'inconvénient de nécessiter la commande par courroie avec un grand rapport des diamètres des poulies. Les dynamos dont on fait usage pour la traction sont généralement du type *compound*, ce qui revient à dire que les pièces polaires portent chacune deux bobines inductrices (fig. 112). L'une de ces bobines comprend un grand nombre de tours de fil fin tandis que l'autre ne comporte qu'un petit nombre de spires de gros fil. Le premier enroulement est monté en dérivation sur les bornes de la machine; le second, au contraire, est traversé par la totalité du courant produit. Le voltage peut être réglé, dans une certaine mesure, en agissant sur un rhéostat placé dans le circuit d'excitation shunt, comme dans les machines ordinaires.

L'enroulement série a pour but d'augmenter le champ magnétique lorsque le débit augmente, de manière à compenser la perte de tension due à l'accroissement de la charge ainsi qu'à la réaction d'induit.

Lorsque le voltage d'une génératrice *compound* a été réglé à un certain point au moyen d'une résistance spéciale que l'on fixe une fois pour toutes, il n'est plus nécessaire de le régler avec le rhéostat de champ. Le voltage reste à peu près constant, si la vitesse est maintenue régulière.

Lorsque l'on veut avoir un voltage constant en un certain point de la ligne et non plus seulement aux bornes de la machine, on a recours aux dynamos *hyper-compound*. L'enroulement série doit alors être suffisant

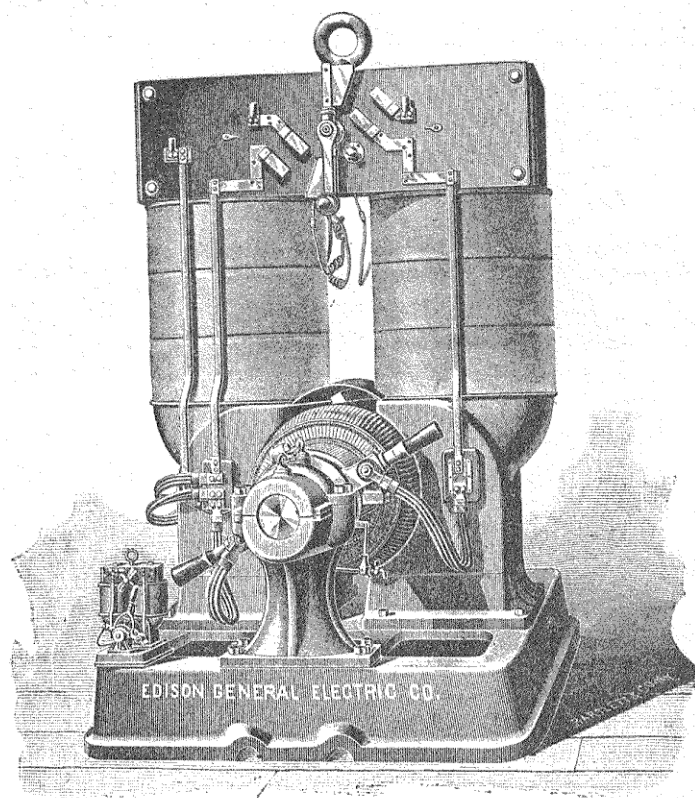


Fig. 111. — Dynamo bipolaire Edison pour traction.

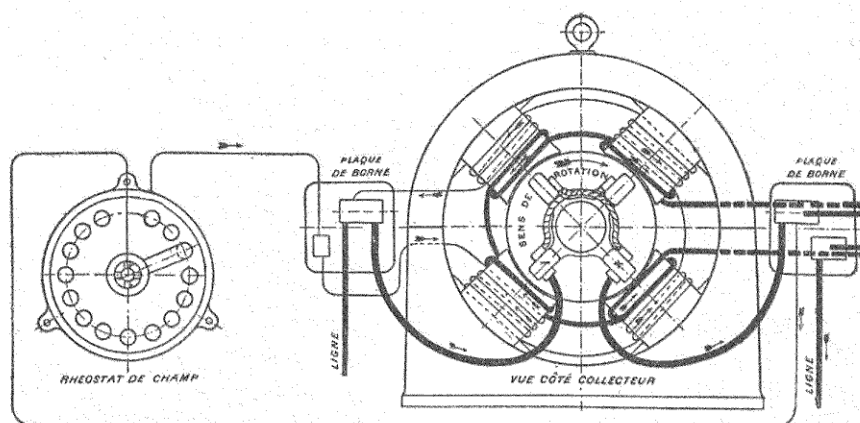


Fig. 112. — Schéma d'une machine compound.

H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

pour que le courant puisse, non seulement compenser la chute de potentiel et la réaction de l'induit, mais encore compenser la perte de

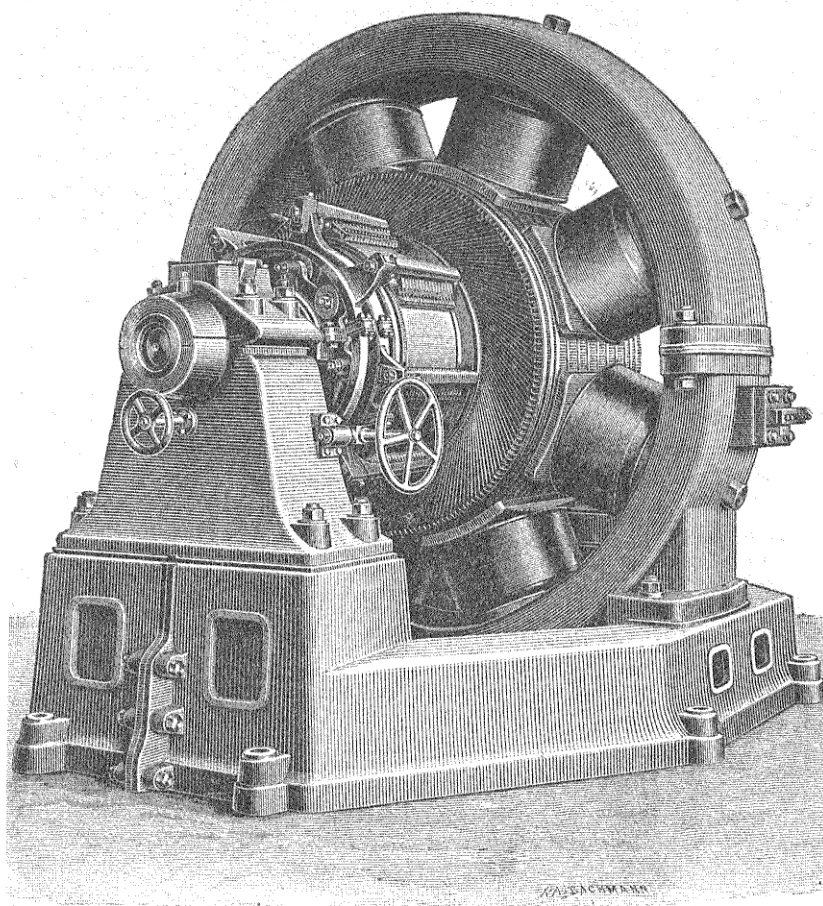


Fig. 113. — Dynamo à 8 pôles pour traction.

voltage dans le circuit extérieur. Dans ce dernier cas la différence de potentiel aux bornes de la machine augmente avec le débit.

b. Montage des dynamos. — Dans le but d'éviter les vibrations produites par la rotation de la partie mobile des dynamos; il est indispensable d'établir celles-ci sur un bâti en charpente ou, ce qui vaut mieux encore, sur un massif en maçonnerie (fig. 120 *bis*).

Dans ce massif sont emprisonnés les boulons de scellement. On isole

parfois du sol le bâti en fonte de la dynamo. Cette disposition ne paraît pas être bien utile pour les machines à basse tension. Elle rend, par contre, fort dangereuse pour le personnel la surveillance des machines à haute tension.

Pour isoler une machine, on interpose entre le bâti de cette dernière et le massif une plateforme en bois paraffiné. Les boulons sont isolés au moyen de tubes et de rondelles en fibre. Les alternateurs à haute tension sont parfois montés sur des isolateurs en porcelaine qui assurent un isolement plus parfait.

Lorsque les dynamos sont commandées par courroie, on les monte généralement sur des rails en fer. Le réglage du bâti sur ces

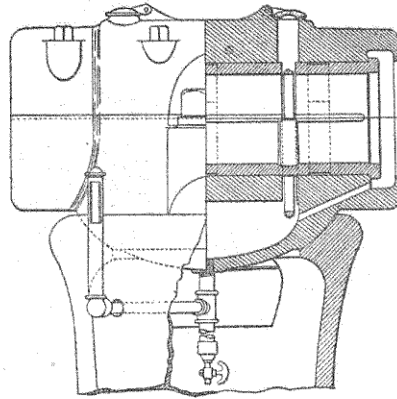


Fig. 114. — Palier graisseur de dynamo.

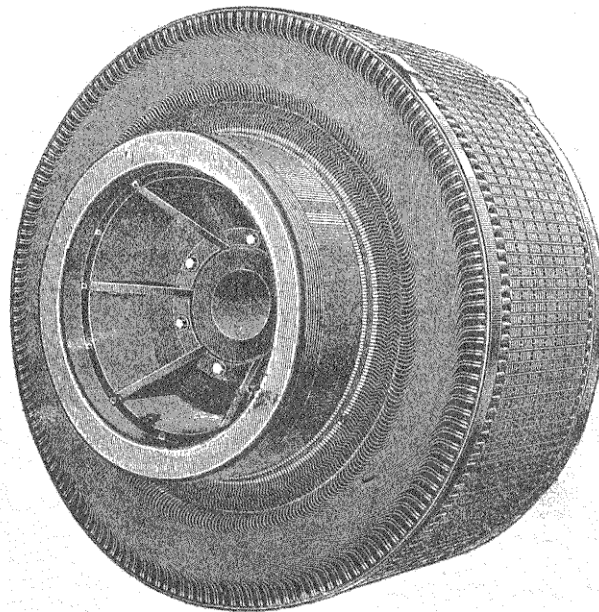


Fig. 115. — Induit de dynamo pour traction.

rails se fait au moyen de vis que l'on manœuvre avec des barres à cliquet (fig. 116 et 119).

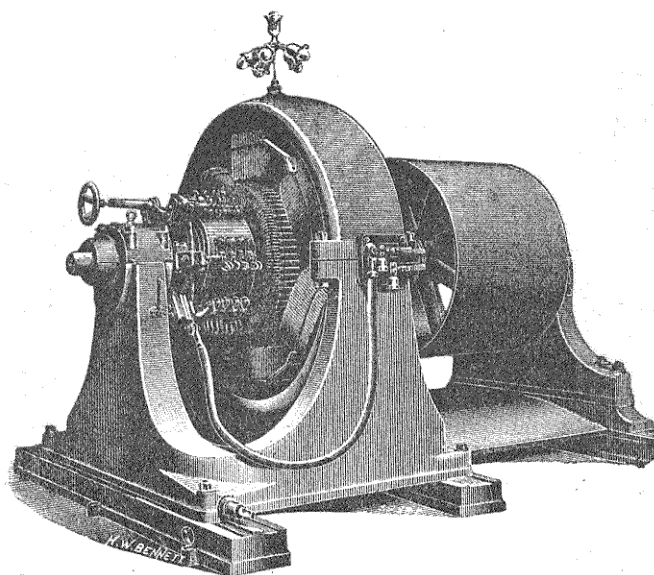


Fig. 116. — Dynamo compound.

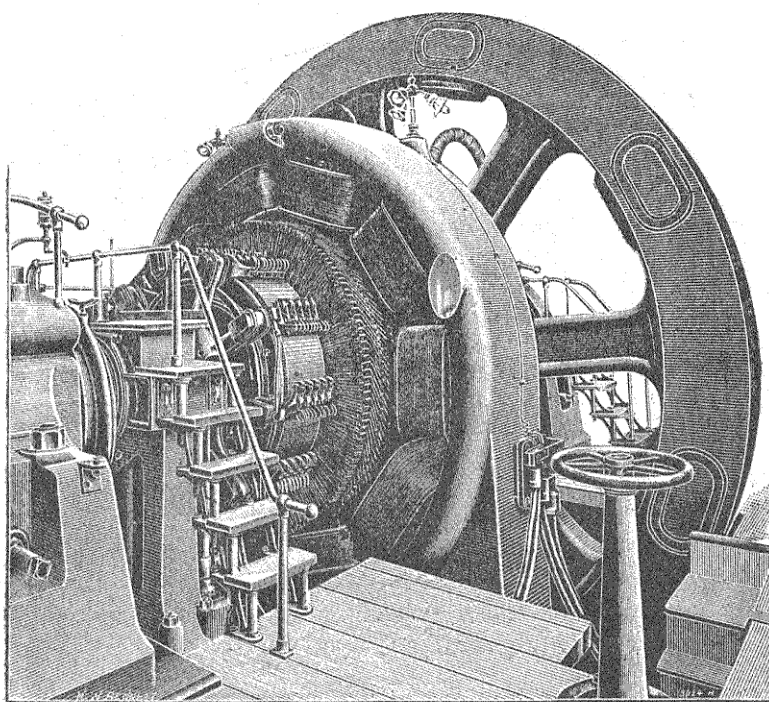


Fig. 117. — Dynamo de 800 kilowatts pour traction

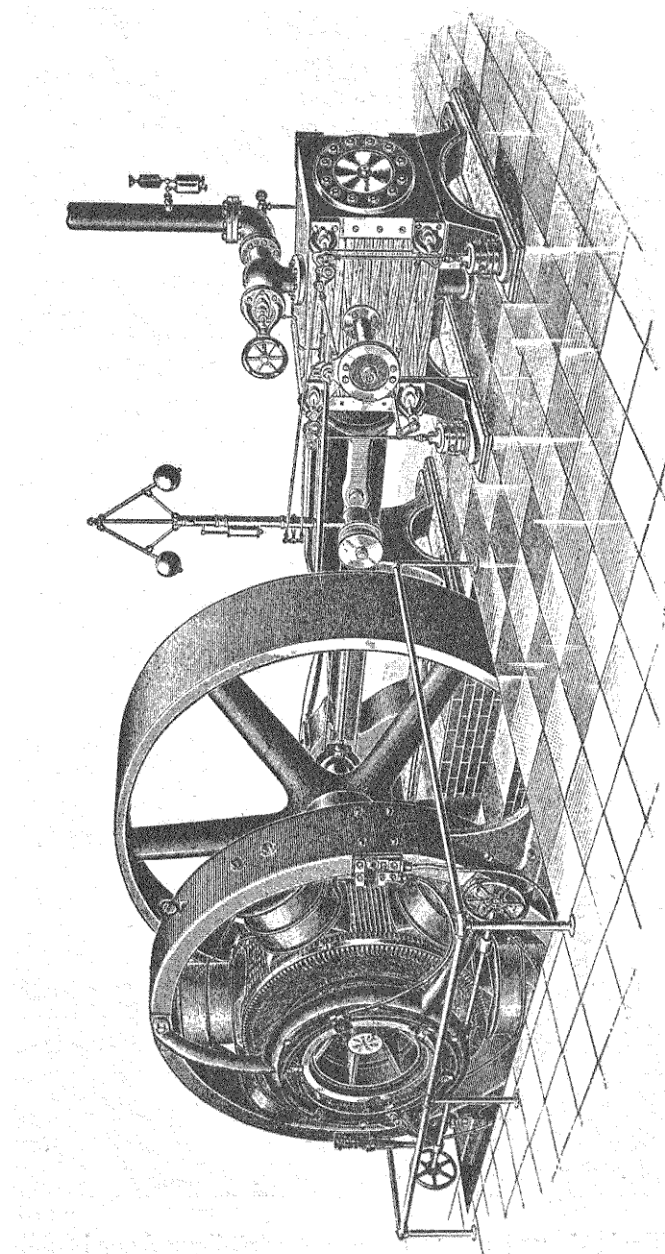
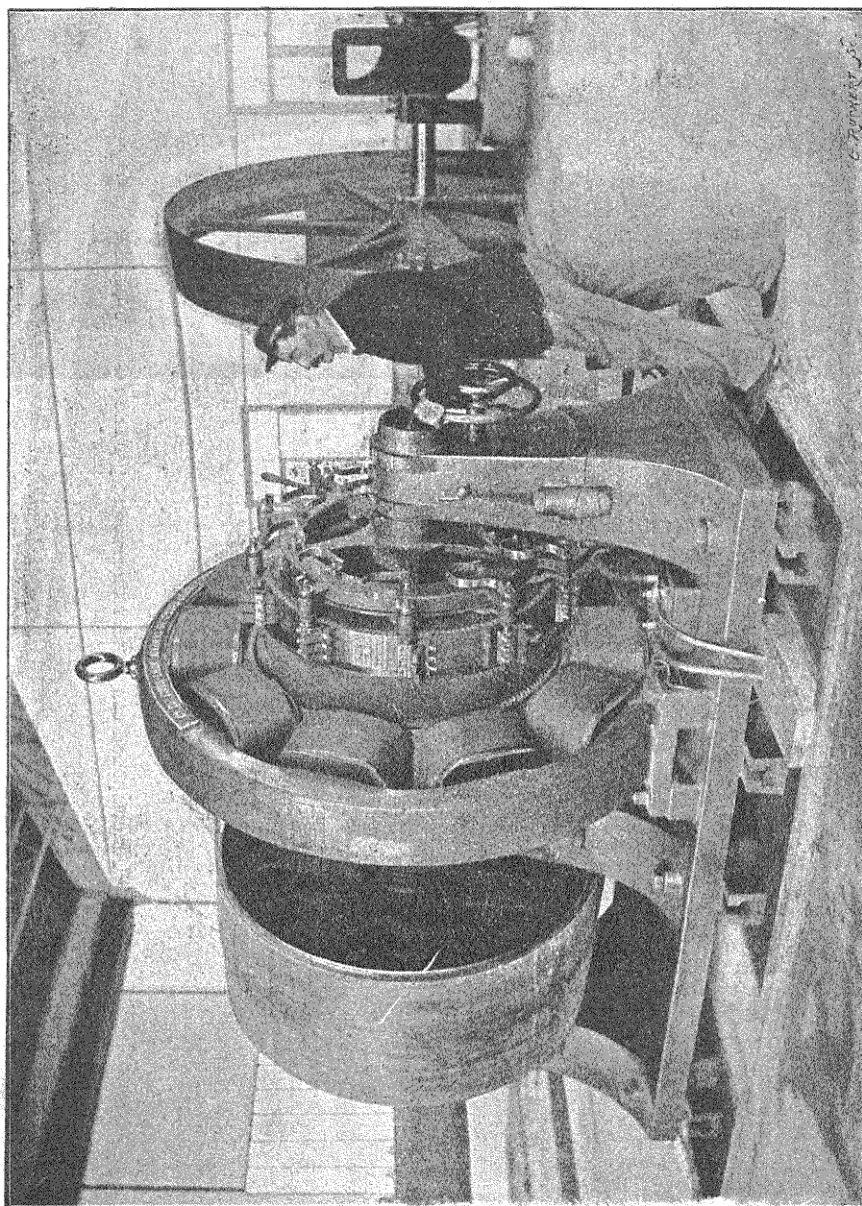


Fig. 418. — Dynamo compound commandée directement par une machine Corliss.

Dans toutes les opérations de montage ou de démontage de l'induit,



119. — Dynamo compound de la Compagnie de Fives-Lille commandée par courroie.

il faut avoir soin de ne jamais prendre un point d'appui sur le collecteur. L'induit ne doit jamais être suspendu que par les extrémités de l'arbre.

Les bobines de champ doivent être montées et convenablement connectées avant que l'armature ne soit placée sur les coussinets. Il

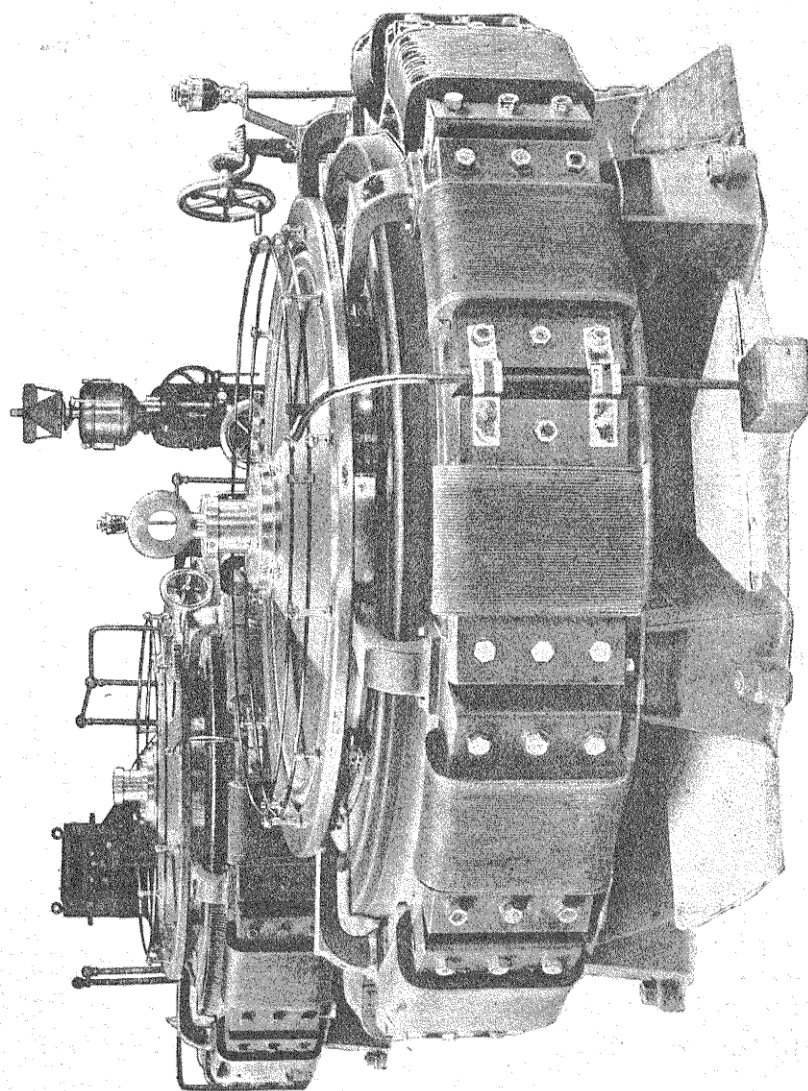


Fig. 129. — Dynamo à axe vertical pour commande directe par turbine (chemin de fer du Salève).

faut veiller tout particulièrement à ce que les connexions des bobines série soient bien faites et présentent des contacts irréprochables.

Les courroies doivent être tendues de façon à ne pas glisser. Cette tension ne doit, cependant, jamais être assez forte pour amener

l'échauffement des paliers. Le joint de la courroie doit être fait sans

recouvrement et ne doit jamais occasionner ni bruit, ni secousses.

Lorsque des glissements se produisent entre la courroie et la poulie par suite de la présence de corps gras sur cette dernière (ce qui se reconnaît aux battements de la courroie), il y a lieu de la nettoyer aussitôt que possible; en augmentant la tension de la courroie, on amènerait inévitablement l'échauffement des paliers.

La courroie prend parfois un mouvement de va-et-vient dans le sens de la largeur de la poulie; ce phénomène est généralement dû à l'allongement inégal des bords de la courroie.

Lorsque l'on monte les deux poulies il faut s'attacher, d'une manière toute particulière, à obtenir un parallélisme aussi parfait que possible des deux arbres. Les deux poulies doivent également se trouver bien en regard l'une de l'autre.

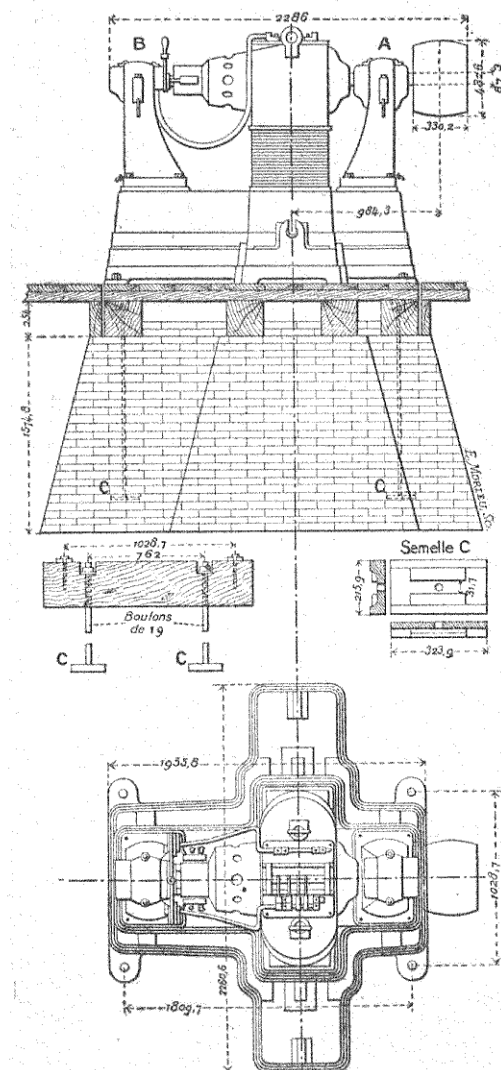


Fig. 120 bis. — Massif de fondation d'une dynamo.

Les dynamos sont généralement munies de paliers graisseurs (fig. 114) dans lesquels le niveau de l'huile doit être maintenu suffisamment haut pour que les bagues plongent convenablement. Lorsque les paliers sont trop remplis, il se produit alors des projections d'huile au dehors.

On ne doit faire usage, pour les paliers graisseurs, que d'huiles de qualité supérieure.

Dans le cas où l'on se sert de la même huile une seconde fois, il faut d'abord la filtrer puis la refroidir si elle est chaude.

§ 2. — TABLEAUX DE DISTRIBUTION POUR COURANT CONTINU

Fil d'équilibre. — Lorsque la puissance totale de l'usine est fournie par plusieurs dynamos compound, ces dernières doivent être groupées en parallèle. Cette mise en parallèle n'offre aucune difficulté lorsque ces dynamos sont identiques et proviennent du même constructeur. Il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de deux ou plusieurs dynamos compound de puissances inégales. Cela tient à ce que les caractéristiques de ces machines sont trop différentes les unes des autres.

Lorsque les machines sont bien semblables, les charges se répartissent également sur l'une et sur l'autre. Une augmentation de courant anormale est donc répartie également entre les deux machines.

Il n'en est pas moins vrai que le couplage des machines compound

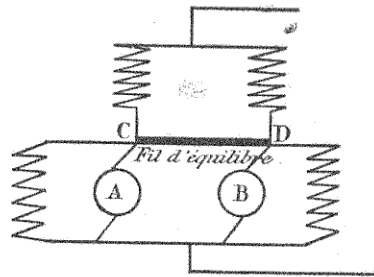


Fig. 121. — Schéma du fil d'équilibre.

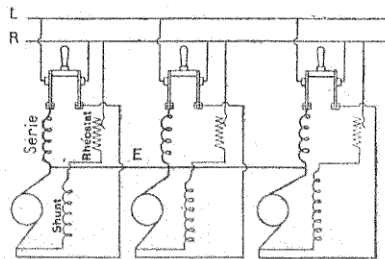


Fig. 122. — Mise en parallèle des dynamos compound avec fil d'équilibre connecté d'une manière permanente.

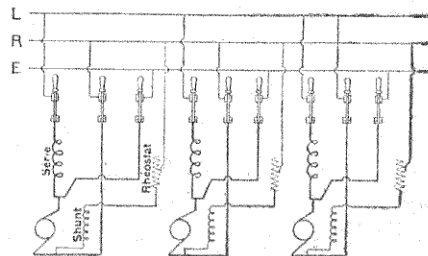


Fig. 123. — Mise en parallèle des dynamos compound avec fil d'équilibre d'un emploi facultatif.

ou hyper-compound présente souvent des difficultés pratiques ; ces difficultés sont évitées par l'emploi du *fil d'équilibre*. Ce fil d'équilibre dont la résistance est très faible, réunit les deux enroulements en série des machines (fig. 121).

On évite ainsi le renversement de l'excitation quand on augmente la

charge sur l'une des deux machines de plus de la moitié de la charge totale. Le courant se partage alors entre les deux bobines inductrices.

La résistance du fil d'équilibre doit être inférieure à celle de l'enroulement en série qui elle-même est très petite.

On réunit parfois simplement les points C et D par un câble sans passer par le tableau de distribution (fig. 122). D'autres fois ce dernier est muni d'une troisième barre réunie aux points C et D par l'intermédiaire de câbles pourvus d'interrupteurs (fig. 123).

Disposition des tableaux. — Les tableaux de distribution employés

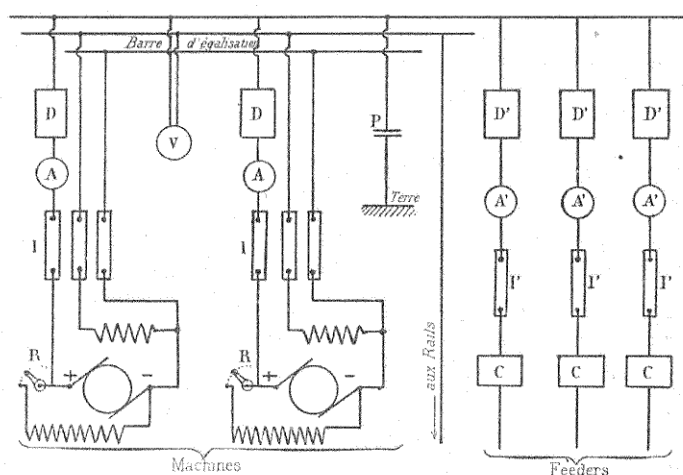


Fig. 124. — Schéma des connexions d'un tableau de distribution pour traction.
A, A', ampèremètres. — V, voltmètre. — D, D', disjoncteurs automatiques. — I, I', interrupteurs.
C, compteur. — R, rhéostat de champ. — P, parafoudre.

pour la traction électrique sont divisés en un certain nombre de panneaux affectés chacun à une machine ou à un feeder (fig. 124).

Chaque panneau de machine porte les appareils suivants :

1° Un interrupteur tripolaire I si le tableau comporte une barre d'égalisation. Dans le cas contraire, il n'y a qu'un interrupteur bipolaire ou deux interrupteurs unipolaires intercalés sur les deux fils provenant de la machine ;

2° Un ampèremètre A intercalé sur le fil positif ;

3° Un disjoncteur automatique D également intercalé sur le fil positif ;

4° Un rhéostat d'excitation R pour la machine.

Chaque panneau de feeder comporte simplement :

1° Un disjoncteur automatique D' ;

2° Un ampèremètre A' ;

3° Un interrupteur unipolaire I'.

Ces différents appareils sont intercalés sur le feeder qui prend naissance sur la barre positive du tableau.

La barre négative est reliée aux rails ou aux feeders de retour.

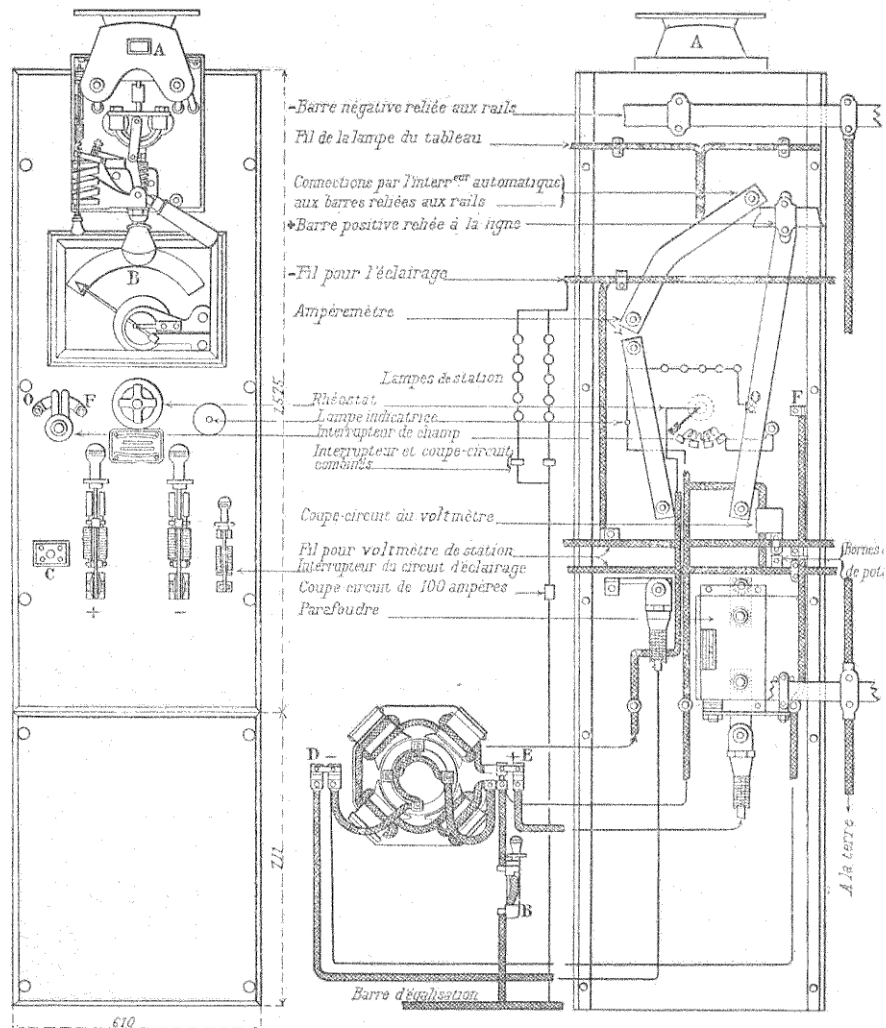


Fig. 123. — Faces antérieure et postérieure d'un panneau de machine (dispositif de la Compagnie Thomson-Houston).

Sur les deux barres se trouve branché un voltmètre que l'on dispose de telle sorte qu'il soit visible de tous les points du tableau (fig. 128). La meilleure disposition consiste à le placer perpendiculairement au tableau.

Un autre voltmètre doit pouvoir donner le voltage de chaque machine au moyen d'un commutateur spécial. Il est indispensable, en effet, de connaître le voltage d'une machine au moment de la mettre en circuit.

Sur la barre positive se trouvent placés les parafoudres qui, en plus de ceux des lignes aériennes, protègent les machines.

Les figures 125, 128 et 129 représentent le schéma d'une semblable installation.

Il existe une grande quantité de disjoncteurs automatiques parmi

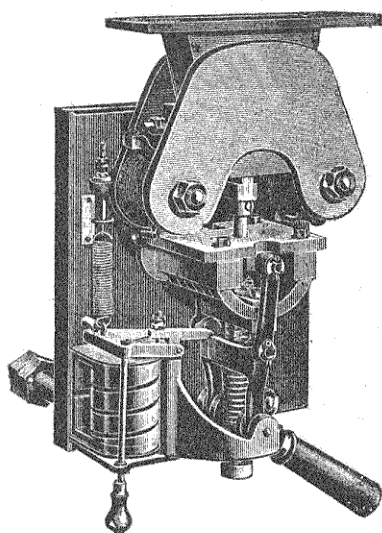


Fig. 126. — Disjoncteur automatique système Thomson-Houston.

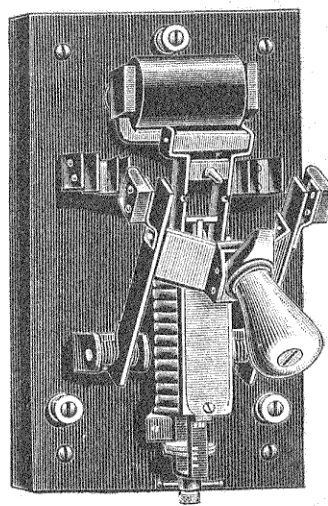


Fig. 127. — Disjoncteur automatique système Blackwell.

lesquels nous citerons le disjoncteur Thomson-Houston dont le fonctionnement est des plus réguliers (fig. 126).

Ce disjoncteur automatique est pourvu d'un dispositif de soufflage magnétique qui supprime toutes chances de formation d'arcs au moment du déclenchement de l'appareil.

Il est constitué essentiellement par un pont en forme d'U aplati portant un contact à l'extrémité de chaque branche. Ce pont est maintenu par un jeu de bielles ; on peut l'appliquer contre les contacts fixes au moyen d'une poignée.

Dans cette position le pont est maintenu grâce à la présence d'une palette à talon qui paralyse l'action d'un fort ressort de rappel. Le pont porte en son milieu une tige verticale dont l'extrémité supérieure porte un bloc glissant entre des contacts élastiques. Ce bloc a pour

but de fermer une dérivation du courant principal qui excite les électro-aimants placés à la partie supérieure du disjoncteur. Les deux noyaux

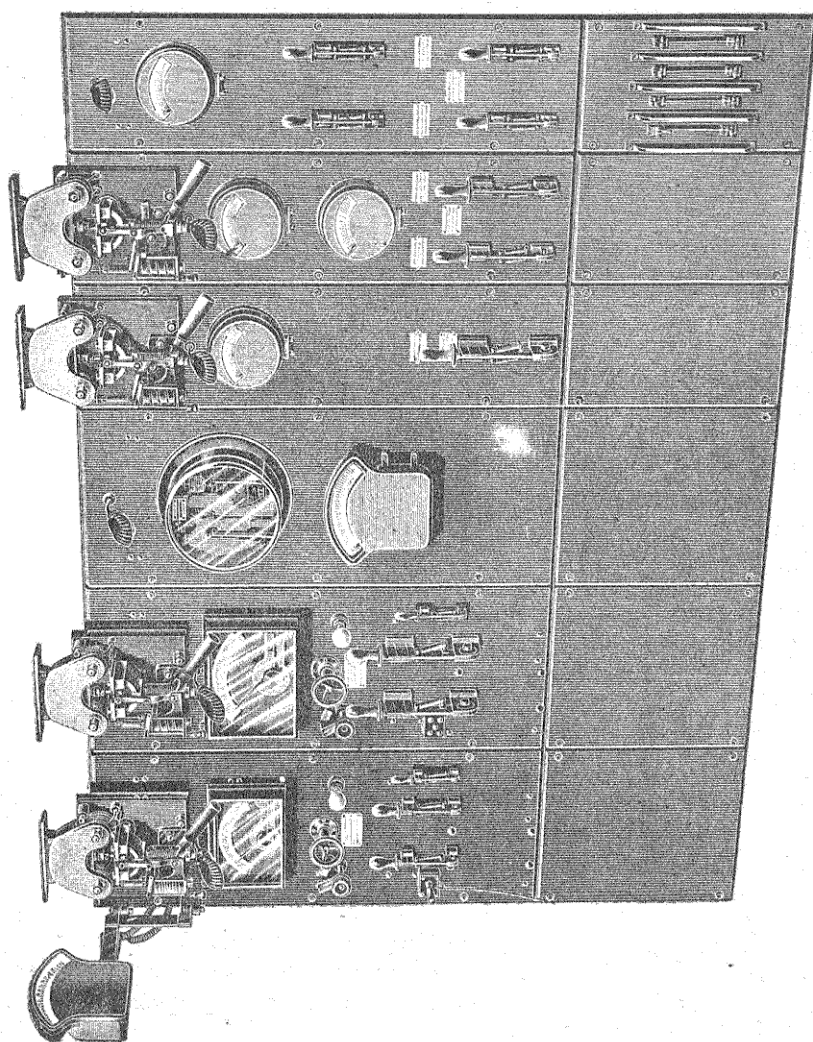


Fig. 428. — Vue antérieure d'un tableau de distribution de la Compagnie Thomson-Houston.

de ces bobines sont reliés entre eux par des plaques métalliques formant épanouissements polaires (visibles sur la figure).

Quand la palette est attirée par le solénoïde (situé à gauche de l'appareil) qui est traversé par le courant principal, elle lâche l'équipage articulé. Le pont quitte ses bornes avant que le bloc supérieur n'ait

ouvert le courant de la dérivation. Il en résulte qu'un arc serait soufflé par les bobines s'il se produisait entre les contacts fixes et le pont mobile.

Un ressort spécial règle le fonctionnement de cette palette. Il suffit

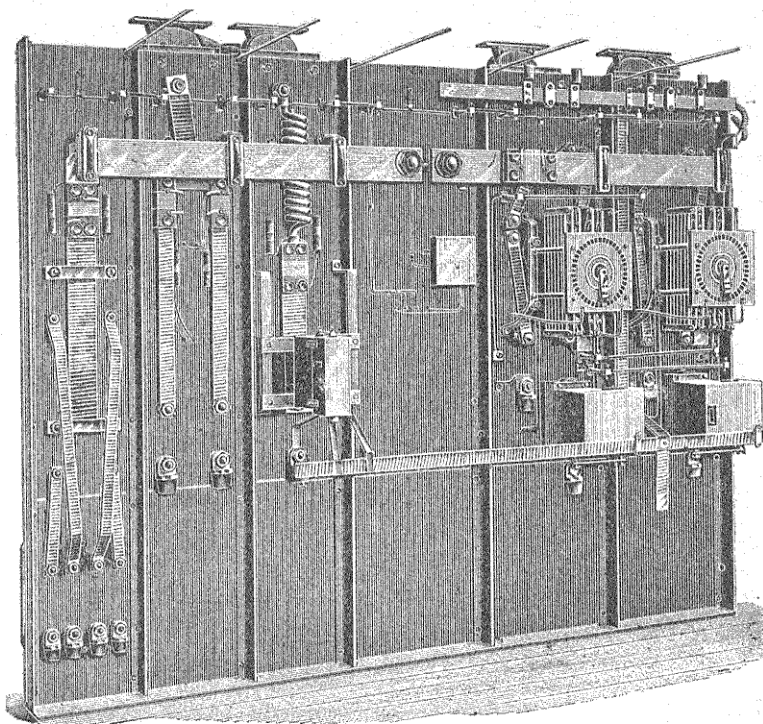


Fig. 129. — Vue postérieure du tableau précédent.

de tendre plus ou moins ce ressort pour obtenir le déclenchement du disjoncteur pour un nombre d'ampères voulu.

Une petite tige pendante terminée par un bouton, qui est visible sur la figure, devant le solénoïde, permet de remettre la palette en place.

La figure 127 représente un autre disjoncteur automatique présentant des dispositions analogues.

Les tableaux de distribution comportent également des coupe-circuits fusibles lorsque ces derniers ne sont pas montés sur les machines elles-mêmes.

En outre, les panneaux de feeders sont souvent munis de wattmètres enregistreurs ou de compteurs permettant de mesurer la consommation du courant sur chaque partie du réseau (fig. 132).

On dispose généralement sur chacun des panneaux de machine ou de feeder une lampe à incandescence qui permet de lire facilement les indications des divers instruments pendant la nuit. On prend même

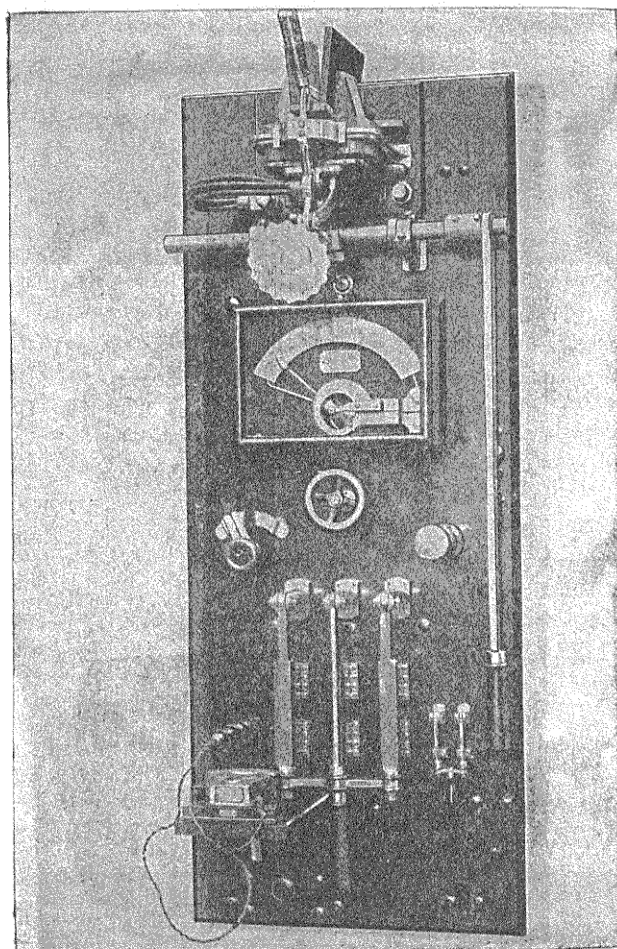


Fig. 130. — Panneau de machine (vue antérieure).

L'habitude de disposer un bouquet de lampes sur chaque machine, de manière à pouvoir les surveiller aussi facilement pendant la nuit que pendant le jour.

La figure 125 représente les vues antérieure et postérieure d'un panneau de machine de la Compagnie Thomson-Houston. La barre d'égalisation est remplacée par un câble réunissant les bornes correspon-

dantes des machines entre elles. Ce panneau porte également l'interrupteur d'éclairage de la station.

Lorsque la station centrale comporte une batterie d'accumulateurs,

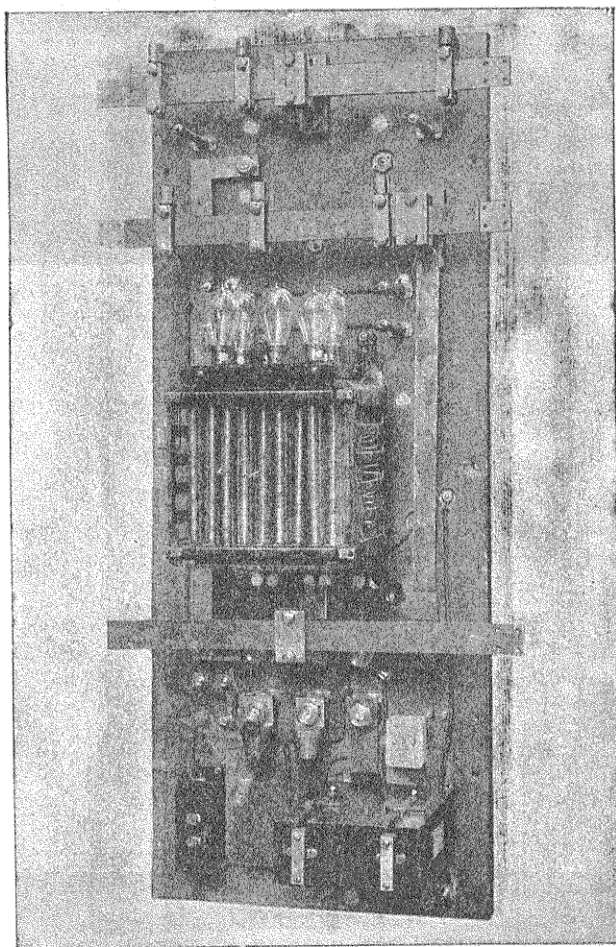


Fig. 131. — Panneau de machine (vue postérieure).

le tableau de distribution est plus compliqué. Il porte, en plus des appareils précédents, les différents réducteurs d'accumulateurs ainsi que les interrupteurs et les instruments de mesure propres à la batterie.

La figure 134 représente un tableau pour distribution à 3 fils. Chaque panneau de machine est remplacé par le tableau que l'on voit sur la

figure. Cette disposition entraîne, comme on le voit, une assez grande complication. Dans les stations centrales très importantes, qui existent

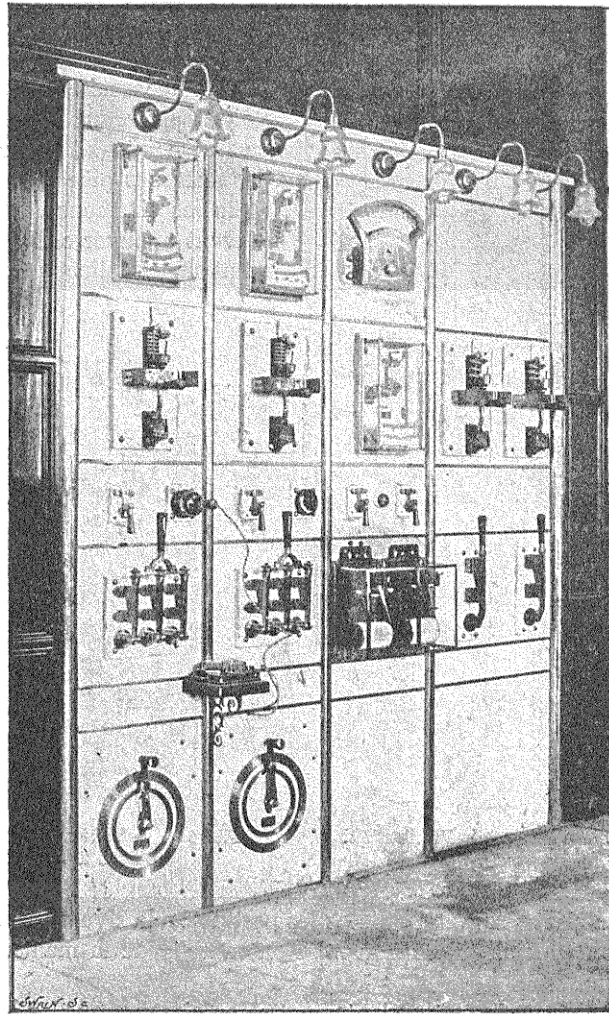


Fig. 132. — Tableaux de distribution munis de wattmètres enregistreurs.

actuellement en Amérique, les tableaux de distribution prennent quelquefois des proportions considérables. Les départs de feeders, en particulier, sont parfois très nombreux (fig. 135). On est même quelquefois conduit à disposer les tableaux sur plusieurs étages.

H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

10

§ 3. — MISE EN MARCHÉ D'UNE SEULE MACHINE

Avant de mettre en marche une machine, il faut s'assurer, en consultant les tubes de niveau, que les paliers renferment bien la quantité d'huile nécessaire. Les balais doivent porter sur le collecteur en des points situés en face des axes des pièces polaires. Enfin les charbons des balais doivent appuyer convenablement sur le collecteur.

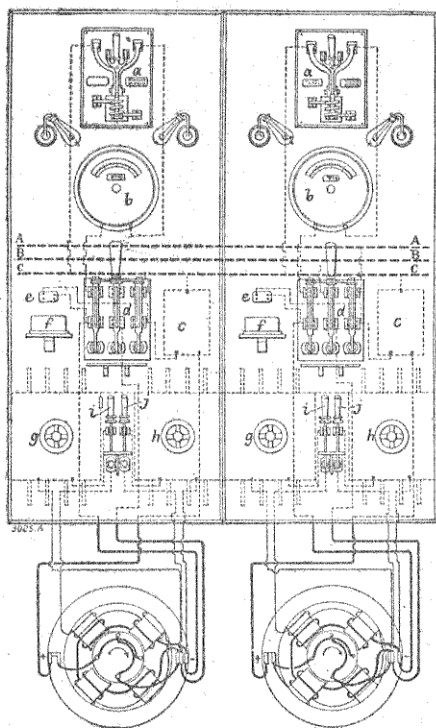


Fig. 133. — Tableau de distribution.

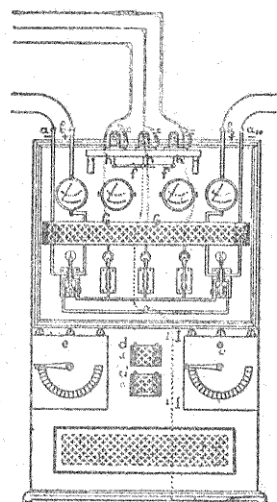


Fig. 134. — Tableau pour distribution à 3 fils.

Lorsqu'on s'est assuré que toutes les parties de la dynamo sont en bon état, on procède alors à la mise en marche de la manière suivante :

- 1° On fait tourner le moteur lentement et on s'assure que les bagues des paliers graisseurs de la dynamo tournent librement. On amène ensuite peu à peu la machine à sa vitesse normale ;
- 2° On élève graduellement le voltage jusqu'à la limite fixée en diminuant peu à peu les résistances du rhéostat d'excitation ;
- 3° On ferme le disjoncteur automatique, puis l'interrupteur reliant la machine aux barres du tableau ;

4° On décale les balais dans le sens de la rotation pour le maximum de voltage sans charge et on les fixe en ce point. Les balais resteront dans cette position invariable pour toutes les charges que la machine aura à supporter ;

5° On ferme ensuite les interrupteurs et les disjoncteurs des panneaux des feeders que l'on veut alimenter ;

6° On examine tous les joints et toutes les connexions afin de s'assu-

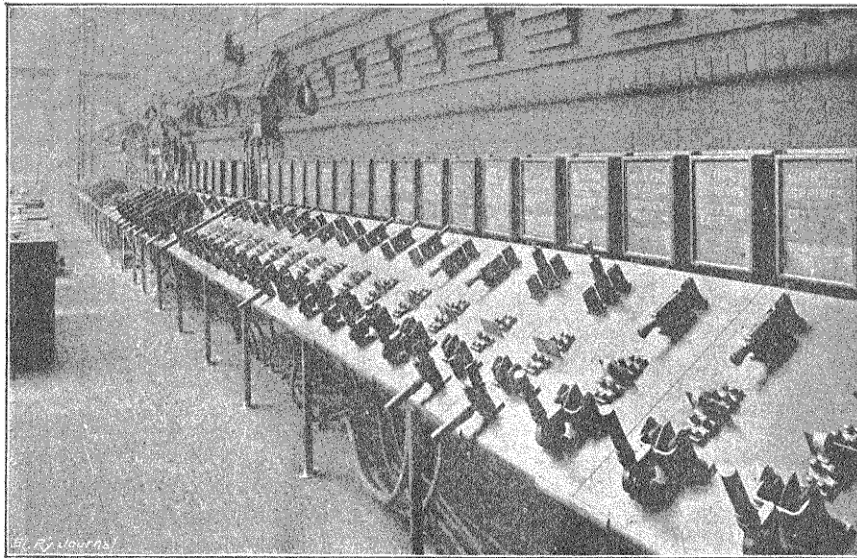


Fig. 133. — Tableau de distribution pour station centrale très importante (construction américaine).

rer qu'il n'y a pas d'échauffement. S'il en est ainsi c'est que le contact est mauvais ; il faut alors y remédier immédiatement.

Lorsque l'on veut arrêter la machine on procède d'une manière inverse :

1° On ouvre les disjoncteurs des feeders ;

2° On ouvre le disjoncteur et l'interrupteur de la machine ;

3° On met en circuit toutes les résistances du rhéostat de champ ;

4° On arrête la machine.

On enlève ensuite toutes les projections d'huile et de poussière afin que tout soit disposé pour une nouvelle mise en marche.

Mise en parallèle de deux machines. — La mise en parallèle de deux ou plusieurs machines est un peu plus délicate. Elle est cependant facilitée par l'emploi du fil d'équilibre.

Supposons que l'on ait deux machines A et B que l'on désire mettre

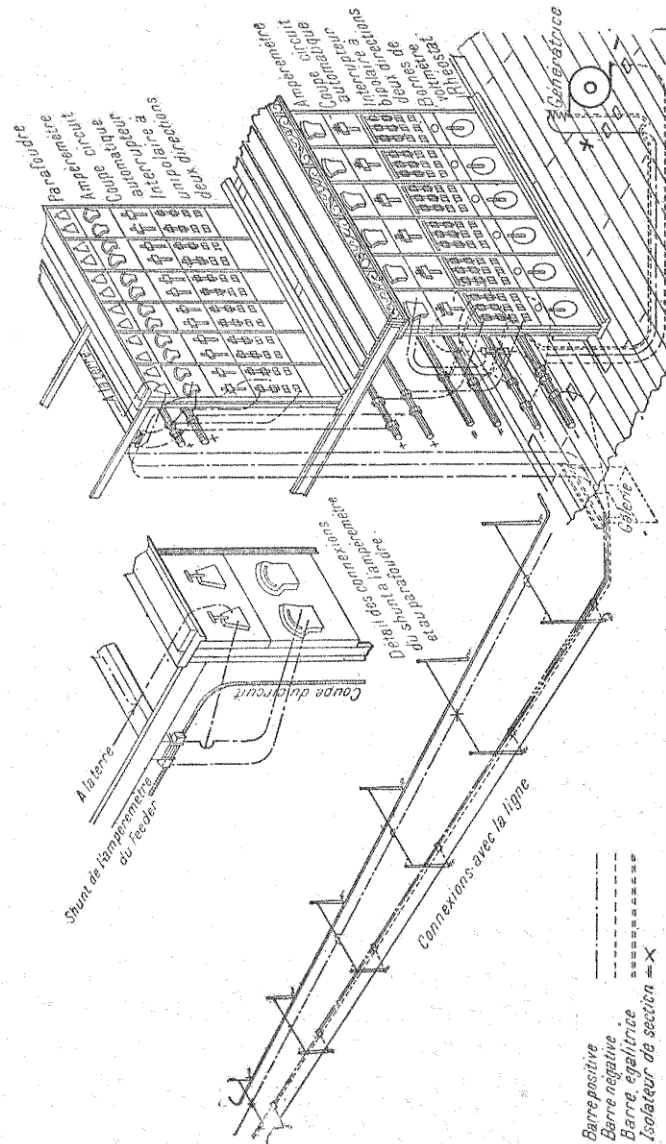


Fig. 135 bis. — Tableau de distribution à deux étages.

en parallèle. La machine A ayant été mise en marche comme il a été dit plus haut, fournit du courant à la ligne. Lorsqu'on veut lui adjoindre la machine B on procède de la manière suivante :

- 1° On donne à B toute sa vitesse ;
- 2° On règle le voltage de B de manière à ce qu'il se rapproche le plus possible de celui de A ;
- 3° On ferme l'interrupteur tripolaire sur B ;
- 4° Il faut s'assurer en consultant les ampèremètres des deux machines que les débits sont rigoureusement proportionnels aux charges maxima pour chaque dynamo.

Si par exemple la machine A fournit plus que sa part on augmente la résistance de son rhéostat d'excitation ou bien on diminue celle du rhéostat de B. Si la machine B débite trop de courant on exécute la manœuvre inverse.

Si l'on veut mettre en circuit d'autres machines, on opère de la même manière.

On peut également régler, dans une certaine mesure, le débit des dynamos groupées en parallèle, en modifiant la position des balais.

On peut restreindre le débit d'une machine en décalant ses balais dans le sens de la rotation. On augmente, au contraire, ce débit en décalant les balais en sens inverse. Toutefois, il faut éviter avec soin que ce décalage ne cause des étincelles.

Il faut bien se garder de mettre une machine en circuit avant que son voltage ne soit le même que celui de la dynamo qui est déjà en service. Si l'on négligeait cette précaution, la nouvelle génératrice ne pouvant fournir son débit fonctionnerait comme moteur en absorbant le débit de la première.

Si cet accident se produisait il faudrait supprimer immédiatement la résistance du circuit d'excitation en manœuvrant le rhéostat de champ de la machine mise en circuit après coup.

Le même phénomène se produit lorsque la courroie de l'une des machines vient à tomber. Cette dernière machine continue à tourner étant conduite par l'autre.

Supposons maintenant que l'on veuille arrêter l'une des génératrices travaillant en parallèle. On opère de la manière suivante :

- 1° On diminue, au point de le rendre très faible, le débit de la machine que l'on désire mettre hors circuit, en augmentant la résistance du rhéostat de champ ;
- 2° On ouvre ensuite le disjoncteur, puis l'interrupteur tripolaire ;
- 3° On arrête la machine.

Il est excessivement important que le circuit shunt d'une génératrice ne soit ni ouvert ni coupé quand elle travaille en parallèle avec une autre machine. On s'exposerait, en effet, à griller les bobines série de l'une ou des deux machines, à moins que le fonctionnement des disjoncteurs ou la fusion des plombs ne viennent les mettre instantanément hors circuit.

Lorsque l'on désire élever ou abaisser le voltage de la ligne il faut agir sur toutes les machines produisant le courant.

§ 4. — ENTRETIEN DES DYNAMOS A COURANT CONTINU

Collecteur. — Le collecteur d'une machine doit être maintenu en parfait état et sa surface doit être complètement unie. Dans le cas où l'on viendrait à remarquer des rugosités sur la surface du collecteur il faudrait le polir avec du papier de verre très fin. On maintient ce papier sur le collecteur, dans l'intervalle de deux pièces polaires, tandis qu'il tourne lentement. On recommande, en particulier, de ne jamais faire usage de toile émeri.

La plupart du temps il suffit d'essuyer le collecteur avec un morceau de chiffon.

Le collecteur doit être maintenu légèrement gras ; dans ce but, on l'essuie de temps en temps avec un chiffon gras. Les déchets de coton ne doivent jamais être employés pour cet usage.

Il faut s'assurer de temps en temps, qu'aucune pièce du collecteur n'a du jeu.

Il arrive quelquefois que le collecteur ne tourne pas *rond*. Il devient alors indispensable de le tourner soit en laissant l'induit sur ses coussinets et en se servant d'un chariot de tour spécial, soit en le portant sur le tour.

Les *méplats* qui se produisent parfois sur le collecteur peuvent être dus à des causes diverses parmi lesquelles nous citerons l'usure excessive, le jeu latéral très prononcé, l'insuffisance du serrage des lames ou la mauvaise exécution du joint de la courroie.

Un méplat peut être également dû à un fort court circuit dans la ligne qui donne lieu à une violente étincelle.

Un collecteur fortement usé qui, après un long service, s'échauffe, bien que la machine fonctionne dans des conditions normales de marche, doit être remplacé immédiatement. Cet échauffement indique, en effet, que le collecteur a fourni tout le service dont il est capable.

Balais. — Les balais, de même que les bornes et toutes les pièces servant à établir des contacts, doivent être nettoyés avec soin chaque jour.

Les balais en cuivre sont fort peu employés aujourd'hui dans les machines dont on fait usage pour la traction électrique. On ne s'en sert plus guère que pour les machines à grand débit employées en électrolyse.

Les balais métalliques doivent être retaillés chaque jour afin d'éviter la production des étincelles.

Les balais en charbon sont plus faciles à entretenir. Ils doivent épouser exactement la courbure du collecteur. Pour arriver à ce résultat avec des balais neufs on passe une toile émeri n° 3 sous les charbons, l'émeri en dehors, et on lui donne un mouvement de va-et-vient sur le collecteur.

La partie cuivrée des charbons qui sert à établir le contact avec les porte-balais, ne doit jamais venir en contact avec le collecteur.

Induit. — Chaque jour, il est absolument indispensable d'enlever la poussière qui se trouve sur l'induit ainsi que la limaille de cuivre ou le charbon pulvérulent pouvant provenir des balais.

Dans les petites installations, on enlève ces poussières au moyen d'un soufflet. Lorsque l'usine est plus importante on installe souvent une canalisation d'air comprimé qui permet d'effectuer le nettoyage d'une manière très commode au moyen d'un tube de caoutchouc.

On doit, d'ailleurs, employer un tube de caoutchouc même lorsque l'on fait usage du soufflet, afin de ne pas s'exposer à abîmer les enroulements.

Il faut éviter, avec soin, les projections d'huile sur les enroulements. Dans le cas où elles viennent à se produire, il faut les enlever avec un chiffon au premier arrêt de la machine. Il ne faut jamais faire usage d'un chiffon de laine ou d'un chiffon pelucheux.

Il peut arriver que le vernis isolant, qui recouvre les enroulements, soit enlevé sur certaines places. Il faut, alors, passer une couche de vernis à la gomme laque sur les parties détériorées. On fabrique facilement ce vernis en dissolvant 500 grammes de gomme laque dans un litre d'alcool à 90°. On trouve également dans le commerce des produits tout prêts à être employés et remplissant le même but.

Lorsqu'une connexion d'une section de l'induit avec la lame correspondante du collecteur est détruite il faut refaire la soudure en se servant de résine.

Inducteurs. — Ce qui vient d'être dit pour l'induit peut être répété pour les inducteurs. Il faut de plus s'assurer de temps en temps que les connexions des bobines entre elles sont en bon état.

Graisseurs. — Nous avons indiqué à propos de la mise en marche des machines les précautions qu'il convenait de prendre pour obtenir un bon graissage. Il est nécessaire de laver de temps en temps au pétrole l'ensemble du dispositif de graissage ainsi que les coussinets et les portées.

Courroies. — Il est indispensable d'essuyer les courroies plusieurs

fois par jour avec un chiffon sec si l'on ne veut pas que les poussières, en s'incrétant dans le cuir, n'entraînent leur destruction rapide.

Dans le cas où la courroie viendrait à glisser sur la poulie malgré une tension normale, on peut enduire sa face intérieure avec de la résine ou de la cire d'abeilles.

§ 5. — DÉRANGEMENTS QUI PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES DYNAMOS A COURANT CONTINU

Les machines à courant continu sont sujettes à de nombreuses causes de dérangement. Toutefois les incidents qui se produisent le plus souvent sont la production de fortes étincelles aux balais, la non-excitation de la machine et l'échauffement anormal de l'induit, des inducteurs et des paliers.

a. Production d'étincelles aux balais. — La production d'étincelles aux balais est presque toujours due aux causes suivantes :

- 1° Les balais ne sont pas placés au point exact de la commutation. On peut toujours arriver à trouver une position où les étincelles sont inappréciables. On fixe alors les balais en ce point ;
- 2° Les balais en charbon sont coincés dans leurs coulisses ;
- 3° Les balais n'épousent pas la forme arrondie du collecteur ;
- 4° Les balais n'appuient pas suffisamment sur le collecteur ;
- 5° Le collecteur est rugueux. Il faut alors le polir de manière à ce qu'il tourne bien rond, tout en étant parfaitement uni ;
- 6° Une lame de collecteur a un peu de jeu et dépasse les autres ;
- 7° Le collecteur est sale, gras ou usé ;
- 8° La machine est surchargée.

Les étincelles peuvent encore être causées par la rupture du circuit de l'induit ; elles semblent alors faire le tour du collecteur. On peut facilement constater le fait car, dans ce cas, le collecteur présente des parties rongées au point où le circuit s'est ouvert.

b. La machine ne s'excite pas. — Les causes principales de la non-excitation sont les suivantes :

- 1° Une machine génératrice peut ne pas s'amorcer lorsque le magnétisme rémanent des pièces polaires est trop faible. On s'en aperçoit immédiatement en approchant un morceau de fer des pièces polaires. Il est alors peu ou point attiré ;
- 2° Les différentes connexions de la machine sont insuffisamment serrées ;

- 3° Il y a interruption dans le circuit de champ ;
- 4° Le contact des charbons sur le collecteur est défectueux par suite du mauvais état de propreté de ce dernier ;
- 5° L'isolement des bobines inductrices est défectueux, ou bien il y a un court-circuit dans ces dernières ;
- 6° L'induit est à la masse ou bien il y a court-circuit dans les sections ou dans le collecteur. Il peut également se produire une interruption dans le circuit de l'induit ;
- 7° Il y a interruption dans le circuit extérieur.

Les défauts peuvent également provenir du rhéostat du champ qu'il faut examiner avec soin, ainsi que toutes les parties de la dynamo.

Lorsque le défaut n'a été trouvé ni dans le rhéostat, ni dans les inducteurs, il faut examiner avec soin l'induit. Si ce dernier est en bon état, il faut essayer d'amorcer la dynamo avec le courant provenant d'une autre machine ou d'une batterie d'accumulateurs.

Appelons A la machine qui ne s'excite pas et B celle dont on va emprunter le courant ; on opère de la manière suivante :

On ouvre tous les interrupteurs et on enlève les charbons des porte-balais de A. On connecte les porte-balais positifs de A avec les porte-balais correspondants de B. On connecte, de même, les porte-balais négatifs des deux machines en interposant un coupe-circuit fusible d'environ 5 ampères, dans le circuit et on fait passer le courant.

Le champ de A s'excitera fortement si son enroulement shunt est bon. Avant de couper les connexions, il faut, autant que possible, réduire le voltage de B. Si la chose est impossible on se servira du rhéostat de A pour intercaler sur cette dernière machine toutes les résistances. On coupera ensuite la connexion graduellement en prolongeant l'arc produit jusqu'à ce qu'il se coupe.

Lorsqu'il n'est pas possible d'emprunter du courant à une autre génératrice on peut avoir recours à une batterie d'accumulateurs ou même à une batterie de piles. On connecte alors le pôle positif de la batterie au porte-balais positif de la dynamo. Les pôles négatifs sont réunis de la même façon.

Il peut arriver que l'on n'ait ni dynamo, ni batterie à sa disposition. Lorsque la machine comporte un enroulement inducteur en série, ce qui est précisément le cas des machines compound que l'on emploie pour la traction, il est possible de l'amorcer par ses propres moyens.

Il suffit de mettre la machine en court-circuit en réunissant les fils provenant des deux bornes aux deux extrémités d'un coupe-circuit fusible de 15 à 20 ampères ; on met ensuite la machine en marche. La dynamo s'amorce alors rapidement à moins qu'il n'y ait un défaut dans

l'armature. On est averti de l'amorçage de la machine par la fusion du coupe-circuit.

Si le coupe-circuit a fondu, on essaye ensuite de produire l'auto-excitation. Si celle-ci ne se produit pas, c'est qu'il y a un défaut dans l'enroulement shunt ou dans la connexion.

Lorsqu'une machine neuve ne peut pas s'exciter bien que toutes les connexions soient régulièrement faites, il faut essayer d'inverser celles-ci, c'est-à-dire connecter aux balais négatifs le fil qui était connecté aux balais positifs et vice versa. Si l'on n'obtient de la sorte aucun résultat, il faut alors procéder méthodiquement comme il a été indiqué plus haut.

c. Certaines parties de la machine s'échauffent d'une manière anormale. — Dans une machine dynamo les parties qui peuvent s'échauffer d'une manière anormale sont les paliers, l'induit et les inducteurs.

L'échauffement des *paliers* est généralement dû aux causes suivantes :

- 1° Tension exagérée de la courroie ;
- 2° Bague de graissage ne tournant pas sur l'arbre ;
- 3° Portée rugueuse ;
- 4° Arbre faussé ou mal tourné ;
- 5° Niveau d'huile trop bas ;
- 6° Huile de qualité inférieure ;
- 7° Pression latérale due à un défaut de nivellement ;
- 8° Poussières et corps étrangers dans les coussinets ;
- 9° Induit trop rapproché de l'une des pièces polaires.

L'induit et les inducteurs ne doivent jamais s'échauffer à des températures dépassant 60 à 70 degrés.

L'échauffement exagéré de l'*induit* se produit le plus souvent lorsque la dynamo est surchargée. On est, d'ailleurs, averti de ce fait par la production des étincelles aux balais.

L'échauffement de l'induit se produit également lorsque les enroulements sont humides et, par suite, mal isolés de la masse. Cet échauffement ne se produit généralement pas immédiatement après la mise en marche, mais quelques heures après. Ce phénomène est dû à la production de vapeur d'eau causée par l'augmentation de température des enroulements.

Il est indispensable de sécher un tel induit ; en négligeant cette précaution, on s'exposerait à le brûler.

On peut sécher un induit en le laissant pendant un temps assez long dans une pièce chauffée à une température régulière. On procède plus rapidement en faisant traverser l'induit par un courant d'intensité

à peu près constante ne dépassant pas celle que doit fournir normalement la dynamo. Les sections s'échauffent alors sous l'action du courant et il en résulte l'élimination graduelle de l'eau des isolants.

L'échauffement de l'induit se produit également quand il y a court-circuit dans les enroulements.

L'échauffement de la masse de l'induit sous l'action des courants de Foucault ne se produit que dans les machines mal construites.

Les *inducteurs* s'échauffent parfois d'une manière exagérée quand le courant d'excitation est trop intense. Le même phénomène se produit également lorsqu'il y a un court-circuit dans les bobines ou bien lorsque ces dernières sont humides.

d. Causes diverses de dérangement. — Il peut arriver que l'induit soit mal centré et viennent au contact de certaines pièces polaires. Il se produit alors des chocs pendant la marche de la machine. Ce cas peut se présenter également lorsque les coussinets sont usés d'une manière exagérée.

Lorsque la rotation de l'induit est accompagnée de trépidations, il y a beaucoup de chances pour que ce dernier soit mal équilibré. Ces trépidations sont très nuisibles, car elles fatiguent les sections de l'induit et entraînent tôt ou tard la désorganisation des isolants. Elles peuvent, même, causer de fortes étincelles au collecteur par suite des vibrations qu'elles impriment aux balais.

Pour reconnaître les défauts d'équilibrage de l'induit, il faut le retirer de la machine et placer les extrémités de l'arbre sur deux poutres bien horizontales. En faisant rouler les extrémités de l'arbre sur ces poutres, l'induit doit pouvoir rester en équilibre quelle que soit sa position. On arrive à ce résultat en enlevant du métal dans les parties de la masse dont le poids est prédominant ou bien en lestant avec du plomb les parties les plus légères.

Lorsque la vitesse angulaire d'une dynamo s'abaisse d'une manière anormale sans que le fait provienne du moteur qui l'actionne, on peut être à peu près certain que la machine est surchargée ou qu'il y a court-circuit dans l'induit. Le ralentissement peut, cependant, être dû à des causes mécaniques telle que l'augmentation du frottement dans les coussinets par suite d'un serrage exagéré de ces derniers ou la présence de corps étrangers dans les paliers. Le frottement de l'induit contre les pièces polaires peut également produire un ralentissement de l'induit¹.

¹ Voir sur ce sujet : Silvanus Thompson. *Les Machines dynamo-électriques*, 1900. Béranger, éditeur. — Montpellier. *Les Dynamos*, 1897. Vicq-Dunod, éditeur.

MACHINES A COURANTS ALTERNATIFS

Les machines à courants alternatifs s'emploient de plus en plus en traction électrique. Dans les très grandes installations de tramways ou de chemins de fer qui ont été faites pendant ces derniers temps, les stations centrales produisent, en général, des courants triphasés à haute tension.

Des sous-stations, convenablement réparties sur le réseau, transforment ces courants alternatifs en courant continu à 500-550 volts.

§ 1. — MISE EN PARALLÈLE DES ALTERNATEURS

La mise en parallèle des alternateurs est assez délicate, car la communication entre les machines ne doit être établie qu'au moment où elles sont en concordance de phase. Lorsque la mise en circuit a été bien faite, les machines se maintiennent réciproquement en concordance de phase. Lorsque l'une des machines a une tendance à modifier son allure, elle en est empêchée par ses voisines par suite des réactions électriques qui se produisent.

La mise en marche des alternateurs s'opère de la même manière que pour les machines à courant continu. On fait tourner l'alternateur à vide ; on règle ensuite l'excitation produite par une petite machine à courant continu indépendante ou calée sur le même arbre que l'alternateur.

Lorsque le voltage normal de la machine est obtenu, on ferme les interrupteurs de mise en circuit.

Pour coupler un second alternateur, on doit commencer par l'amener à la tension de la première machine, tout en conservant la même vitesse angulaire afin que le nombre de périodes soit le même. On reconnaît que le synchronisme est atteint en faisant usage d'un *indicateur de phase* constitué la plupart du temps par des lampes convenablement montées sur des dérivations établies sur les machines.

On peut réaliser un indicateur de phase des plus simples en établissant des ponts entre les pôles de même nom des machines. Sur ces ponts on intercale des lampes en série. Lorsqu'il y a concordance de phase des alternateurs, les lampes restent éteintes, parce qu'aucun courant ne circule plus dans les dérivations. Au contraire, lorsqu'il y a décalage ou différence de phase, elles s'allument aussitôt.

On ne peut, bien entendu, employer ce dispositif que pour les alternateurs à basse tension. Lorsqu'il s'agit de courants à haute tension,

les lampes au lieu d'être montées directement sur les pôles des machines doivent être disposées sur le circuit secondaire d'un petit transformateur réducteur. Le circuit primaire de ce transformateur est connecté aux bornes de même nom des alternateurs. Il faut, bien entendu, un transformateur sur chaque dérivation ¹.

On peut également utiliser un transformateur unique pourvu de deux enroulements primaires correspondant à chaque machine et disposés sur un même noyau en fil de fer. Les deux enroulements primaires sont identiques. L'enroulement secondaire est relié à une lampe de 110 volts. Cette lampe s'allume quand il y a concordance de phases et s'éteint, au contraire, quand il y a discordance. Il faut alors saisir le moment où la lampe s'allume pour mettre en circuit le nouvel alternateur.

§ 2. — DÉRANGEMENTS QUI PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES ALTERNATEURS

La plupart des dérangements qui peuvent se produire dans les alternateurs sont dus aux mêmes causes que ceux que nous avons examinés à propos des machines à courant continu.

Toutefois, lorsque l'alternateur ne débite pas de courant, il ne faut en chercher la cause que dans une interruption de circuit, puisque l'excitation est produite par une source indépendante.

Les causes d'échauffement et de trépidations sont les mêmes que pour les dynamos à courant continu. Les trépidations peuvent, de plus, être produites lorsqu'un alternateur est en discordance de phase avec les autres machines.

Il peut arriver également que l'on ne puisse maintenir à sa valeur normale le voltage du courant débité par l'alternateur. On remédie à ce défaut en augmentant l'excitation, à moins que le circuit de champ ne soit endommagé.

Le même fait peut se produire lorsque la machine à vapeur se prête mal aux variations de puissance qu'on lui demande. Il peut en résulter un ralentissement à un certain moment et il n'en faut pas plus pour faire tomber le voltage. C'est le fait qui se produit également lorsque le décalage entre l'intensité et la force électromotrice est très grand.

Lorsqu'il s'agit d'alternateurs polyphasés, les dérangements ne se produisent en général que sur un seul circuit. Ces circuits peuvent cependant ne pas avoir la même tension par suite de charges inégales, de décalages ou de courts-circuits sur l'un d'eux.

¹ Voir sur ce sujet : J. Montpellier. *Les Dynamos*, Vicq-Dunod, édit.

CHAPITRE VIII

EMPLÓI DES ACCUMULATEURS DANS LES STATIONS CENTRALES

§ 1. — BATTERIES-TAMPON

Nous avons vu précédemment qu'il était souvent avantageux d'installer dans les stations centrales des batteries d'accumulateurs ayant pour but de régulariser la charge des dynamos génératrices.

Ces batteries régulatrices sont généralement appelées *batteries-tampon*. Elles absorbent l'excédent du courant produit par les machines

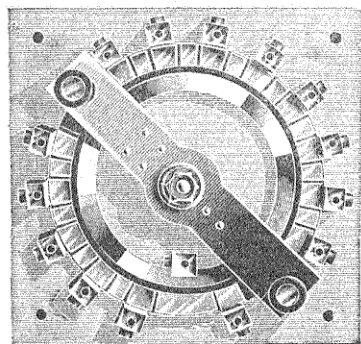


Fig. 136. — Réducteur d'accumulateurs.

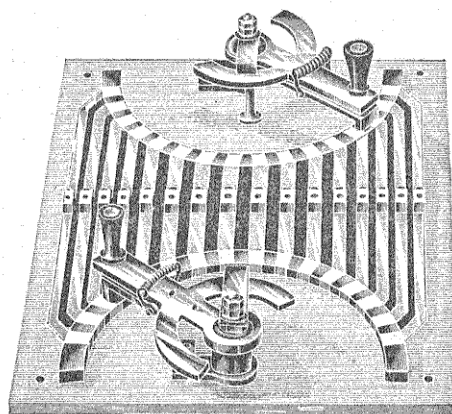


Fig. 137. — Réducteur de charge et de décharge.

lorsque la ligne est déchargée. Lorsque cette dernière est, au contraire, surchargée, elles restituent alors peu à peu l'énergie qu'elles ont absorbée précédemment.

Il résulte de l'adoption de ces batteries-tampon une économie très sensible de combustible, par suite de la régularité de la charge des dynamos. De plus, ces dernières étant soustraites aux à-coups et aux surcharges exagérées, sont placées dans de meilleures conditions de conservation.

La batterie-tampon joue donc le rôle d'un véritable volant. Elle corrige les inégalités de charge, pour ainsi dire instantanées, auxquelles sont soumises les dynamos. Lorsque ces variations sont peu prolongées, la batterie n'a pas besoin d'avoir une grande capacité.

Les batteries-tampon se montent généralement en dérivation sur les barres du tableau de la station centrale. Il est indispensable, cepen-

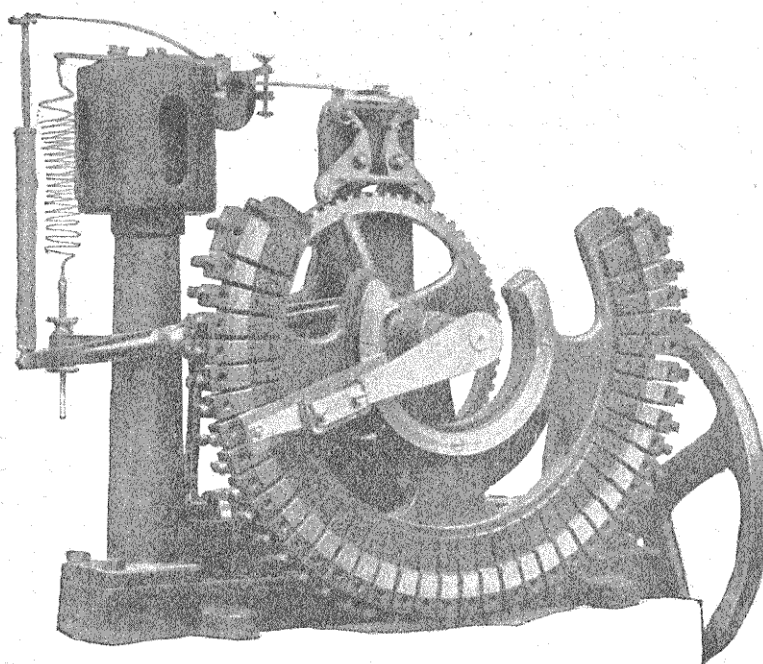


Fig. 138. — Réducteur automatique système Thury.

dant, d'interposer sur le circuit des accumulateurs un rhéostat permettant de compenser les variations de voltage de la batterie.

On sait, en effet, que la force électromotrice de chaque élément dépend de son état de charge.

Lorsque le rhéostat n'est pas suffisant pour compenser les variations de voltage, il y a lieu de faire usage d'un *réducteur d'accumulateurs* qui permette de mettre en circuit un nombre plus ou moins grand d'éléments et, par suite, d'utiliser la force électromotrice totale de la batterie (fig. 136 et 137). Ce mode de régulation par réducteur est celui qui est employé la plupart du temps dans les stations centrales.

On fait parfois usage de réducteurs automatiques qui font varier le nombre d'éléments en service, sans qu'il soit nécessaire d'intervenir. Nous citerons parmi ces appareils le réducteur automatique Thury

(fig. 138), qui n'est autre chose, en somme, qu'un servo-moteur permettant le déplacement d'un contact mobile sur une série de touches fixes correspondant aux différentes séries d'éléments d'accumulateurs.

Cet appareil fonctionne au moyen d'un double encliquetage pouvant entrer en prise avec une roue dentée. L'action de l'un ou de l'autre cliquet est réglée par un solénoïde.

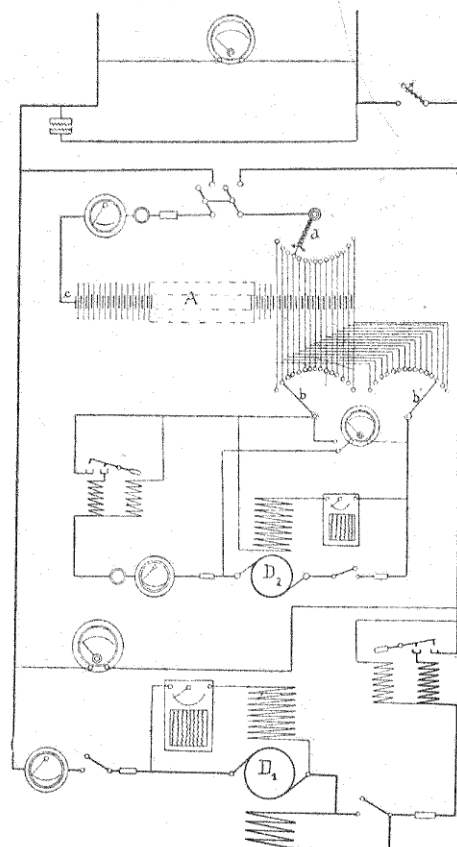


Fig. 139. — Schéma de l'installation de la station centrale de Zürich-Oerlikon.

A la station centrale des tramways de Zürich, dont les moteurs fonctionnent au moyen du gaz pauvre, on a eu recours à une autre disposition, en raison des grandes irrégularités provenant de la ligne et des moteurs eux-mêmes (fig. 139). La batterie-tampon est alimentée par une petite génératrice auxiliaire. Un réducteur automatique double permet de faire varier, d'une part, le nombre des éléments en charge et, d'autre part, le nombre des éléments en décharge.

M. Pirani, ingénieur en chef du service électrique de la Société alsacienne, a imaginé un autre mode de régulation dont il a fait

l'application, avec succès, à la station centrale des tramways de Fontainebleau.

M. Maréchal a décrit ce procédé de la manière suivante dans son ouvrage sur les tramways électriques (fig. 140):

Sur le circuit des accumulateurs CD est intercalée une dynamo F dont les inducteurs portent deux enroulements d'effet opposé.

L'un, EF, est pris en dérivation sur les accumulateurs ; l'autre, GH, est traversé par la totalité du courant envoyé dans la ligne. Ces deux enroulements sont combinés de telle façon que, lorsque ces machines

travaillent à pleine charge, la force électromotrice de la dynamo auxiliaire F, ajoutée à la tension de distribution, fasse équilibre à la force électromotrice des accumulateurs.

Donc, à ce moment, la batterie ne débite ni ne reçoit aucun courant.

Si un certain travail devient disponible, le courant diminue dans GH. L'enroulement EF prédomine et la dynamo auxiliaire ajoute sa force

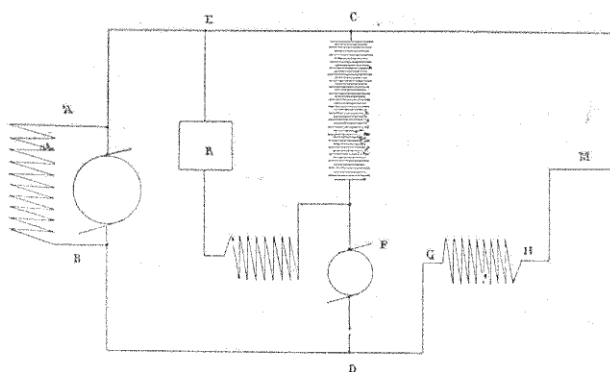


Fig. 140. — Schéma de l'installation de la station centrale de Fontainebleau (système Pirani).

électromotrice à celle des dynamos de l'usine pour charger les accumulateurs.

Inversement, si la demande de courant dépasse le débit des machines, l'enroulement GH change le sens de la force électromotrice de la dynamo auxiliaire et la fait contribuer, ainsi que la batterie, à charger le réseau. Le rhéostat R sert une fois pour toutes pour le réglage.

§ 2. — PROPRIÉTÉS DES ACCUMULATEURS

La différence de potentiel aux bornes d'un élément d'accumulateur est de 1,8 volt avant la charge. Cette différence s'élève à 2,3 et même 2,5 volts après la charge.

En marche normale, un élément débite donc un courant dont la tension doit être de 1,9 à 2 volts.

Le débit d'un élément est variable suivant sa construction. Il est prudent de ne pas leur faire débiter plus de 1 ampère par kilogramme de plaque. Il existe pourtant des accumulateurs qui débitent normalement de 1 à 2 ampères. Il y a même des accumulateurs à décharge rapide qui peuvent débiter de 3 à 5 ampères par kilogramme de plaque.

Les accumulateurs sans oxydes rapportés, formés naturellement d'après la méthode Planté, ont une capacité moyenne de 40 ampères-heure par kilogramme de plaque.

La capacité des accumulateurs à oxydes rapportés est beaucoup plus grande. Elle peut s'élever jusqu'à 20 et même 25 ampères par kilogramme de plaque.

Le rendement en quantité des accumulateurs du genre Planté est d'environ 85 p. 100. Le rendement en énergie peut être évalué à 75 p. 100.

Nous rappellerons seulement que la formation des accumulateurs, d'après la méthode Planté, s'obtient simplement en soumettant les éléments à un grand nombre de charges et de décharges successives. Les anodes et les cathodes sont constituées par de simples feuilles de plomb.

Dans cette catégorie on peut citer les accumulateurs Blot.

Les accumulateurs Tudor comportent des plaques de plomb pur munies de rainures. Ces plaques sont d'abord soumises pendant six à huit semaines à la formation Planté, puis les rainures sont remplies de minium ou de litharge selon qu'il s'agit d'une plaque positive ou négative.

Les plaques sont ensuite laminées de manière à réduire les ouvertures des rainures. Cette pâte tombe peu à peu, mais, par contre, la formation du plomb de la plaque devient de plus en plus complète. Au bout d'un an, l'élément se trouve dans les mêmes conditions qu'un accumulateur formé en employant la méthode Planté.

§ 3. — INSTALLATION D'UNE BATTERIE

On recommande toujours d'installer les batteries dans une salle bien sèche afin d'éviter, autant que possible, le dépôt d'humidité sur les bacs, les isolateurs et les chantiers en bois, ce qui nuit toujours à l'isolement.

La salle des accumulateurs ne doit avoir aucune communication directe avec la salle des machines, afin d'éviter la diffusion des vapeurs acides dans cette dernière.

La ventilation de la salle des accumulateurs doit être convenablement assurée. Le dégagement d'hydrogène qui se produit pendant la charge peut, en effet, donner naissance à des mélanges détonants.

Dans le but d'éviter l'action destructive des vapeurs acides, il est bon de recouvrir de peinture et de plusieurs couches de vernis toutes les boiseries et toutes les ferrures.

Le sol de la salle des accumulateurs doit être constitué, de préfé-

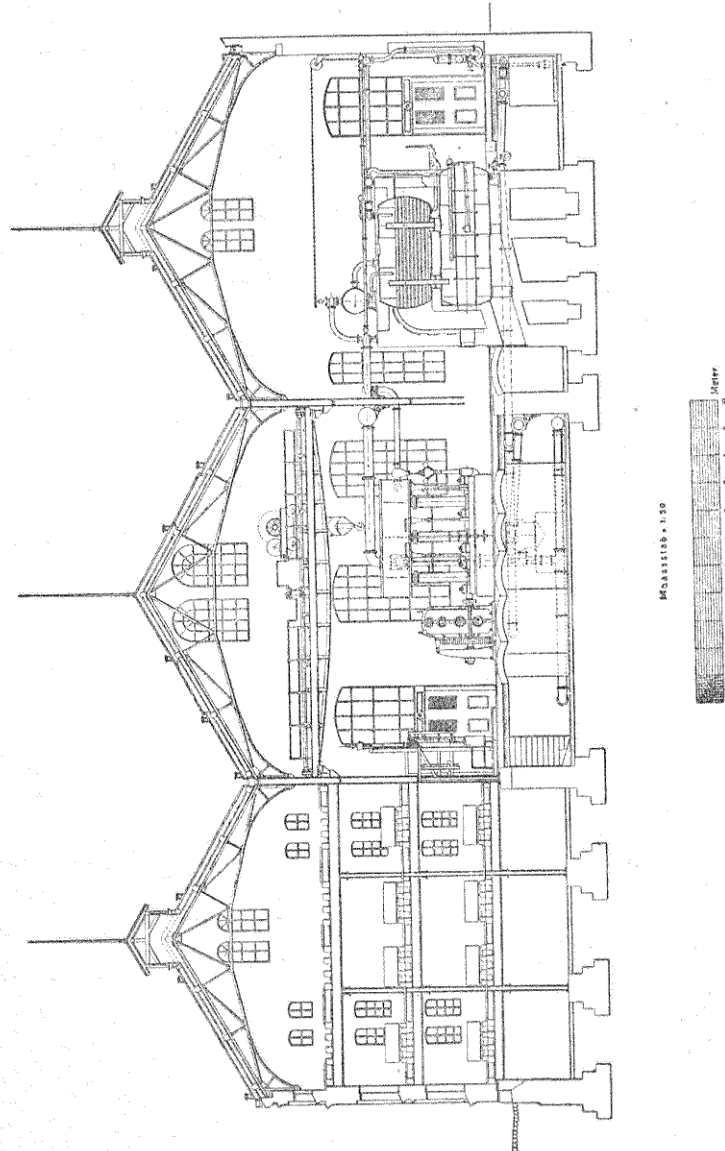


Fig. 141. — Installation d'une batterie d'accumulateurs dans une station centrale importante.

rence, par de l'asphalte. On peut également employer la brique, mais le ciment doit être proscrit car il est attaqué par les acides. Il est égale-

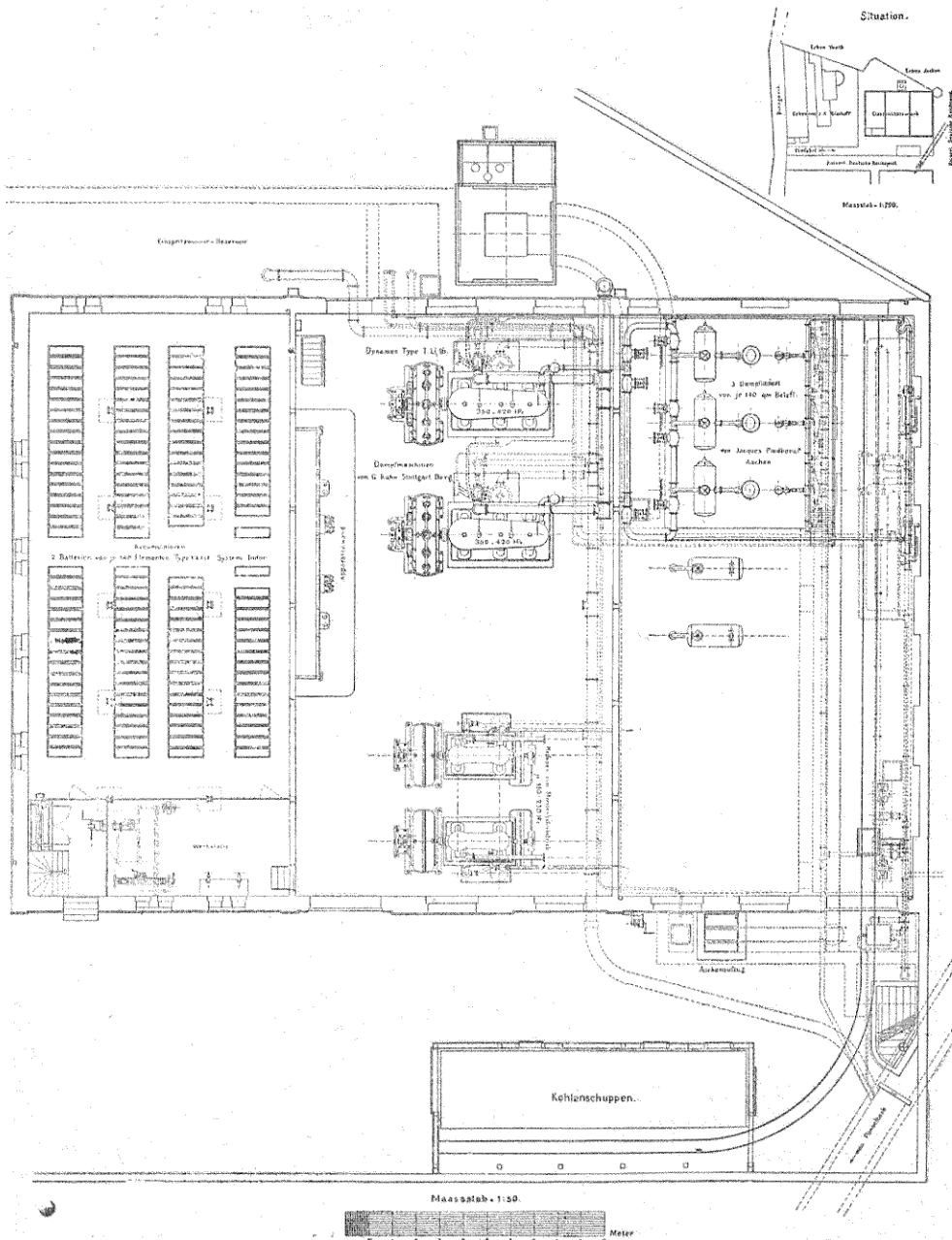


Fig. 142. — Installation d'une batterie d'accumulateurs dans une station centrale importante.

ment nécessaire de donner à ce sol une pente convenable, afin d'assurer l'écoulement des eaux.

Il est absolument nécessaire d'installer dans un coin de la salle une fontaine qui permette d'avoir de l'eau en abondance à sa disposition.

Les éléments d'accumulateurs doivent être isolés les uns des autres et isolés du sol.

Dans ce but, on fait reposer les accumulateurs sur des chantiers constitués par deux poutres en bois. Les bacs reposent sur les poutres par l'intermédiaire d'isolateurs en porcelaine ou en verre. Les poutres sont elles-mêmes isolées du sol au moyen d'isolateurs analogues (fig. 141 et 142).

Lorsque la tension de la batterie dépasse 300 volts, ce qui est le cas des batteries-tampon, il est bon de faire usage d'isolateurs à garde d'huile.

Dans le cas où la place fait défaut, on peut disposer les accumulateurs sur deux étages, pourvu que la ventilation se fasse bien et que tous les éléments soient accessibles.

Les connexions entre éléments se font par soudure et par pinces.

Le liquide que l'on met dans les bacs se prépare en mélangeant 7 ou 8 parties d'eau de pluie avec une partie d'acide sulfurique à 66°. Après refroidissement, la densité du mélange doit être de 1,13 à 1,14, ce qui correspond à 17-18° Baumé environ.

§ 4. — ENTRETIEN DES ACCUMULATEURS

Au moment de la mise en charge, il faut s'assurer que le pôle positif de la batterie est bien connecté avec la barre positive du tableau de distribution.

Pendant la charge, il y a lieu de vérifier que tous les éléments se chargent également et qu'il n'y a pas de courts-circuits entre les plaques. Cette vérification se fait très facilement en mesurant avec un voltmètre la différence de potentiel aux bornes de chacun des éléments.

Si, pour l'un d'eux, cette différence de potentiel est inférieure à la valeur normale, il y a lieu de supprimer immédiatement le court-circuit qui en est la cause.

Le nettoyage et la visite de tous les éléments doivent se faire tous les trois mois environ. On procède alors à un lavage des plaques dans l'eau pure et on enlève tous les dépôts qui ont pu s'accumuler au fond des bacs.

L'accident le plus à redouter pour les batteries d'accumulateurs est la sulfatation. Les plaques se recouvrent alors de sulfate de plomb et ne peuvent plus travailler.

La sulfatation peut se produire lorsque l'électrolyte a une densité trop faible ou lorsque l'élément est resté au repos sans être complètement chargé.

Le sulfate de plomb, qui recouvre alors les plaques, a une couleur grisâtre. Les plaques positives deviennent dures au toucher; la matière active des plaques négatives devient également plus dure. La différence de couleur entre les plaques positives et négatives est beaucoup plus tranchée après que la sulfatation s'est produite.

La sulfatation peut également se constater avec un voltmètre. Par suite de l'augmentation de la résistance intérieure de l'élément, la différence de potentiel entre les bornes de ce dernier est supérieure à sa valeur normale pendant la charge et inférieure pendant la décharge.

Lorsque tous les éléments d'une batterie sont sulfatés, il y a lieu de faire subir à cette dernière une charge prolongée à intensité plus faible que la valeur normale. On transforme ainsi les sulfates gris (Pb^2SO_4) en sulfates blancs (PbSO_4), puis en peroxyde ou en plomb spongieux.

Une certaine quantité de sulfate tombe au fond des bacs pendant la charge.

Dans le cas où une charge prolongée n'a pu rendre complète la désulfatation, il devient alors nécessaire de gratter la surface des plaques avec une spatule ou une brosse en fil de fer.

Lorsqu'un élément isolé est sulfaté, il est indispensable de lui faire subir une surcharge. Le meilleur procédé, que l'on puisse employer dans ce cas, consiste à intercaler l'élément en question parmi les éléments extrêmes de réduction, qui subissent plus de charges que de décharges ¹.

¹ Voir sur ce sujet : *Les Accumulateurs électriques*, par F. Loppé (Gauthier-Villars) ; *Manuel du Monteur électricien*, par J. Laffargue (Bernard) ; *Les Accumulateurs électriques*, par J. Montpellier.

CHAPITRE IX

SOUS-STATIONS DE TRANSFORMATION

Les sous-stations de transformation ont pour but d'alimenter les fils de travail des lignes ainsi que les feeders à basse tension. Elles reçoivent le courant alternatif à haute tension et le transforment en courant continu ayant une tension de 500 à 600 volts.

§ 1. — TRANSFORMATEURS ET COMMUTATRICES

Cette transformation s'opère au moyen de transformateurs rotatifs ou de commutatrices. Le transformateur rotatif comporte, dans le cas qui nous intéresse, un moteur alternatif actionnant une dynamo à cou-

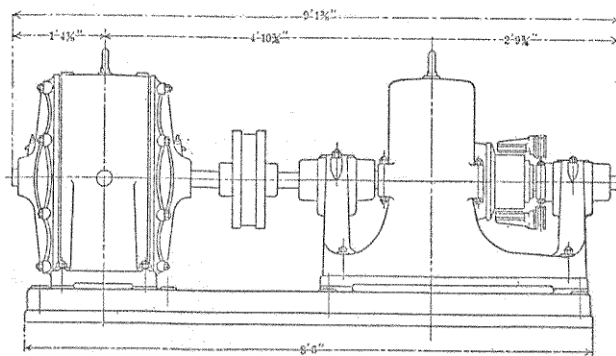


Fig. 143. — Transformateur rotatif.

rant continu. L'accouplement des deux machines se fait souvent par l'intermédiaire d'un manchon élastique (fig. 143).

La commutatrice, au contraire, ne comporte qu'une seule machine pourvue, elle-même, d'un enroulement unique (fig. 144).

La première solution est plus avantageuse dans le cas où l'on a besoin de faire varier le voltage du courant transformé. Ce n'est géné-

ralement pas le cas qui se présente lorsqu'il s'agit de traction électrique, aussi préfère-t-on généralement avoir recours aux commutatrices dont le rendement est meilleur puisqu'elles ne comportent qu'un seul enroulement. Leur prix de revient est également plus faible que celui des transformateurs composés de deux machines.

Les commutatrices transforment les courants alternatifs en courant continu, mais elles ne modifient que fort peu la tension et l'intensité de

ces courants. Cela est, d'ailleurs, fort compréhensible puisque les sections de l'induit sont communes aux deux sortes de courants.

Le principe de la commutatrice monophasée consiste à réunir deux points diamétralement opposés d'un enroulement de Gramme en anneau à deux bagues distinctes et isolées portées par l'arbre et sur lesquelles frottent des balais. Le courant alternatif monophasé pénètre dans la machine par ces bagues et parcourt les enroulements de l'induit. On recueille du courant continu sur le collecteur ordinaire placé du côté opposé aux bagues. Si la machine reçoit du courant continu

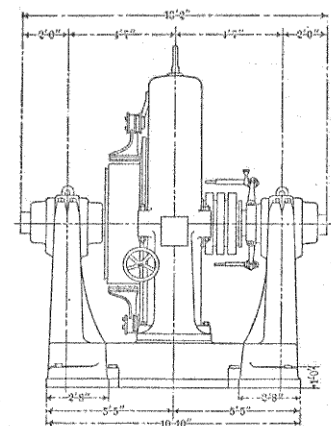


Fig. 144. — Commutatrice.

elle fournira au contraire du courant alternatif monophasé.

Si l'on réunit trois points équidistants de l'enroulement à trois bagues munies de balais on pourra recueillir des courants triphasés et les transformer en courant continu ou vice versa.

En reliant quatre points équidistants de l'enroulement à quatre bagues on obtient une machine capable de fournir ou de recevoir des courants biphasés.

Il résulte de ce fonctionnement très simple de la commutatrice qu'il existe un lien étroit entre le voltage du courant alternatif reçu et celui du courant continu produit.

Le voltage du courant alternatif envoyé doit être égal à celui du courant alternatif que produirait la commutatrice si elle fonctionnait comme génératrice. Le maximum de la valeur de la force électromotrice du courant alternatif produit est précisément égal à la valeur de la force électromotrice du courant continu.

Lorsqu'il s'agit de courant monophasé, la valeur de la force électromotrice efficace de ce courant sera égale à celle du courant continu multipliée par $\frac{1}{\sqrt{2}}$ en vertu des propriétés connues des courants alter-

natifs, c'est-à-dire à $0,70 E_0$ en appelant E_0 la force électromotrice du courant continu.

La tension du courant continu employé pour la traction des chemins de fer et des tramways étant de 500 ou 550 volts, il en résulte que le courant alternatif monophasé alimentant les commutatrices devra avoir une tension de 350 à 380 volts.

Si les commutatrices sont alimentées par des courants triphasés, la tension de ces derniers devra être encore plus faible. Dans ce cas la force électromotrice efficace des courants alternatifs n'est plus que

$$E' = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} E_0 = 0,61 E_0$$

en appelant E_0 le voltage du courant continu. Si l'on veut produire du courant continu à 550 volts, on devra donc fournir à la commutatrice des courants triphasés à 330 volts.

Il est donc nécessaire d'installer dans les sous-stations des transformateurs statiques qui abaissent la tension du courant alternatif à 350 volts environ. La tension d'alimentation de ces transformateurs varie avec les installations; elle dépend également des règlements en vigueur dans les différentes villes.

A Paris, les sous-stations du chemin de fer métropolitain et des tramways de pénétration sont alimentées par des courants triphasés à 5000 volts. Sur le Manhattan Railway, la tension d'alimentation atteint 10500 volts.

Lorsqu'on fait usage de transformateurs rotatifs, composés de deux machines accouplées, on peut se dispenser d'avoir recours aux transformateurs statiques. Le moteur à courant alternatif peut être alimenté directement par des courants à très haute tension. Une telle installation n'est cependant pas exempte de dangers pour le personnel ou pour les personnes étrangères au service qui pourraient pénétrer dans la sous-station. De plus, la mise en marche d'un moteur à haute tension est toujours délicate.

On n'a pas à redouter cet inconvénient lorsqu'on fait usage de transformateurs statiques. Si l'on prend soin de relier à la terre l'enveloppe extérieure de ces transformateurs et si les câbles d'amenée de courant sont bien isolés on supprime toute chance de contact dangereux.

En ce qui concerne le rendement, il y a avantage à employer des transformateurs statiques et des commutatrices. Le rendement d'une commutatrice varie, en effet, de 90 à 94 p. 100 suivant la charge. En admettant pour le transformateur statique un rendement moyen de 90 à 96 p. 100 on obtient un rendement total

$$\begin{aligned} 0,90 \times 0,90 &= 0,81 \text{ (charge partielle).} \\ 0,94 \times 0,96 &= 0,90 \text{ (charge normale).} \end{aligned}$$

Le rendement total varie donc de 81 à 90 p. 100 suivant que la charge est normale ou partielle.

Si nous considérons maintenant un transformateur rotatif composé de deux machines distinctes, nous pouvons admettre pour chacune d'elles un rendement de 90 p. 100, ce qui nous conduit à un rendement total de 81 p. 100.

§ 2. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES SOUS-STATIONS

Les dispositions générales des sous-stations sont variables avec l'importance des parties de réseau qu'elles ont à alimenter. Dans tous les cas elles doivent abriter les transformateurs statiques, les commu-

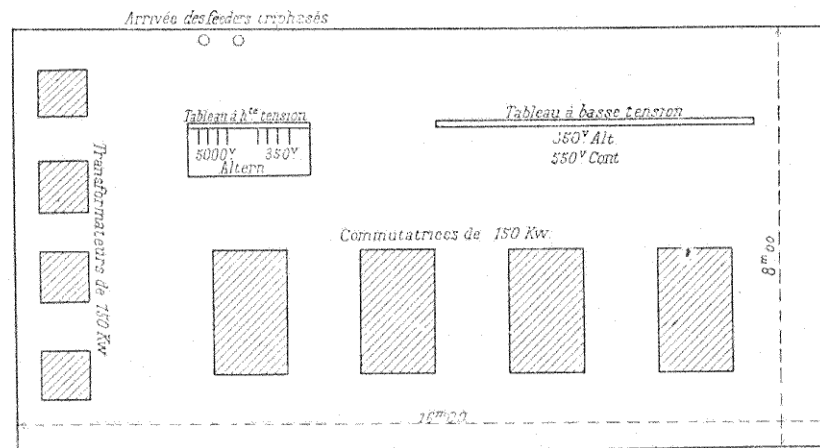


Fig. 145. — Plan de la sous-station de Bagneux.

tatrices et les tableaux de distribution. Certaines sous-stations comprennent, en outre, des batteries d'accumulateurs.

En général une sous-station pour réseau de tramway ne nécessite pas un emplacement bien grand. Lorsque cette sous-station est installée dans la campagne ou dans la banlieue d'une ville, on peut l'établir dans un bâtiment spécial. Dans une grande ville on peut fort bien se contenter d'installer les sous-stations dans des boutiques ou dans des caves pourvu qu'elles ne soient pas humides. Il est cependant préférable de construire des bâtiments spéciaux car l'entretien des machines est rendu beaucoup plus facile. On peut alors installer un pont roulant qui facilite considérablement les opérations de montage et de démontage des machines.

Les puissances des commutatrices varient généralement de 100 à 1500 kilowatts. Il est préférable d'employer un certain nombre de commutatrices dans une même sous-station afin qu'il soit possible

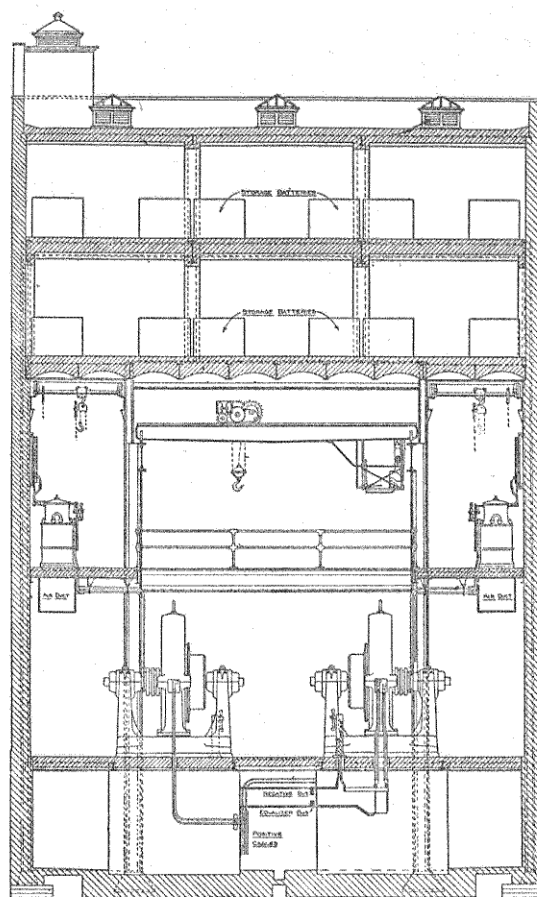


Fig. 146. — Sous-station du Manhattan Railway.

d'avoir une ou plusieurs unités de réserve et de mettre en marche un nombre de machines variable suivant les besoins du service.

Les unités de 150 et de 250 kilowatts sont d'un emploi fréquent sur les réseaux de tramways. La sous-station du chemin de fer métropolitain de Paris installée place de l'Étoile renferme quatre unités de 750 kilowatts. La sous-station des tramways de l'Ouest parisien construite à Bagneux est équipée avec quatre commutatrices de 150 kilowatts alimentées par quatre transformateurs statiques de même puissance.

La Compagnie des chemins de fer d'Orléans installe dans ses sous-stations des unités de 250 kilowatts. Le chemin de fer du Central London est alimenté par des commutatrices de 900 kilowatts.

Les sous-stations du Manhattan Railway de New-York sont disposées pour pouvoir recevoir jusqu'à huit unités de 1 500 kilowatts.

Lorsqu'il s'agit de sous-stations de faible ou de moyenne importance on peut facilement faire tenir toute l'installation dans une salle unique (fig. 145).

On installe alors les transformateurs statiques le long d'un mur (fig. 148 et 149) et l'on réserve une moitié de l'espace disponible aux commutatrices et l'autre moitié aux tableaux de distribution.

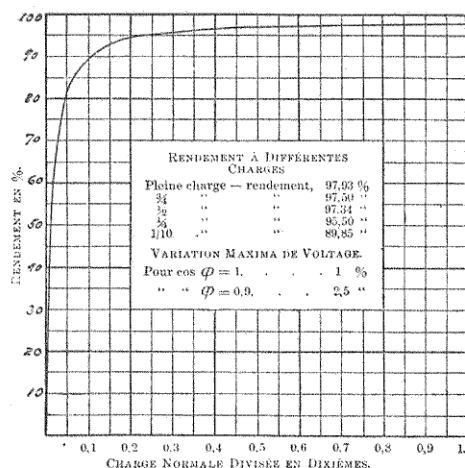


Fig. 147. — Courbe de rendement d'un transformateur statique.

Il est commode d'installer les machines et les transformateurs statiques sur des massifs en maçonnerie dépassant le niveau du sous-sol. En plaçant un plancher au niveau supérieur des massifs on dispose d'un espace souterrain qui rend l'installation des différents câbles électriques fort aisée.

Une sous-station renfermant quatre commutatrices et quatre transformateurs de 150 kilowatts peut facilement être installée dans une salle de 16 mètres de longueur sur 8 mètres de largeur.

Lorsqu'il s'agit de sous-stations très importantes, comme celles du Manhattan Railway de New-York, on peut installer les commutatrices au rez-de-chaussée et les transformateurs statiques au premier étage (fig. 146). Une disposition très pratique consiste à remplacer cet étage par une galerie située tout autour de la salle des machines. La surveillance est ainsi rendue plus facile.

Lorsque la sous-station comporte des batteries d'accumulateurs il est tout indiqué de les installer aux étages supérieurs (fig. 146). Il faut alors veiller avec soin à ce qu'il n'y ait aucune communication directe de ces étages avec la salle des machines.

Lorsque les fondations et les massifs des commutatrices sont conve-

nablement établis, il ne se produit ni trépidations ni bruits dans les

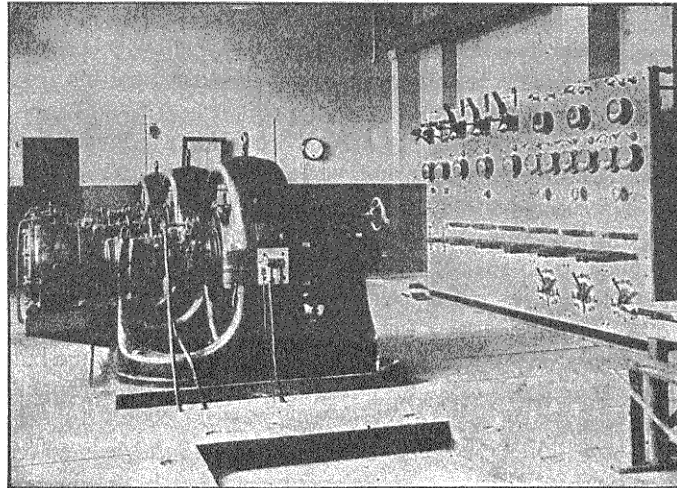


Fig. 148. — Intérieur d'une sous-station (commutatrices et tableau à basse tension).

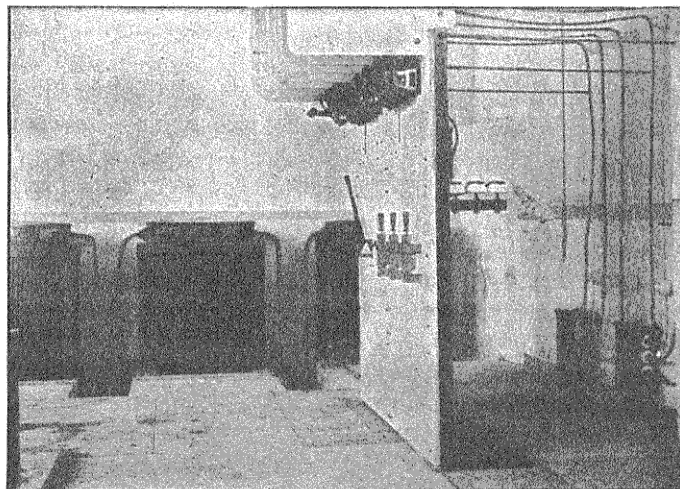


Fig. 149. — Intérieur d'une sous-station (transformateurs statiques et tableau à haute tension).

sous-stations, à la condition toutefois que les machines soient en bon état. Il se produit seulement un léger ronflement causé par les mouvements imprimés à l'air par l'induit denté.

§ 3. — MISE EN MARCHÉ DES COMMUTATRICES

Le démarrage des commutatrices peut être obtenu par trois procédés différents.

a) Le premier procédé consiste à les faire démarrer dans les mêmes conditions qu'un moteur synchrone, en les alimentant directement par le courant alternatif à basse tension. Or on sait qu'un moteur synchrone ne développe un couple satisfaisant qu'après qu'il a atteint sa vitesse normale. Il en résulte que la commutatrice absorbe une grande quantité de courant, ce qui a pour résultat d'affecter la régulation des machines voisines alimentées par les mêmes circuits.

Ce procédé de démarrage n'est donc applicable que lorsque la capacité de la commutatrice est faible en comparaison de la capacité du générateur du courant.

b) On peut également faire démarrer les commutatrices en les ali-

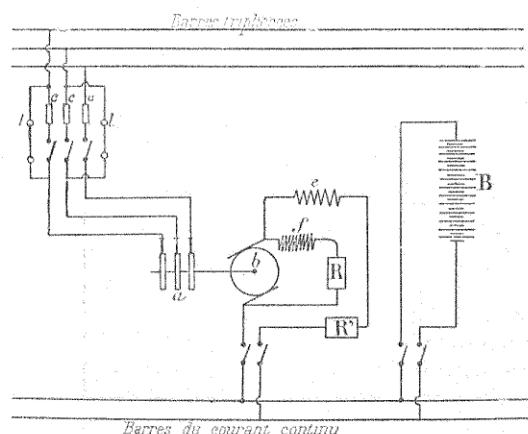


Fig. 150. — Dispositif de démarrage d'une commutatrice au moyen d'une batterie d'accumulateurs.

mentant directement avec le courant continu produit par les machines voisines. Ce courant pénétrant dans la machine par son collecteur après avoir traversé le rhéostat R' provoque sa rotation (fig. 150). On agit en même temps sur le rhéostat de champ R qui est intercalé dans le circuit shunt d'excitation de la machine. Lorsque la vitesse correspondant au synchro-

nisme a été atteinte, on met en communication la commutatrice avec les conducteurs alternatifs.

Ce procédé donne de bons résultats, mais il n'est pas toujours pratique à réaliser puisque, la plupart du temps, on ne peut pas disposer de courant continu dans une sous-station qui n'est alimentée que par du courant alternatif. Le démarrage de la première commutatrice devient alors impossible à moins que l'on ne puisse emprunter du courant continu aux feeders alimentant les lignes de prise de cou-

rant. Lorsque la sous-station comporte une batterie d'accumulateurs la difficulté disparaît complètement et l'on peut employer sans inconvénient ce mode de démarrage (fig. 150). C'est ce dernier procédé qu'emploie la Compagnie Alioth pour la mise en marche de ses commutatrices.

c) Une autre méthode, préconisée par la Compagnie Westinghouse, consiste à munir la commutatrice d'un petit moteur ayant deux pôles de moins que le moteur synchrone correspondant ; l'organe mobile de ce moteur est calé sur l'arbre de la commutatrice. Il résulte de cette suppression de deux pôles que le champ tournant du moteur auxiliaire est un peu plus rapide que le champ tournant de la commutatrice. Ce moteur permet de faire démarrer la commutatrice à vide et de lui communiquer une vitesse légèrement supérieure à celle qui correspondrait au synchronisme. On supprime alors l'alimentation du moteur ; on excite en même temps le champ de la commutatrice et on observe les lampes de phase. Lorsque le synchronisme est obtenu, on met la commutatrice en circuit sur le courant alternatif.

L'organe mobile du moteur auxiliaire devient alors un véritable volant ne jouant plus aucun rôle au point de vue électrique.

Ce procédé de démarrage des commutatrices est certainement le plus pratique lorsqu'on n'a pas d'accumulateurs à sa disposition. Le démarrage n'exige en effet que le courant de faible intensité nécessaire pour la mise en mouvement du petit moteur auxiliaire entraînant la commutatrice désamorcée.

§ 4. — RÉGULATION DE LA TENSION DES COMMUTATRICES

La régulation de la tension des commutatrices s'obtient en faisant varier leur courant d'excitation de la même façon que pour les dynamos ordinaires. Cette méthode exige cependant que le circuit entre la commutatrice et la source génératrice ait une certaine self-induction.

La régulation de la tension peut être obtenue automatiquement en munissant les commutatrices d'un système inducteur compound analogue à ceux qui sont employés dans les dynamos à courant continu. Les inducteurs sont alors munis d'un enroulement shunt et d'un enroulement série.

Par ce procédé, on neutralisera la tendance à l'abaissement de voltage et on obtiendra une tension pratiquement constante. Si le compoundage et la self-induction du circuit sont convenablement combinés, le voltage du courant continu pourra augmenter avec la charge.

§ 5. — TABLEAU DE DISTRIBUTION DES SOUS-STATIONS

Il y a intérêt à placer sur des tableaux absolument distincts les appareils intercalés sur les conducteurs à haute et à basse tension. C'est une mesure de prudence qui, d'ailleurs, est bien facile à réaliser.

En effet, le personnel de la sous-station a constamment à manœuvrer les appareils à basse tension ou à observer les instruments correspondants. Il n'en est pas de même pour les appareils à haute tension qui ne se manœuvrent guère qu'au moment de la mise en service et de l'arrêt des machines.

Le tableau à haute tension est directement alimenté par les feeders à haute tension provenant de la station centrale. Ces feeders sont généralement des câbles armés renfermant les deux ou les trois conducteurs selon qu'il s'agit de courants monophasé ou triphasés.

On intercale souvent aux extrémités des feeders à haute tension des couteaux mobiles ; ces couteaux permettent d'isoler complètement les feeders des tableaux de distribution de l'usine et de la sous-station, lorsqu'on veut faire des essais d'isolement des câbles.

En pratique il est prudent de placer deux feeders l'un à côté de l'autre, le deuxième jouant simplement le rôle de feeder de réserve en prévision d'un accident pouvant survenir au premier. On peut d'ailleurs les mettre en service à tour de rôle.

Chacun de ces câbles pénètre dans une boîte de prise de courant dans laquelle s'effectue la séparation des 2 ou 3 conducteurs du câble.

De chacune de ces boîtes partent 2 ou 3 câbles se rendant au tableau de distribution à haute tension (fig. 149). On intercale d'abord sur chacun des circuits monophasés ou triphasés de chaque câble un disjoncteur automatique. Ces disjoncteurs permettent en outre de mettre en service l'un ou l'autre câble.

Les barres recevant le courant par l'intermédiaire des disjoncteurs peuvent être mises en communication avec les transformateurs par l'intermédiaire d'un interrupteur bipolaire ou tripolaire à haute tension.

Le courant alternatif à basse tension, provenant des transformateurs, se rend de nouveau au tableau à haute tension où il traverse des interrupteurs qui permettent de l'envoyer au tableau à basse tension.

On intercale souvent entre les disjoncteurs à haute tension des plaques de marbre rendant impossibles les courts-circuits entre deux appareils voisins.

Il est prudent d'installer devant le tableau à haute tension une plate-

forme en bois recouverte d'un tapis en caoutchouc. On prend même parfois la précaution de faire reposer la plate-forme en bois sur des isolateurs à bain d'huile.

L'installation de cette plate-forme diminue considérablement le danger que l'on peut courir en manœuvrant les appareils à haute tension.

Nous avons vu que les tableaux de distribution des stations centrales à courant continu comportaient un panneau pour chaque machine et un panneau pour chaque feeder.

Les tableaux à basse tension d'une sous-station sont analogues aux précédents avec cette différence qu'ils se composent de trois catégories de panneaux. Il y a, en effet, deux panneaux pour chaque commutatrice. L'un de ces panneaux porte les appareils à courant alternatif tandis que l'autre est muni des appareils à courant continu (fig. 148).

En général, les panneaux à courant continu des commutatrices sont situés entre les panneaux alternatifs et les panneaux de feeders. Cette disposition rend plus facile l'installation des barres de courant continu et simplifie les connexions.

Si nous prenons comme exemple une installation à courants triphasés, chaque panneau pour courant alternatif porte trois ampèremètres intercalés sur chacune des trois phases (fig. 148).

Il porte également le rhéostat d'excitation de la commutatrice, ainsi que l'interrupteur tripolaire permettant de mettre la machine en communication avec les circuits secondaires des transformateurs.

Sur le panneau se trouvent également disposées les lampes de phase permettant de mettre la machine en circuit à l'instant voulu.

Lorsque le démarrage des commutatrices est obtenu au moyen d'un moteur synchrone auxiliaire, on dispose à la base du panneau un commutateur tripolaire permettant la mise en marche de ce moteur.

Les panneaux pour courant continu ne présentent rien de particulier puisqu'on retombe dans le cas d'une station centrale alimentée par des machines à courant continu.

La seule différence consiste dans la suppression du rhéostat de champ qui, ainsi que nous l'avons vu précédemment, est installé sur le panneau à courants alternatifs correspondant à la même commutatrice.

Il est en effet indispensable que l'on puisse agir sur le champ de la commutatrice au moment de la mettre en circuit.

Lorsque la commutatrice porte un enroulement inducteur compound on relie les bornes des commutatrices par l'intermédiaire d'une barre d'égalisation de la même manière que s'il s'agissait de dynamos compound ordinaires.

§ 6. — DÉRANGEMENTS QUI PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES COMMUTATRICES

Les commutatrices, comportant les mêmes organes que les dynamos ordinaires, doivent nécessairement être sujettes aux mêmes dérangements. Ces dérangements peuvent d'ailleurs ne jamais se produire lorsqu'il s'agit d'une machine bien construite et bien entretenue.

Il faut cependant signaler un fait qui se produit assez fréquemment dans les commutatrices et qui est exclusivement propre à ces dernières. Nous voulons parler de l'inversion des pôles. Les causes de cette inversion des pôles pendant la marche de la machine n'ont pas, jusqu'à présent, été expliquées d'une manière bien claire.

En réalité cet incident ne présente pas de grands inconvénients car l'homme de garde à la sous-station en est quitte pour faire tourner le support général des porte-balais jusqu'à ce que ceux-ci se trouvent devant les pièces polaires immédiatement suivantes. On peut ainsi maintenir la commutatrice en service jusqu'à la fin de la journée. Pendant la nuit on rétablit la polarité primitive en faisant passer dans les inducteurs un courant de sens convenable ; on rétablit ensuite les balais dans leur position ordinaire.

§ 7. — TRANSFORMATEURS STATIQUES

Les transformateurs statiques exigent des précautions toutes particulières puisqu'ils sont parcourus par des courants à haute tension.

Il est indispensable de relier à la terre d'une manière permanente la carcasse métallique qui enveloppe les appareils.

Les transformateurs statiques s'échauffent plus ou moins fortement. On emploie généralement des moyens artificiels pour limiter cet échauffement. Parmi ceux-ci nous citerons la circulation d'eau autour des transformateurs à bain d'huile. Ce résultat s'obtient parfois d'une manière plus simple en munissant l'enveloppe contenant l'huile d'une série d'ailettes ou bien en construisant cette enveloppe avec de la tôle ondulée.

Les transformateurs de grande puissance qui ne comportent pas de bain d'huile peuvent être refroidis au moyen d'un petit ventilateur mû par un moteur spécial.

Lorsque les transformateurs statiques doivent alimenter des commutatrices, il est parfois nécessaire que la tension du courant puisse être réglée dans de grandes limites. Ce réglage est généralement obtenu par une variation correspondante du voltage du courant alternatif d'alimentation.

Dans le but de rendre ce réglage plus facile on peut combiner les transformateurs de façon que le changement de rapport entre les spires primaires et secondaires soit possible.

On réalise la possibilité de changer ce rapport en faisant sur le transformateur différentes prises qui aboutissent aux touches d'un cadran de réglage disposé de telle manière que la tension puisse varier graduellement en passant d'une prise à l'autre.

Lorsque les fils de trolley sont alimentés directement par les courants alternatifs à basse tension, les sous-stations ne renferment plus que les transformateurs statiques et ne nécessitent plus la présence continue d'un surveillant.

Ces postes de transformation sont généralement installés dans une colonne en tôle ou dans une petite cabane en maçonnerie (fig. 151). Le tableau de distribution est alors réduit à sa plus simple expression et ne comporte plus que des coupe-circuits à haute et à basse tension, des interrupteurs et des parafoudres.

Les chemins de fer du Gornergrat, de la Jungfrau et de Berthoud-Thoune sont alimentés par des sous-stations de ce genre produisant des courants triphasés à basse tension directement utilisés sur les voitures.

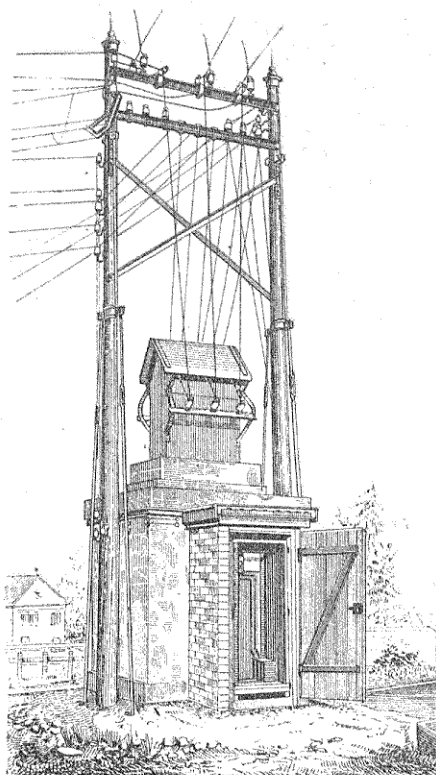


Fig. 151. — Sous-station de transformateurs statiques.

§ 8. — DÉRANGEMENTS QUI PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES TRANSFORMATEURS STATIQUES

Les dérangements qui peuvent se produire dans les transformateurs statiques sont assez peu nombreux. Ils se réduisent, en somme, aux courts-circuits qui peuvent survenir dans les bobines. L'accident le

plus grave est la production d'un court-circuit entre une bobine à haute tension et une bobine à basse tension.

Les transformateurs statiques s'échauffent parfois d'une manière anormale. La plupart du temps cet échauffement est dû à une surcharge exagérée de ces appareils.

Dans les transformateurs triphasés on remarque parfois des déséquilibres de phases ; ce fait se produit généralement lorsqu'il y a un court-circuit dans une bobine de l'une des phases.

Il faut alors mettre, immédiatement, le transformateur hors circuit et remplacer la bobine avariée.

CHAPITRE X

ACCIDENTS DE PERSONNES CAUSÉS PAR LE COURANT ÉLECTRIQUE MOYENS DE LES ÉVITER OU D'Y REMÉDIER

§ 1. — PRÉCAUTIONS A PRENDRE POUR ÉVITER LES ACCIDENTS

La conduite des différents appareils électriques que renferme une station centrale ne doit être confiée qu'à des ouvriers sérieux et expérimentés, connaissant bien toutes les précautions qu'il convient de prendre pour éviter des accidents qui peuvent être mortels.

La Chambre syndicale des industries électriques a eu l'heureuse idée de rédiger la note suivante qui résume fort bien les précautions qu'il est indispensable de prendre :

Éviter sur les machines électriques en marche, sur les appareils ou conducteurs mis en communication avec la source d'électricité, tout travail autre que les manœuvres normales, même le nettoyage.

Éviter d'approcher des machines électriques des objets de fer qui peuvent se trouver attirés dans les organes en mouvement.

Veiller à la bonne isolation de toutes les parties de l'installation en écartant des machines, des conducteurs et des appareils, les poussières de toute nature, la graisse ainsi que l'humidité.

Il est interdit de jeter de l'eau ou des linges mouillés sur les appareils ou conducteurs parcourus par le courant, même en cas d'incendie. Dans ce cas on doit d'abord interrompre le courant.

Lorsqu'un travail de modification ou de réparation est nécessaire, on doit séparer du réseau, de manière que le courant cesse d'y circuler, les conducteurs et appareils sur lesquels on travaille. Le contremaître devra s'assurer avant le commencement du travail que la source n'est plus en communication avec aucun de ses pôles.

S'il était indispensable d'opérer sur des conducteurs ou appareils parcourus par le courant, le travail ne serait fait que par l'ouvrier spécialement chargé de l'installation électrique sous la surveillance du contremaître.

On ne doit s'approcher des machines ou appareils parcourus par des courants à haute tension qu'en prenant des précautions spéciales pour l'isolation. Les ouvriers qui s'approchent de ces machines ou appareils doivent porter des chaussures isolantes ; ils doivent se tenir sur les plan-

chers isolés ou tapis spéciaux isolants, disposés pour l'accès à ces machines ou appareils.

On ne doit pas toucher les conducteurs, même garnis d'isolants, parcourus par des courants à haute tension.

Il est particulièrement dangereux de toucher deux conducteurs ou deux organes de polarité différente. Pour éviter tout accident dans les manœuvres à effectuer sur les appareils on doit faire attention de ne toucher que les poignées isolantes et autant que possible de ne se servir que d'une seule main, l'autre restant éloignée des appareils.

Un ouvrier ne doit jamais entrer sans autorisation spéciale dans le local où se trouvent les transformateurs.

Il est de même interdit de pénétrer, avec une lumière à feu nu dans un local renfermant des accumulateurs.

L'Association des industriels de France contre les accidents du travail a adressé dernièrement aux intéressés une série de prescriptions sur la manière d'éviter les accidents électriques. Ces prescriptions étaient accompagnées de la lettre suivante :

Nous avons l'honneur de vous adresser une affiche destinée à indiquer aux ouvriers des ateliers où il existe une distribution électrique de force ou d'éclairage les précautions à prendre pour éviter les accidents dus à l'emploi de l'électricité.

Nous croyons devoir attirer tout particulièrement votre attention sur les points suivants :

Il est indispensable de tenir toujours dans un parfait état de propreté les machines génératrices et réceptrices, ainsi que les tableaux et appareils de distribution du courant qui accompagnent ces machines.

Cette prescription est d'autant plus essentielle que des matières étrangères telles que huile, graisse, eau (à l'état liquide ou de vapeur), poussières et surtout poussières métalliques, etc., venant à se loger dans certaines parties de ces machines et appareils créeraient des dérivations, courts-circuits, etc., pouvant entraîner des conséquences plus ou moins graves soit pour les personnes, soit pour les machines elles-mêmes.

Dans tous les cas où il sera nécessaire de toucher à une partie de l'installation, soit pour la visiter, soit pour la réparer, nous pensons qu'il est indispensable de l'isoler du courant électrique avant tout travail afin d'éviter les accidents de personnes dont il est question plus loin.

Cette nécessité de couper les conducteurs d'arrivée et de retour du courant s'impose aussi toutes les fois qu'il s'agit d'éteindre un incendie dû à l'électricité ou à toute autre cause. Si, en effet, on venait à jeter de l'eau sur des conducteurs en charge ou à entourer les conducteurs de linges mouillés (ce qui vient naturellement à l'idée quand il s'agit d'étouffer le feu), on créerait des courts-circuits qui ne feraient qu'activer l'incendie et on s'exposerait à des accidents de personnes d'autant plus graves que la tension de distribution de l'électricité serait plus élevée.

Toutes les fois, en effet, qu'on touche simultanément un conducteur d'arrivée et un conducteur de retour du courant, il se produit une dérivation au travers du corps de la personne qui établit ce double contact. Si même on ne touche qu'un seul conducteur sans être parfaitement isolé du sol, on reçoit une secousse; les conducteurs ne pouvant jamais être rigou-

reusement isolés, une partie du courant se dérive par la terre et le corps de celui qui touche à l'un d'eux.

C'est pourquoi nous avons cru devoir interdire d'une façon absolue aux ouvriers non électriciens de toucher aux fils d'une canalisation, sans distinguer si la distribution se fait à haute ou à basse tension, et prescrire à ceux qui sont chargés de la conduite des dynamos et de la partie électrique de l'installation de ne toucher aux appareils producteurs ou distributeurs du courant à haute tension et au conducteur parcouru par ce courant que lorsqu'ils sont assurés d'être parfaitement isolés du sol.

Les gants en caoutchouc sont évidemment efficaces quand ils sont en bon état mais ils ne permettent plus un isolement suffisant lorsqu'ils sont troués, même imperceptiblement. Il paraît donc préférable de s'isoler du sol en chaussant des chaussures auxquelles il est possible de donner de l'épaisseur, ou, mieux encore, si cela est possible, en recouvrant tout le sol, ou au moins la partie voisine des appareils, d'un tapis isolant. Dans ce dernier cas il est bien entendu que ce tapis devra avoir une largeur telle que l'ouvrier soit forcé de se placer sur lui pour faire les manœuvres nécessaires.

L'interdiction absolue de laisser pénétrer dans un local renfermant un ou plusieurs transformateurs s'explique d'elle-même, ayant signalé plus haut le danger qui résulterait d'un contact avec les deux pôles d'un appareil parcouru par les courants de haute tension.

Enfin les accumulateurs sont le siège de réactions chimiques accompagnées de dégagement d'hydrogène.

Il en résulte l'obligation de ventiler convenablement les locaux où ces appareils sont enfermés et de n'y jamais pénétrer avec une lumière à feu nu, ni d'y fumer. On pourrait déterminer l'explosion des mélanges d'hydrogène et d'air qui auraient pu se former et occasionner un accident grave.

Nous avons cru devoir vous donner ces explications afin que vous puissiez vous rendre compte de l'utilité de l'instruction qui s'adresse à vos ouvriers, en général, et que vous sachiez en même temps les points sur lesquels il convient d'appeler spécialement l'attention de ceux qui s'occupent de la conduite et de l'entretien de vos appareils de production, de distribution et d'utilisation de l'électricité.

Veuillez agréer, etc.

Le Directeur de l'Association,

Le Président de l'Association,

H. MAMY.

S. PÉRISSÉ.

§ 2. — SECOURS A DONNER EN CAS D'ACCIDENT PAR CONTACT ÉLECTRIQUE

Lorsqu'il s'agit d'un contact accidentel peu prolongé avec un conducteur électrisé à un potentiel ne dépassant pas 600 volts, il n'y a, en général, pas de conséquences bien graves à redouter s'il s'agit de courant continu. La commotion est fort désagréable, sans doute, et laisse parfois des traces pendant plusieurs jours, mais généralement tout se borne là.

Si, au lieu d'être instantané, le contact se prolonge pendant un

temps plus ou moins long, il peut en résulter des désordres physiologiques fort graves, pouvant même entraîner la mort.

La mort est alors due à une élévation de température du corps qui ainsi que l'a montré Claude Bernard, amène la coagulation des fibres musculaires du cœur¹.

L'échauffement considérable déterminé par l'électrisation n'est pas dû seulement à la résistance du corps s'échauffant comme un conducteur, conformément à la loi de Joule ; il est dû également à la contraction violente de tous les muscles.

Toutefois, lorsque le contact se prolonge, la résistance du corps intervient et la température s'élève au point d'amener la carbonisation.

Lorsqu'il s'agit de courants alternatifs le danger existe déjà pour les tensions de 500 volts. Il ne faut pas dépasser 350 volts pour des conducteurs et des appareils qui peuvent être touchés accidentellement par le personnel.

Il arrive souvent que les ouvriers sont brûlés par suite d'un contact accidentel, même instantané. Une étincelle de rupture suffit pour provoquer une brûlure très sérieuse.

Il est à remarquer que les brûlures produites par le courant continu sont beaucoup plus longues à guérir que celles qui sont causées par le courant alternatif. Le courant continu donne, en effet, naissance à des effets d'électrolyse qui amènent l'infection des plaies produites par la brûlure. Il arrive même parfois que la gangrène se met dans ces plaies, ce qui nécessite l'amputation du membre brûlé. Les courants alternatifs ne produisent généralement pas d'effets de ce genre.

Lorsqu'il s'agit de courants à haute tension la mort peut n'être qu'apparente dans le cas d'un contact qui ne se prolonge pas. Il y a alors simplement arrêt de la respiration comme dans le cas d'asphyxie ou de submersion. Il suffit alors de pratiquer la respiration artificielle pour ramener la victime à la vie.

Lorsque le contact est prolongé il n'y a, pour ainsi dire, plus de chances de salut.

M. Laffargue² conseille de traiter immédiatement les brûlures en trempant la partie atteinte dans une solution contenant environ 3 kilogrammes d'acide picrique pour 200 litres d'eau.

En 1895, l'Académie de médecine a nommé, sur la demande du ministère des travaux publics, une commission composée de MM. Bouchard, d'Arsonval, Laborde et Gariel, chargée d'élaborer une instruc-

¹ Loppé et Bouquet. *Traité théorique et pratique des courants alternatifs industriels*. Bernard.

² J. Laffargue. *Manuel du Monteur électricien*. Bernard, édit.

tion relative aux soins à donner aux sujets victimes d'accidents par l'électricité.

Ces instructions sont renfermées dans la circulaire du ministre des Travaux publics en date du 19 août 1895 qui contient en outre des renseignements fort utiles pour le cas où il y a lieu de dégager la victime des fils ayant causé l'accident. Voici le texte *in extenso* de cette circulaire.

CIRCULAIRE DU 19 AOÛT 1895

Secours à donner aux personnes foudroyées par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques à courants alternatifs ou redressés.

ARTICLE PREMIER. — Toute personne foudroyée par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques devra toujours, même dans le cas où elle présenterait les apparences de la mort, recevoir avec la plus grande rapidité, les soins indiqués ci-après :

Premier cas. — Tout contact a cessé entre le corps de la victime et les conducteurs électriques.

ART. 2. — On appliquera immédiatement le traitement suivant :

(Instructions sur les premiers soins à donner aux foudroyés victimes des accidents électriques, rédigés par l'Académie de médecine.)

On transportera d'abord la victime dans un local aéré où on ne conservera qu'un petit nombre d'aides (trois ou quatre), toutes les autres personnes étant écartées.

On desserrera les vêtements de la victime et on s'efforcera le plus rapidement possible de rétablir la respiration et la circulation.

Pour rétablir la respiration, on peut avoir recours principalement aux deux moyens suivants : la traction rythmée de la langue et la respiration artificielle.

1^o Méthode de la traction rythmée de la langue. — Ouvrir la bouche de la victime et, si les dents sont serrées, les écarter en forçant avec les doigts ou avec un corps résistant quelconque, morceau de bois, manche de couteau, dos de cuiller ou de fourchette, extrémité d'une canne.

Saisir solidement la partie antérieure de la langue entre le pouce et l'index de la main droite, nus ou revêtus d'un linge quelconque, d'un mouchoir de poche par exemple (pour empêcher le glissement) et exercer sur elle de fortes tractions répétées, successives, cadencées ou rythmées, suivies de relâchements, en imitant les mouvements rythmés de la respiration elle-même, au nombre d'au moins 20 par minute.

Les tractions linguales doivent être pratiquées sans retard et avec persistance, durant une demi-heure, une heure et plus.

2^o Méthode de la respiration artificielle. — Coucher la victime sur le dos, les épaules légèrement soulevées, la bouche ouverte, la langue bien dégagée. Saisir les bras à la hauteur des coudes, les appuyer assez fortement sur les parois de la poitrine, puis les écarter et les porter au-dessous de la tête, en décrivant un arc de cercle ; les ramener ensuite à leur position primitive sur les parois de la poitrine.

Répéter ces mouvements environ vingt fois par minute, en continuant jusqu'au rétablissement de la respiration naturelle.

Il conviendra de commencer toujours par le méthode de la traction de la langue en appliquant, s'il est possible, la méthode de la respiration artificielle.

D'autre part, il conviendra concurremment de chercher à ramener la circulation en frictionnant la surface du corps, en flagellant le tronc avec les mains ou avec des serviettes mouillées, en jetant de temps en temps de l'eau froide sur la figure, en faisant respirer de l'ammoniaque et du vinaigre.

Mesures d'ordre technique. — *Deuxième cas.* — La victime est encore en contact avec les conducteurs électriques.

Arr. 3. — Avant d'appliquer le traitement indiqué par l'Académie de médecine, le sauveteur doit chercher à séparer le plus rapidement possible la victime des fils électriques, en évitant d'une manière absolue de toucher, soit les fils, soit la victime avec les mains nues.

L'accident peut se produire avec l'une des circonstances suivantes :

A. Un fil est tombé sur le sol et touche la victime.

B. La victime est suspendue.

Selon l'une ou l'autre de ces circonstances on opérera comme il est dit ci-après :

A. UN FIL EST TOMBÉ SUR LE SOL ET TOUCHE LA VICTIME. — *Écartement des fils.* — Si le sauveteur peut, sans avoir à toucher la victime, écarter les fils à l'aide d'un bâton, d'une canne ou d'un outil quelconque muni d'un manche en bois (note A) il le fera en ayant soin :

1^o De ne toucher au fil qu'avec un bâton, une canne ou un outil muni d'un manche en bois (note A);

2^o De faire en sorte que le fil, dans cette manœuvre ne vienne toucher le visage ou d'autres parties nues de la victime.

Si le sauveteur ne dispose pas immédiatement d'un bâton, d'une canne ou d'un outil muni d'un manche en bois (note A), il devra avant tout, commencer par se recouvrir les mains (note B) soit de gants épais (note C) soit d'étoffes sèches (note D) d'une épaisseur suffisante (note B et D). Cela fait, il écartera le fil. Après avoir délivré la victime, on s'empressera de débarrasser la voie publique, afin d'éviter de nouveaux accidents.

Coupeure de fil. — Si le sauveteur ne peut écarter le fil il devra le couper à l'aide d'un outil tranchant à manche non métallique, comme une hache à manche de bois sec.

Il fera successivement deux coupures en deux points situés de part et d'autre de la victime.

Il n'est pas nécessaire de couper le fil près de la victime, il est préférable de le couper près des poteaux en suspension, de façon que les parties restant adhérentes à ces poteaux ne touchent pas le sol, ou ne le touchent que sur la plus petite longueur possible.

Pendant que l'on coupe le fil, il faut veiller à ce qu'il ne rebondisse pas et n'aille toucher ni la victime ni le sauveteur. On pourra dans ce but maintenir le fil sous le pied par intermédiaire de matières isolantes, telles que bois sec, planches, fagots, bottes de paille, vêtements secs, cordes sèches, etc... (note B).

Dégagement de la victime. — Si on peut effectuer les coupures des fils élec-

triques, dans les conditions qui viennent d'être indiquées, si le sauveteur est obligé de toucher la victime et s'il y a crispation des membres de la victime, des doigts, par exemple, l'opération avant de rien faire devra commencer par se recouvrir les deux mains soit de gants (note *C*) soit d'étoffes sèches d'une épaisseur suffisante (note *B* et *D*).

Puis il ouvrira de force la ou les mains de la victime en écartant les doigts les uns après les autres.

Pendant cette opération :

1° Avoir soin que le fil ne revienne pas toucher le visage ou d'autres parties nues du corps de la victime ;

2° Toucher autant que possible la victime par des parties qui ne soient pas en état de moiteur, telles que les aisselles, les pieds, etc.

B. LA VICTIME EST SUSPENDUE. — Prévoir sa chute et prendre à cet effet les précautions convenables. A l'aide d'une échelle ou de tous autres moyens, on tâchera de s'élever jusqu'à la victime et de la délivrer en coupant le fil.

Le seul instrument convenable dans ce cas pour couper le fil est une cisaille, mais comme le manche est généralement métallique, il faudra avant d'employer cet outil, ou bien se couvrir les deux mains comme il est expliqué à l'article 3, ou bien entourer le manche de l'instrument d'une épaisseur suffisante d'étoffes sèches (note *D*.)

Quand on aura atteint la victime, on la suspendra par des cordes ou on l'accrochera par ses vêtements et on la descendra en évitant qu'elle soit mise de nouveau en contact avec les fils.

Si on ne dispose d'aucun moyen pour arriver à la victime ou si, disposant d'une échelle, on ne possède pas un instrument convenable pour couper le fil ou opérer comme il vient d'être expliqué : on devra prévenir l'usine le plus vite possible.

AVIS IMPORTANTS

ART. 4. — Dans aucun cas le sauveteur ne doit toucher un fil sans s'être recouvert les deux mains, soit de gants épais (note *C*) soit d'étoffes sèches d'une épaisseur suffisante (note *B* et *D*), si des rails sont placés sur la voie publique il doit éviter de les toucher, même avec ses chaussures.

Même les deux mains étant recouvertes conformément aux prescriptions le sauveteur ne doit dans aucun cas toucher simultanément deux fils différents, et il doit s'abstenir de toute manœuvre qui mettrait la victime en contact avec deux fils différents.

Les personnes étrangères au service à moins d'être très exercées aux maniements des fils et appareils électriques et d'en connaître toutes les causes de danger, ne doivent en aucun cas chercher à établir un court-circuit. Cette opération ne peut être faite utilement et sans danger que par des personnes compétentes.

En se conformant strictement aux précautions indiquées ci-dessus, le sauveteur ne court aucun risque quand bien même il ressentirait accidentellement quelques secousses.

Note A. — Le bois est conseillé parce qu'il est mauvais conducteur de l'électricité et intervient comme corps isolant si le manche en bois ren-

ferme une tige centrale métallique, il est nécessaire que cette tige soit complètement enveloppée de bois et n'apparaisse sur aucun point.

Note B. — Il suffira souvent de retirer sa veste, son paletot, etc. et de le mettre sens devant derrière, les mains restant à l'intérieur des manches qui devront être tamponnées pour former une forte épaisseur entre la peau et le contact à faire.

Si on a une blouse on se l'enroulera autour de la main droite, et autour de la main gauche on enroulera un mouchoir, un gilet, etc...

Note C. — Gants en laine compacte, de préférence genre moufle, au besoin plusieurs paires de gants.

Note D. — RENSEIGNEMENTS SUR LA VALEUR ISOLANTE DES ÉTOFFES ET DES VÊTEMENTS.

Etoffes. — Les étoffes à employer doivent être bien sèches, les plus convenables sont celles en laine, la flanelle et les couvertures en laine sont particulièrement convenables.

Les étoffes en fil, en coton, sont moins convenables surtout en raison de leur faible épaisseur; avec une épaisseur minimum de 5 millimètres on a toute garantie même avec les étoffes les moins convenables.

Vêtements. — Par analogie de tout ce qui vient d'être dit, il faut prendre les draps en laine compacte de préférence, et dans le cas d'emploi de blouses de coton ou de toile, s'arranger pour avoir largement l'épaisseur minimum indiquée.

CHAPITRE XI

DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT DES STATIONS CENTRALES

Il est bien difficile de donner des renseignements précis au sujet du prix de revient des stations centrales. Les dépenses sont, en effet, très variables suivant les dispositions adoptées. Les prix des machines sont également sujets à des variations très sensibles suivant l'abondance des commandes que peuvent avoir les usines et suivant les cours des matières premières.

Les quelques indications que nous allons donner dans ce chapitre ne doivent donc pas être prises à la lettre. Ce sont simplement des renseignements qui ne sauraient être utilisés autrement que dans un avant-projet.

MACHINES A VAPEUR

Les puissances inférieures à 100 chevaux se rencontrent rarement dans les stations centrales de traction. Nous allons donner d'après MM. Alheilg et Roche¹ les prix des différentes parties constituant une machine Corliss de 100 chevaux et une machine compound de 500 chevaux.

La machine Corliss de 100 chevaux que nous prenons comme exemple est horizontale et à condensation. Elle est alimentée par une chaudière unique semi-tubulaire, offrant une surface de chauffe d'environ 120 mètres carrés. Aucun générateur de rechange n'est prévu dans ce prix. La consommation de houille est de 1,5 kilogramme par cheval-heure, plus 200 kilogrammes par jour.

Les dépenses d'établissement de cette machine se détaillent de la manière suivante :

Machine seule.	20 000 fr.
Fondations	2 300
Montage	1 200
<i>A reporter.</i>	<u>23 500 fr.</u>

¹ Alheilg et Roche. *Traité des machines à vapeur*. Gauthier-Villars, édit.

	<i>Report.</i>	23 500 fr.
Transmissions, câbles.		2 500
Tuyauteries, annexes.		3 500
Divers		2 500
Condenseur et prise d'eau.		4 000
Chaudières complètes.		15 000
Bâtiments (90 m ²), cheminée.		9 000
Total.		60 000 fr.

Les dépenses par cheval-heure de cette machine, en centimes, sont les suivantes :

NOMBRE D'HEURES DE MARCHÉ PAR AN EN 300 JOURS	1 000	3 000	6 000
Intérêt et amortissement	4,8	1,6	0,8
Combustible à 20 francs la tonne	4,2	3,4	3,2
Huiles et divers	0,2	0,2	0,2
Eau à 4 centime le mètre cube	0,3	0,3	0,3
Main d'œuvre.	1	0,7	0,6
Entretien.	0,8	0,8	0,8
Totaux.	11,3	7	5,9

Examinons maintenant le cas d'une machine horizontale compound à deux cylindres avec quatre chaudières, dont une de rechange, ayant chacune environ 200 mètres carrés de surface de chauffe. Il faudra trois hommes pour le service, plus quelques heures d'aides par jour, soit à peu près la main-d'œuvre de quatre hommes par heure de marche. La consommation de cette machine est de 1 kilogramme par cheval-heure, plus les allumages.

La dépense d'établissement peut se détailler comme il suit :

Machine seule.	70 000 fr.
Fondations	8 000
Montage	4 000
Transmissions, câbles.	6 000
Tuyauteries, annexes.	9 000
Divers	3 500
Condenseur et prise d'eau.	10 000
Chaudières complètes.	75 000
Bâtiments (250 m ²), cheminée	20 500
Total.	206 000 fr.

Les dépenses par cheval-heure occasionnées par cette machine sont les suivantes, évaluées en centimes.

NOMBRE D'HEURES DE MARCHE PAR AN EN 300 JOURS	1 000	3 000	6 000
Intérêt et amortissement	3,3	4,4	0,6
Combustible à 20 francs la tonne	2,8	2,3	2,2
Huiles et divers.	0,2	0,2	0,2
Eau à 4 centime le mètre cube	0,3	0,3	0,3
Main d'œuvre.	0,5	0,4	0,4
Entretien.	0,7	0,7	0,7
Totaux.	7,8	5	4,4

MOTEURS A GAZ PAUVRE

Il est encore plus difficile de donner des prix généraux au sujet des installations au gaz pauvre. M. J. Laffargue¹ croit cependant pouvoir donner les moyennes suivantes :

PUISSANCE UTILE EN CHEVAUX	DÉPENSE TOTALE ENVIRON EN FRANCS	DÉPENSE PAR CHEVAL EN FRANCS
20	14 000	700
50	27 000	550
100	38 000	380
200	65 000	325

Le prix de revient de ces moteurs par cheval-heure utile peut être ainsi évalué :

PUISSANCE UTILE EN CHEVAUX	DÉPENSES D'INTÉRÊT ET D'A- MORTISSEMENT	DÉPENSE DE CONDUITE (PER- SONNEL, GRAIS- SAGE, DIVERS) EN FRANCS PAR CHEVAL-HEURE	DÉPENSE DE COMBUSTIBLE EN FRANCS PAR CHEVAL-HEURE	PRIX TOTAL EN FRANCS PAR CHEVAL-HEURE
20	0,087	0,040	0,026	0,153
50	0,057	0,037	0,022	0,116
100	0,0316	0,030	0,0195	0,081
200	0,0270	0,015	0,018	0,06

¹ J. Laffargue. *Les applications mécaniques de l'énergie électrique*. Fritsch, édit.

Ces dépenses ont été calculées en prenant du charbon à 30 francs la tonne.

MOTEURS HYDRAULIQUES

L'évaluation de la dépense probable d'installation d'une usine hydraulique ne peut se faire qu'après une étude minutieuse des conditions particulières dans lesquelles on se trouve, car la plus grande partie des frais est occasionnée par la création de la chute. Lorsqu'il est nécessaire de construire des barrages de grande hauteur ou de percer de longs tunnels, la question de l'usine réceptrice peut devenir tout à fait secondaire.

Nous considérerons seulement, à titre d'exemple, le cas d'une chute de 3 mètres de hauteur moyenne et nous ne comprendrons dans les prix suivants que les travaux ordinaires de montage des turbines.

PUISSANCE UTILE EN CHEVAUX	DÉPENSE TOTALE ENVIRON EN FRANCS	DÉPENSE PAR CHEVAL EN FRANCS
20	4 500	225
50	7 000	140
100	10 000	100
200	18 000	90

Il est absolument impossible de donner, d'une manière générale, le prix de revient du cheval-heure utile avec les turbines hydrauliques. Ces prix sont, en effet, sujets à des variations considérables suivant les redevances payées pour la location des chutes si ces dernières sont louées ; ces prix sont également subordonnés à diverses conditions locales sur lesquelles on ne peut émettre aucune hypothèse. L'usure des turbines en particulier, dépend de la pression et de la rapidité des eaux, de la nature des graviers qu'elles entraînent, etc.

MACHINES DYNAMOS A COURANT CONTINU

Les prix des différentes machines électriques des stations centrales sont également soumis à des variations importantes. Les chiffres suivants peuvent être considérés comme des prix moyens, pour la France, se rapportant à des machines de construction soignée.

Dynamos compound pour traction (550 volts)

PUISSANCE ABSORBÉE EN CHEVAUX	PUISSANCE EN KILOWATTS	NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE	PRIX DE LA MACHINE A 2 PALIERS	PRIX DE LA MACHINE A 3 PALIERS	PRIX DES RAILS TENDEURS	PRIX DU RHÉOSTAT DE CHAMP
			Francs	Francs	Francs	Francs
55	37	580	5 000	»	»	200
81	55	550	6 000	6 350	170	220
102	70	550	8 250	8 650	230	250
120	80	450	9 200	9 650	230	250
160	110	450	10 900	11 450	230	280
200	134	400	13 000	13 600	230	300
300	220	235	19 000	20 000	230	350

Nous donnons, d'autre part, dans le tableau suivant des prix moyens se rapportant aux alternateurs triphasés.

ALTERNATEURS TRIPHASÉS				
PUISSANCE ABSORBÉE EN CHEVAUX	PUISSANCE EN KILOWATTS	TENSION MAXIMA	NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE	PRIX DE LA MACHINE AVEC SON EXCITATRICE
		Volts		
75	49	3 000	600	7 800
100	66	4 000	500	9 500
150	100	4 000	430	12 800
225	150	5 000	375	17 000
300	202	6 000	330	21 300
400	265	7 000	300	27 000
500	340	8 000	250	32 500

En ce qui concerne les transformateurs statiques on peut admettre les chiffres que nous donnons ci-après et qui se rapportent à des appareils provenant d'une des premières compagnies de construction. Ces prix correspondent à des transformateurs pour 3 000 volts. Pour les tensions plus élevées, les prix subissent une augmentation relative.

Nous indiquons seulement les prix approximatifs de quelques transformateurs triphasés choisis parmi les types les plus fréquemment utilisés.

TRANSFORMATEURS TRIPHASÉS		
WATTS RENDUS	POIDS APPROXIMATIF	PRIX
	Kilogrammes	Francs
5 000	220	650
7 000	270	840
10 000	330	1 050
16 000	450	1 500
23 000	600	1 950
33 000	800	2 600
46 000	1 100	3 250
66 000	1 500	4 200
100 000	2 300	5 780
133 000	3 000	7 500
200 000	4 400	10 000

Nous croyons utile de donner, également, les prix de vente de quelques types de commutatrice pour courants monophasé et triphasés :

Commutatrices pour courants monophasé et triphasés

WATTS		NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE	PRIX
Courant monophasé	Courants triphasés		
			Francs
36 000	50 000	750	5 600
53 000	71 000	750	7 700
65 000	90 000	600	9 600
80 000	110 000	500	12 000
110 000	150 000	429	15 500
140 000	190 000	375	18 500
190 000	250 000	300	23 500

PRIX DE REVIENT DE QUELQUES INSTALLATIONS

La station centrale des tramways de Brême comporte trois machines à vapeur Mac Intosh et Seymour de 180 chevaux indiqués et de 150 chevaux effectifs commandant par courroies trois dynamos tétrapolaires de 100 kilowatts.

Les dépenses se sont élevées aux chiffres suivants :

Chaudières et machines à vapeur	138 000 fr.
Machines électriques et tableaux de distribution	33 000
Bâtiment de l'usine	68 000
Total	239 000 fr.

L'usine du tramway de Bordeaux-Mouscat comprend deux chaudières Babcock et Wilcox, deux machines à vapeur Mac Intosh et Seymour faisant 235 tours par minute et deux dynamos tétrapolaires Thomson-Houston de 100 kilowatts. Le coût d'établissement, a été évalué comme il suit :

Machines, chaudières et accessoires.	109 350 fr.
Dynamos et accessoires.	53 535
Total.	162 885 fr.

Dans une grande ville de l'ouest de la France les prix de revient des différentes parties de la station centrale fournissant l'énergie aux tramways ont été estimés ainsi qu'il suit :

2 machines Corliss de 320 chevaux faisant 70 tours par minute, avec condensation (montage compris)	72 600 fr.
3 générateurs semi-tubulaires et à bouilleurs de 125 mètres carrés de surface de chauffe (montage compris)	28 500
Tuyauterie	8 600
1 pompe d'alimentation	4 400
1 bac d'alimentation	500
2 oléo-compresseurs	750
Planchers	3 300
2 courroies de 30 mètres de longueur	2 400
2 dynamos de 220 kilowatts à 235 tours	38 000
Tableau de distribution comprenant deux départs de feeders	3 800
Pont roulant et chemins de roulement	15 000
Total.	174 850 fr.

M. Ernest Gérard¹ donne les prix suivants relativement à la station centrale des tramways bruxellois.

3 chaudières de 233 mètres carrés et fondations	66 000 fr.
3 machines à vapeur de 225 chevaux et fondations	81 000
3 dynamos de 250 kilowatts à commande directe	120 000
Tuyaux, pompes, outils, épurateur d'eau d'alimentation	30 000
Tableau de distribution	12 000
Total.	309 000 fr.

Lorsque l'on veut avoir une première approximation sur le prix de

¹ Ernest Gérard. *Electro-traction*. Weissenbruch, édit. Bruxelles.

revient probable d'une station centrale à courant continu, ne présentant que des dispositions typiques, on peut évaluer à 500 francs par cheval le prix de revient de l'usine en ne comprenant pas le bâtiment. Ce chiffre est, bien entendu, susceptible de grandes variations; il pourrait conduire à de graves mécomptes si on le prenait à la lettre dans une étude un peu approfondie.

M. Maréchal, ingénieur des Ponts et Chaussées, a donné les évaluations probables qui suivent comme des limites extrêmes.

Dépenses par cheval.

Moteurs et chaudières	de 300 à 450 fr.	
Matériel électrique	250	200 —
Maçonnerie et bâtiment	250	150 —
Total de	800	500 fr.

M. Maréchal indique également un procédé approximatif consistant à adopter, par voiture de 50 places à 2 moteurs de 25 chevaux, les chiffres suivants (réserve comprise) :

- 36 000 fr. pour une petite installation.
- 24 000 fr. pour une moyenne installation.
- 16 000 fr. pour une importante installation.
- 12 000 fr. pour une très importante installation.

Avec la traction par accumulateurs, l'usine coûte de 12 000 à 16 000 francs par voiture.

Ces procédés d'évaluation sont toutefois plus ou moins inexacts. Le seul moyen de connaître à peu près exactement le prix de revient probable de l'usine consiste à faire un devis aussi détaillé que possible de toutes les parties qu'elle comporte, en tenant compte des variations de prix des machines et des matières premières.

DEUXIÈME PARTIE

ALIMENTATION DES LIGNES DE PRISE DU COURANT

CHAPITRE PREMIER

DÉTERMINATION DE LA SECTION DES FEEDERS

Les lignes de prise de courant sont alimentées par des feeders aériens ou souterrains à basse ou à haute tension. Dans ce dernier cas l'installation comporte des sous-stations de transformation abaissant la tension du courant jusqu'au voltage adopté pour les fils de travail. Les feeders à haute tension sont généralement alimentés par des courants alternatifs tandis que les feeders à basse tension sont parcourus par des courants continus ou alternatifs.

Ce dernier cas ne se présente que lorsque les courants triphasés sont choisis pour l'alimentation des moteurs des voitures.

Il y a donc une distinction à faire selon qu'il s'agit de feeders alimentant directement ou indirectement les fils de travail.

On peut comprendre l'installation des feeders de deux manières différentes. Ils peuvent être constitués par une série de câbles distincts alimentant les fils de travail en différents points du réseau.

C'est le cas qui se présente tout naturellement lorsque la station centrale est disposée au centre du réseau.

Lorsqu'il n'en est pas ainsi et lorsque le plan du réseau a une forme très allongée, les feeders peuvent longer le fil de travail sur une grande partie de sa longueur. En des points déterminés on met alors en communication le feeder avec les fils de travail. Cette disposition conduit à l'emploi, pour les feeders, de câbles de sections décroissantes. De cette façon la densité de courant est à peu près constante en tous les points du feeder, ce qui permet d'éviter une dépense de cuivre exagérée.

On peut également installer le long de la voie une série de feeders parallèles aboutissant en différents points de la ligne aérienne. Ce cas se ramène, en somme, au précédent.

La détermination de la section qu'il convient de donner à un feeder à courant continu se fait en partant du calcul de la consommation de courant sur la ligne, calcul que nous avons indiqué à propos de la détermination de la puissance des stations génératrices. Connaissant l'intensité I du courant que doit fournir le feeder on détermine la section de ce dernier en employant la formule $E = RI$.

Or

$$R = \frac{\beta L}{S}$$

donc

$$E = \frac{\beta LI}{S}$$

et

$$S = \frac{\beta LI}{E}$$

en appelant L la longueur du feeder depuis la station centrale et β la résistance spécifique du métal.

Cette formule permet de déterminer la section qu'il convient de donner au feeder à la condition d'admettre dans le feeder une perte de charge donnée.

M. R. Godfernaux a fort bien résumé la manière de déterminer cette section dans son intéressant ouvrage sur la traction mécanique des tramways¹. Nous en extrayons le paragraphe suivant :

La section à donner aux feeders et aux fils de trolley est basée sur la perte de potentiel à admettre entre les deux extrémités de ce fil. Il est donc utile de déterminer cette perte.

Généralement, on admet une perte totale de $\frac{1}{10}$ entre les deux bornes de la génératrice, soit 50 volts pour un voltage de 500 volts, voltage à peu près général pour les tramways.

Mais cette chute totale de potentiel est à répartir entre le feeder, les fils de trolley et le conducteur de retour, qui est le plus généralement formé par les rails. Nous verrons que, dans le but d'éviter les effets électrolytiques qui se produisent dans le circuit de retour par les rails, la chute de potentiel dans ceux-ci ne doit jamais dépasser 5 volts, ce qui pour un voltage de 500 volts et une perte de potentiel de 50 volts correspond au $\frac{1}{10}$ de cette perte.

Soit donc : m , la perte de potentiel qui devra être prise par le feeder ; m' , celle à répartir entre les fils de trolley ; n , la variation de perte de potentiel dans les fils de trolley résultant des démarrages ou efforts supplémentaires, pouvant faire varier m' depuis 1,5 jusqu'à 4 fois sa valeur normale, suivant le nombre des voitures en circulation.

Nous pouvons écrire :

$$mE + m'nE + \frac{E}{10} = E.$$

¹ Raymond Godfernaux. *La traction mécanique des tramways*, 1898. Béranger, édit.

D'où

$$m' = \frac{9 - 10 m}{10 n}.$$

Cette formule nous donnera donc la chute de potentiel à admettre pour les fils de trolley et nous permettra, par suite, d'en calculer les dimensions au moyen des formules précédentes.

Admettons comme exemple, que la chute de potentiel dans le feeder soit le $\frac{1}{10}$ de la chute totale de 50 volts = m et que les variations d'efforts dus aux démarrages, etc., soient de 2,5 = n . Nous aurons :

$$\begin{aligned} m' &= \frac{9 - 10 \times 0,1}{10 \times 2,5} \\ &= 0,32. \end{aligned}$$

Nous avons donc la répartition suivante :

Feeder.	$50 \times 0,1$	= 5 volts
Fils de trolley	$50 \times 0,32 \times 2,5$	= 40 —
Rails de retour.	$50 \times 0,1$	= 5 —
Chute de potentiel totale =		50 volts

Cette condition de limiter la chute de potentiel dans le calcul des fils de trolley est d'une très grande importance pour la régulation de la marche des voitures; c'est même assez souvent cette seule base qui sert à en déterminer les dimensions.

Toutefois il y a une autre condition à remplir qui elle aussi a sa valeur; il s'agit de la question « économique ». La section des fils de trolley doit être telle que la dépense nécessaire pour la transmission de l'énergie au travers de ces fils, plus l'amortissement du capital engagé pour leur établissement soit un minimum.

Il s'agit de l'application aux fils de trolley de la formule connue sous le nom de « formule de lord Kelvin » et que nous croyons devoir rappeler sous sa forme primitive.

Cette formule exprime que la *dépense d'exploitation* est la somme des dépenses d'amortissement du conducteur et d'énergie dépensée dans le même conducteur; cette dépense totale doit être rendue minimum.

La dépense d'énergie dans le conducteur est :

$$Ri^2t = \beta \frac{L}{S} i^2t$$

t représentant la durée annuelle du temps pendant lequel le courant a circulé dans le fil. Si p représente le prix du watt-heure, la dépense totale pour la transmission de l'énergie sera :

$$p\beta \frac{L}{S} i^2t.$$

Le prix de la canalisation de longueur L et de section S se composera : d'un terme a fixe, représentant par unité de longueur le prix des supports,

de la pose, etc., et d'un terme mS où m représente le prix de l'unité de section et de l'unité de longueur du fil employé.

Ce prix de la canalisation sera donc :

$$(a + mS)L$$

et en représentant par α le taux d'amortissement de ce fil on aura pour la dépense totale d'exploitation

$$A = (a + mS)\alpha L + p\beta \frac{L}{S} i^2 t.$$

En cherchant la valeur de S qui rendra cette valeur minimum nous aurons :

$$S = i \sqrt{\frac{\beta t p}{m \alpha}}$$

Telle est la formule de lord Kelvin.

Pour établir cette formule, on admet une intensité de courant i constante pour toute la longueur du câble ; elle est donc applicable pour le calcul des feeders. Mais lorsqu'il s'agit de fils de trolley, la mobilité de la charge entraîne des variations d'intensité dans le courant suivant les positions de cette charge. Il est donc nécessaire de chercher la valeur de i qui dans ce cas devra être substituée dans la formule.

Nous suivrons pour la détermination de cette valeur la marche indiquée par M. Péliissier dans son étude publiée dans le numéro du 3 avril 1897 de *L'Éclairage Électrique*.

Lorsqu'il s'agit d'un ou de deux fils de trolley alimentant une série de voitures les unes marchant dans un sens, les autres en sens contraire, la chute totale de potentiel est représentée par la formule

$$\frac{2R}{n-2} i \left[(n-2) + (n-4) + \dots + n - (n-2) \right] = E.$$

Dans cette formule $R = \frac{\beta L}{s}$ = résistance totale des deux fils de trolley,

n = le nombre des voitures sur une longueur considérée L .

La dépense d'énergie sera :

$$\frac{2R}{n-2} i^2 \left[(n-2)^2 + (n-4)^2 + \dots + (n - (n-2))^2 \right] = Ri^2 \frac{n(n-1)}{3}$$

Nous aurons donc à substituer à la valeur de i dans la formule de lord Kelvin la valeur

$$i \sqrt{\frac{n(n-1)}{3}}$$

et nous aurons définitivement

$$S = i \sqrt{\frac{\beta t p n (n-1)}{3 m \alpha}}$$

$$n = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{3 m \alpha S^2}{\beta p t i^2}}$$

Cette formule nous donnera la section de fil la plus économique, au point

de vue de la dépense d'exploitation. On aura ensuite à vérifier, au moyen de la formule précédente *ou elle donne* :

$$e = \frac{nRi}{2}$$

si, étant donnée la section du fil ainsi déterminée la chute de potentiel restera dans les limites fixées. Généralement, en pratique, on calcule la section suivant les deux méthodes et on choisit la section maximum.

Le conducteur d'énergie électrique doit encore satisfaire à une troisième condition : le courant ne doit pas échauffer outre mesure le conducteur. Mais nous ajouterons que lorsque celui-ci satisfait aux deux premières conditions, la troisième est toujours remplie ; il n'y a donc pas à s'en préoccuper.

Exemple. — Soit une ligne de tramway à deux voies et de deux kilomètres de longueur, à trafic très intense, c'est-à-dire ayant 5 voitures montantes et 5 descendantes soit en tout 10 voitures, l'espacement de celles-ci étant par conséquent de 500 mètres. Chaque voie est alimentée par un fil de trolley en bronze siliceux de 8,5 millimètres de diamètre (section : 68,06 millimètres carrés) et les deux fils de trolley sont reliés à l'usine centrale par un feeder dont la longueur est de 4 kilomètres.

Il s'agit de déterminer en employant l'une des méthodes dont nous venons de parler, la section à donner au distributeur dans le cas où celle des fils de trolley serait insuffisante ainsi que la section du feeder. ?

Application de la méthode basée sur la chute de potentiel. — Nous admettons une chute de potentiel totale aux bornes de 50 volts, le voltage étant de 500 volts.

Nous admettrons également que la chute de potentiel dans les rails qui

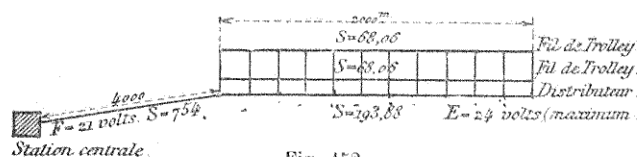


Fig. 152.

forment le courant de retour, ne dépasse pas 5 volts et que la même chute dans le feeder sera les 0,42 de la chute totale (fig. 152).

La chute de potentiel à admettre dans les fils de trolley sera donc, d'après la formule que nous avons donnée :

$$m' = \frac{9 - 10 \times 0,42}{10 \times 2} = 0,24$$

en supposant que, dans ce cas, les variations dues au démarrages et aux efforts supplémentaires soient égales à 2. Cette chute de potentiel sera donc de 12 volts et pourra être portée au maximum à $12 \times 2 = 24$ volts.

La répartition de la chute de potentiel sera donc la suivante :

Feeder.	$0,42 \times 50$	= 21 volts
Fils de trolley.	$0,24 \times 50 \times 2$	= 24 —
Rails.		= 5 —
Chute totale.		= 50 volts

La section des fils d'alimentation des voitures (fil de trolley et câble distributeur) sera déterminée par la formule donnée précédemment :

$$S = \frac{n\beta Li}{2E}$$

dans laquelle :

- n = nombre de voitures en circulation = 10 ;
- β = 0,022 résistance spécifique du bronze siliceux ;
- L = 2 000 longueur de la section ;
- i = intensité moyenne du courant par voiture, que nous supposons être de 18 ampères ;
- E = 12, chute de potentiel dans les fils d'alimentation.

$$S = \frac{10 \times 0,022 \times 2000 \times 18}{24} = 330 \text{ millimètres carrés.}$$

Les deux fils de trolley ayant une section de $68,06 \times 2 = 136,12$ millimètres carrés, la section à donner au câble distributeur établi tout le long du fil de trolley sera de :

$$330 - 136,12 = 193,88 \text{ millimètres carrés.}$$

La section du feeder se déterminera au moyen de la formule donnée plus haut :

$$S = \frac{\beta Li}{E}$$

- β = 0,022 résistance spécifique du bronze siliceux ;
- L = 4 000 mètres, longueur du feeder ;
- E = 21 volts ;
- i = 180 ampères correspondant à 10 voitures consommant chacune 18 ampères.

$$S = \frac{0,022 \times 4000 \times 180}{21} = 754 \text{ millimètres carrés.}$$

Détermination de l'emplacement des feeders. — Il existe plusieurs méthodes permettant de déterminer avec une certaine approximation le point de la ligne aérienne qui doit être alimenté par un feeder.

Nous indiquerons, seulement, une méthode graphique qui donne des résultats assez exacts sur un réseau peu accidenté lorsque les horaires sont régulièrement observés.

On trace une horizontale ox représentant la ligne (fig. 153). Au point O se trouve la station centrale. A un instant déterminé les voitures se trouvent réparties sur la ligne en 1, 2, 3, 4... On calcule pour chaque voiture la perte de charge éprouvée par le courant qui lui est nécessaire en parcourant au moyen des fils de trolley la distance séparant la voiture de l'usine.

$$e_1 = \frac{i_1 l_1 \rho}{s}, \quad e_2 = \frac{i_2 l_2 \rho}{s}, \dots, \quad e_n = \frac{i_n l_n \rho}{s}$$

i_1, i_2, \dots étant les intensités du courant absorbé par chaque voiture, l_1, l_2, \dots les distances des voitures à l'usine, ρ le coefficient de résistivité du cuivre et s la section du ou des fils de trolley.

On porte ensuite en ordonnées

$$h_1 = e_1$$

$$h_2 = e_1 + e_2$$

$$h_n = e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_n.$$

On fait ensuite passer une courbe par les différents points obtenus.

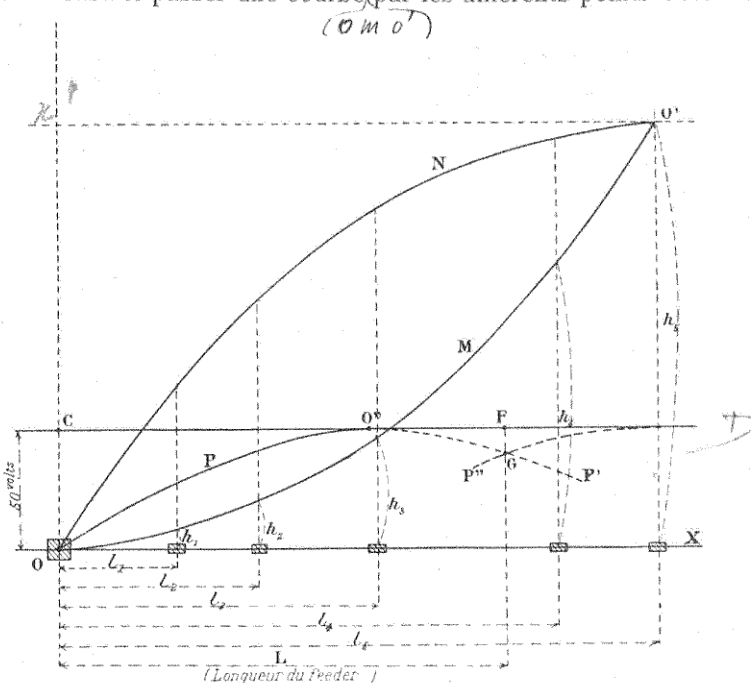


Fig. 153. — Détermination graphique de l'emplacement d'un feeder.

Cette courbe donne en chaque point la somme des différentes pertes de charge depuis le point considéré jusqu'à l'usine.

Par le point O' de cette courbe correspondant à la perte de charge maximum on fait passer une horizontale O'x'. On décale ensuite la courbe et on la retourne de telle sorte que Ox coïncide avec O'x'. On obtient une nouvelle courbe passant à la fois par O et O' et tangente en O' à l'axe O'x'. Les ordonnées de cette nouvelle courbe, par rapport à l'axe Ox, représentent la perte de voltage en différents points du parcours.

Nous voulons par exemple que la perte n'excède pas 50 volts. On trace une parallèle CD à Ox à une distance $OC = 50$ volts. On fait ensuite glisser la courbe N parallèlement à elle-même jusqu'à ce que l'axe $O'x'$ coïncide avec CD en s'arrangeant de telle sorte que la courbe passe toujours par le point O . On obtient ainsi la courbe P passant par O et O'' . Le point O'' représente le point le plus éloigné de la ligne aérienne qui doit être alimenté directement par la station centrale. Le feeder devra donc alimenter la partie $O''B$ de la ligne aérienne. Il est donc tout naturel de le brancher sur les fils de travail à égale distance des points O'' et B . La longueur L du feeder est donc ainsi déterminée.

On peut déterminer la perte de charge dans l'espace $O''B$ de la ligne aérienne en retournant la courbe OO'' autour d'un axe vertical passant par le point O' . L'intersection de cette nouvelle courbe P' avec l'ordonnée correspondant au point de branchement du feeder a lieu en un point G . La longueur FG représente la perte de charge maximum dans l'espace considéré.

Comme nous l'avons déjà dit cette méthode ne donne que des résultats approximatifs. Il faut, bien entendu, faire une série d'épures correspondant à différents emplacements des voitures et choisir entre les différents emplacements celui qui paraît le plus convenable pour l'installation du branchement du feeder. Lorsque le profil de la ligne est très accidenté et lorsque les voitures ne circulent pas d'une manière régulière, la méthode précédente perd une grande partie de sa valeur.

Cette méthode s'applique également à la détermination de l'emplacement des feeders de retour. On remplace alors la résistivité des fils de trolley par celle des rails et on trace une horizontale à une hauteur correspondant à la perte maxima (généralement 5 volts) qui est tolérée dans ces derniers.

Feeders pour courants alternatifs. — Le calcul des feeders transmettant des courants alternatifs est beaucoup plus compliqué car il doit tenir compte de l'inductance des conducteurs et de la capacité des câbles.

Nous n'aborderons pas ici l'examen des différentes méthodes que l'on peut employer pour le calcul des feeders à courants alternatifs. Nous renverrons nos lecteurs aux différents ouvrages spéciaux qui ont été publiés sur cette question ¹.

¹ J. Rodet, *Distribution de l'énergie par courants polyphasés*, 1898, Gauthier-Villars, éditeur. — Loppé et Bouquet, *Traité des courants alternatifs industriels*, 1896, Bernard, éditeur. — André Blondel, Études publiées dans l'*Eclairage Electrique*, en 1894.

Les câbles armés renfermant les deux ou les trois conducteurs constituant le feeder à haute tension permettent de réduire au minimum les effets d'induction mutuelle. Ce résultat est obtenu grâce à l'enroulement en spirale des différents conducteurs contenus dans le câble.

Emploi des survolteurs. — Nous avons vu à propos de la construction des dynamos employées pour la traction électrique, que l'on faisait généralement usage des machines compound qui donnent la possibilité d'avoir un voltage aux bornes à peu près fixe ou bien des machines hypercompound qui permettent d'obtenir un voltage sensiblement constant en un point déterminé du réseau.

Lorsqu'il existe plusieurs feeders placés dans des conditions différentes, il devient alors impossible de réaliser la constance de voltage en des points différents du réseau. On peut alors faire usage des survolteurs qui permettent de relever le voltage du réseau en des points déterminés.

Un survolteur n'est autre chose qu'une petite dynamo génératrice que l'on intercale *en série* sur le circuit d'un feeder. Cette dynamo détermine l'élévation du voltage d'une quantité donnée.

Ce survolteur peut être mis en mouvement par un moteur quelconque.

Généralement on accouple directement le survolteur à un moteur électrique branché *en dérivation* sur le feeder. On réalise ainsi une sorte de transformateur rotatif qui absorbe de l'intensité pour restituer de la tension. Cette expression, bien qu'étant incorrecte, fait cependant comprendre plus facilement le rôle de cet appareil.

On peut intercaler des survolteurs sur les feeders aboutissant aux points les plus éloignés de l'usine. On peut également réaliser une disposition permettant d'intercaler le survolteur sur l'un quelconque des feeders suivant les nécessités de l'exploitation (fig. 154). Des interrupteurs à deux directions donnent la possibilité de mettre les feeders en communication avec la barre à 500 volts ou avec la barre du survolteur.

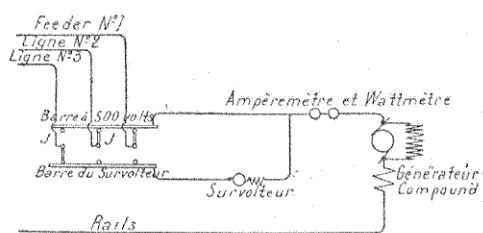


Fig. 154. — Schéma de l'installation d'un survolteur.

CHAPITRE II

CONSTRUCTION DES FEEDERS

§ 1. — FEEDERS A BASSE TENSION

A l'intérieur des villes les feeders à basse tension sont la plupart du temps souterrains. Dans les campagnes il est plus avantageux de les poser sur poteaux. On peut même utiliser pour cet usage les supports des fils de travail.

Un feeder d'alimentation directe des fils de trolley ne comporte naturellement qu'un seul fil à moins qu'il ne soit doublé d'un feeder de retour en communication avec les rails.

a. Feeders aériens. — Fils. — On emploie généralement pour constituer ces feeders le fil ordinaire de trolley de 9 millimètres. On se sert également du fil de 11 millimètres, mais au-dessus de ce diamètre il faut avoir recours aux câbles, dont le poids est assez considérable.

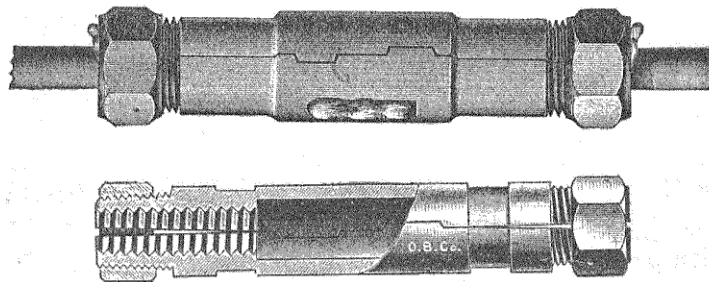


Fig. 153 et 156. — Manchon d'assemblage pour fil de feeder.

L'installation de ces câbles ne peut se faire que sur des supports très robustes.

Les jonctions des fils peuvent s'effectuer d'une manière très simple au moyen de manchons de serrage spéciaux (fig. 153 et 156).

Ces manchons sont constitués par deux demi-cylindres évidés ren-

dus solidaires l'un de l'autre au moyen d'emboîtements. Le serrage de deux écrous sur des pas de vis coniques provoque le serrage de deux demi-cylindres sur les deux bouts des fils à assembler.

Isolateurs. — Ces fils ou ces câbles sont supportés par des isolateurs qui peuvent être en porcelaine, en verre ou en matière isolante englobée dans un support métallique.

L'isolateur en porcelaine à double cloche convient très bien pour les fils de 9 millimètres et 11 millimètres transmettant un courant à 500 volts (fig. 157). Le fil repose dans une gorge placée à la partie supérieure de l'isolateur. La gorge circulaire placée au-

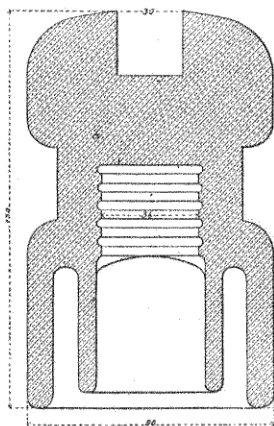


Fig. 157. — Isolateur en porcelaine pour feeder à basse tension.

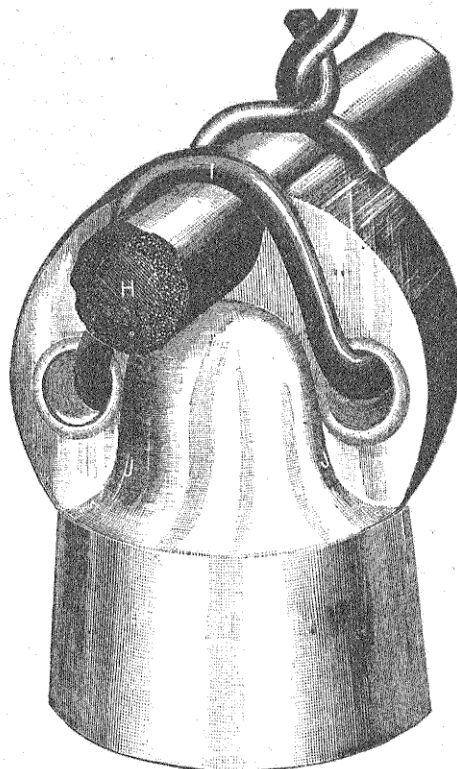


Fig. 158. — Isolateur en verre pour feeder.

dessous de la tête permet de faire une ligature pour empêcher le fil de sortir de son logement.

Cette gorge circulaire sert également à soutenir le fil dans les courbes où l'effort horizontal prend une grande valeur.

Les isolateurs en porcelaine sont parfois munis d'une tête en bronze affectant la forme d'une fourche (fig. 159). Lorsque le fil est mis en place, on referme les griffes de la fourche, ce qui dispense d'une ligature.

On fabrique également des isolateurs en verre qui répondent au

même but. Ces isolateurs qui sont assez employés en Amérique, présentent l'avantage de coûter moins cher que les isolateurs en porcelaine et de rendre visibles tous les défauts d'homogénéité que l'on ne peut constater avec les matières opaques. Ils sont, par contre, plus hygrométriques que les isolateurs en porcelaine et résistent mal aux variations de température.



Fig. 159. — Chapeau à griffes pour isolateur.

Il est indispensable que la porcelaine soit vitrifiée dans toute son épaisseur et l'on ne peut s'assurer que les isolateurs en porcelaine remplissent cette condition qu'en cassant quelques-uns de ceux qui appartiennent aux différents lots.

L'isolateur en verre représenté sur la figure 158 est de construction américaine; il est muni de deux trous qui permettent de faire une ligature.

Lorsqu'il s'agit de supporter des câbles d'un grand poids, l'emploi d'isolateurs en métal et matière isolante paraît tout indiqué.

L'un des plus simples est constitué par une cloche en fonte malléable ou en bronze portant à son intérieur un boulon isolant (fig. 161). A la partie supérieure de la cloche se trouvent deux supports à charnière terminés par deux mâchoires entre lesquelles on place le câble. Ces mâchoires serrent le câble d'autant plus fort que le poids de ce dernier est plus élevé.

Une variété d'isolateur de ce type est représentée sur la figure 159 bis.

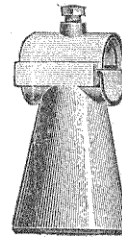


Fig. 159 bis. — Isolateur pour feeder.

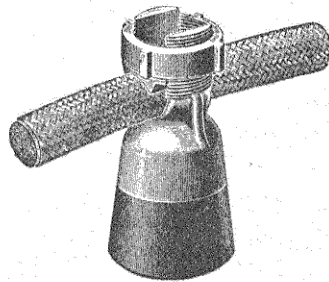


Fig. 160. — Isolateur pour feeder.

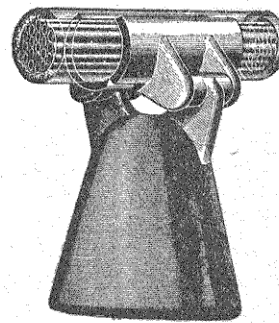


Fig. 161. — Isolateur pour feeder.

A la partie supérieure se trouve une gorge demi-circulaire sur laquelle on peut enfiler un chapeau de même forme. Lorsque ce dernier est en

place on immobilise le tout en serrant la vis de pression placée à la partie supérieure.

Ferrures. — Les isolateurs en porcelaine et en verre peuvent être supportés par des ferrures en fer forgé que l'on assujettit sur la partie supérieure des poteaux de la ligne aérienne au moyen de colliers de serrage (fig. 163).

Il arrive parfois que les arbres ne permettent pas d'avoir recours à cette disposition. On se trouve alors dans l'obligation d'utiliser les tubes- consoles eux-mêmes. On les munit de ferrures (fig. 164) qu'on place aussi près que possible des poteaux pour diminuer les moments de flexion développés par le poids du fil.

Lorsqu'il s'agit de câbles d'un poids élevé, on supporte les isolateurs au moyen de tiges verticales

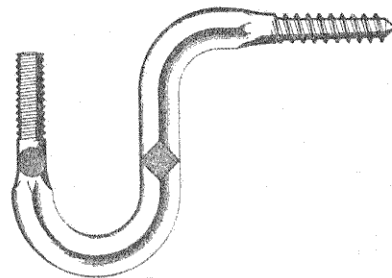


Fig. 162. — Ferrure d'isolateur pour poteau en bois.

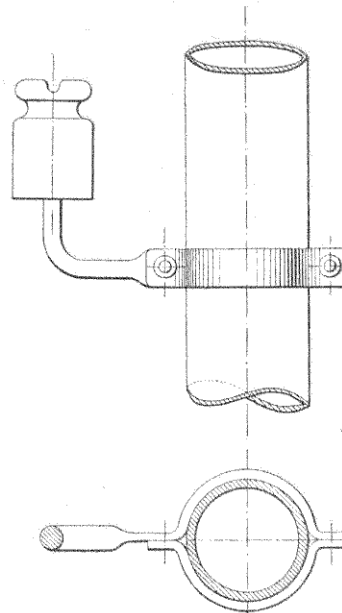


Fig. 163. — Ferrure pour poteau métallique.

que l'on enfonce dans des supports en fonte se fixant au sommet du poteau au moyen d'un collier. Ces supports se prêtent à l'installation d'un grand nombre de fils les uns à côté des autres (fig. 165 et 166).

b. Feeders souterrains. — Les feeders souterrains sont généralement constitués par des câbles armés placés directement dans le sol. Ces câbles sont quelquefois enfilés dans des fourreaux métalliques ou disposés dans des caniveaux spéciaux.

Les câbles armés employés pour des tensions de 500 volts environ comprennent la plupart du temps des éléments analogues. Voici par exemple, un câble construit par la Société Siemens de Berlin (fig. 169 et 171).

Il comprend :

- 1° Une âme en fils de cuivre.
- 2° Une couche de tissu imprégné de cire minérale.
- 3° Une gaine de plomb étirée à froid autour de l'isolant et destinée à assurer une étanchéité parfaite.
- 4° Une couche de jute, goudronnée, qui sert de matelas entre la gaine de plomb et l'armature protectrice.
- 5° L'armature protectrice formée par deux forts rubans d'acier enroulés en spirale et dont l'un chevauche sur les joints de l'autre.

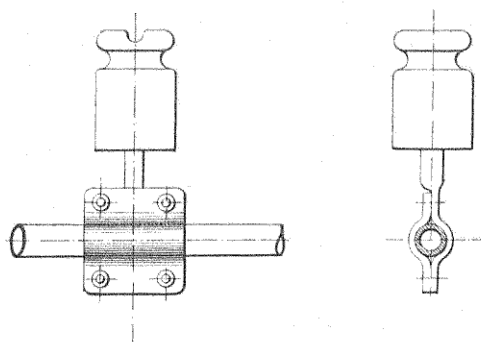


Fig. 164. — Ferrure pour console.

- 6° Une dernière couche de jute, goudronnée, qui met l'acier à l'abri du contact de l'air et de l'humidité et le préserve de l'oxydation.

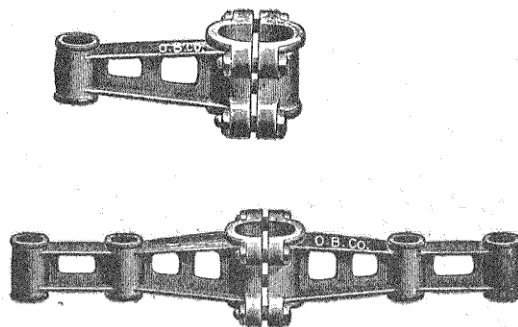


Fig. 165. — Supports d'isolateurs.

Après la pose, l'isolement de ces câbles atteint environ 6 à 7 000 megohms par kilomètre.

Généralement ces câbles se posent directement en terre, au fond d'une tranchée.

Dans les villes on exécute la plupart du temps sur les trottoirs des tranchées de 0 m. 50 de largeur et de 0 m. 60 de profondeur environ.

On dépose les câbles dans le fond de la tranchée en les entou-

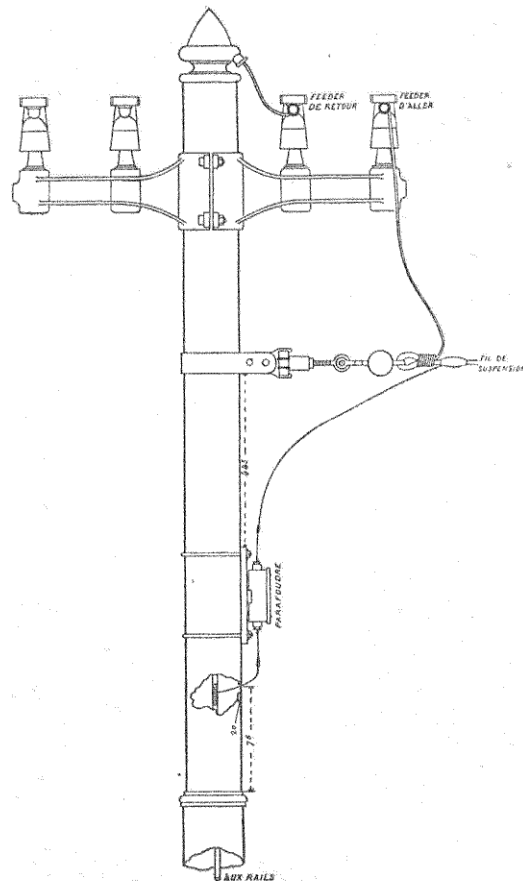


Fig. 166. — Support d'isolateurs monté sur un poteau.

rant d'un lit de sable de rivière. Cette précaution a pour but de placer les câbles dans un milieu perméable ne retenant pas l'humidité.

Dans le but de prévenir les ouvriers qui pourraient ultérieurement faire des fouilles, sur le trajet des câbles, on place à 0 m. 30 au-dessus de ces derniers un grillage en fil de fer galvanisé.

La traversée des rues se fait généralement en employant des fourreaux constitués par de simples tuyaux en fonte. On peut, de la sorte,

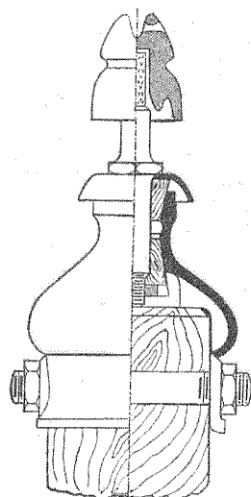


Fig. 167. — Ferrure pour tête de poteau.

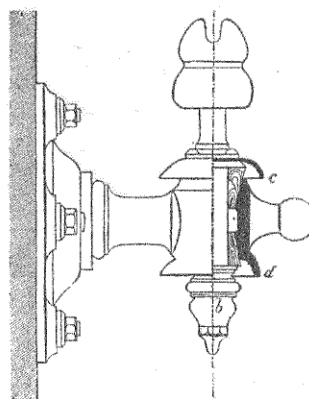


Fig. 168. — Ferrure applique.

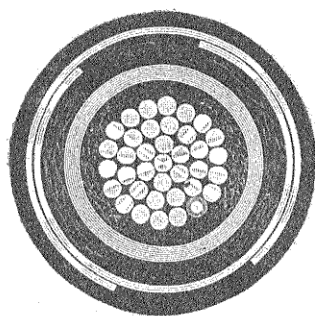


Fig. 169. — Câble armé.

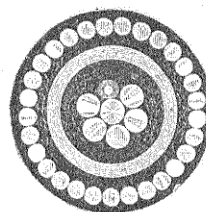


Fig. 170. — Câble à deux conducteurs.

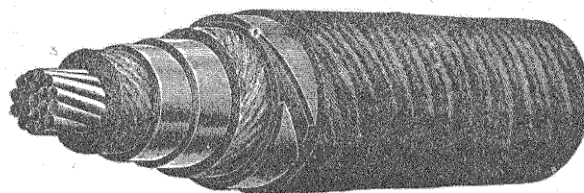


Fig. 171. — Câble armé.

renouveler les câbles sans qu'il soit nécessaire de faire de fouilles dans la rue et d'entraver la circulation.

Depuis quelque temps on emploie assez souvent une disposition qui consiste à placer les câbles dans un caniveau en bois pourvu de

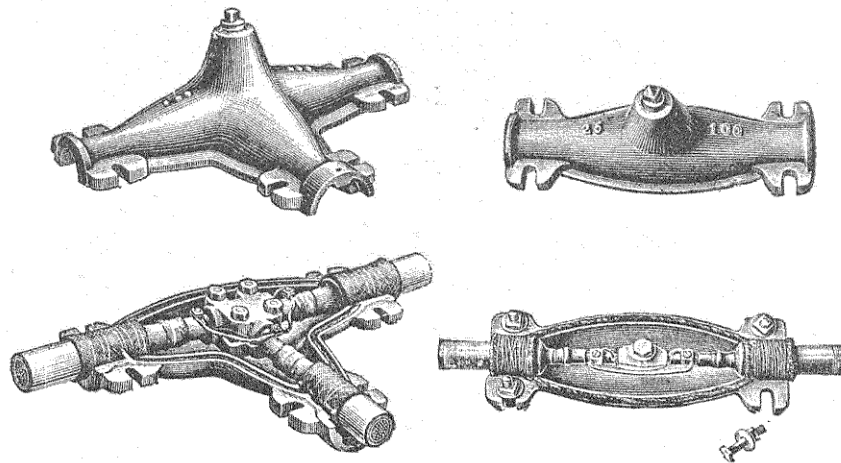


Fig. 172. — Boîtes de branchement et de jonction.

fourches de support. Le caniveau est ensuite rempli d'une matière isolante, qui est généralement du bitume (fig. 173).

Les différents branchements ou les jonctions que l'on peut avoir à exécuter sur ces câbles se font au moyen de *boîtes de jonction*.

Ces boîtes se composent de deux coquilles en fonte que l'on peut serrer à bloc l'une contre l'autre au moyen de boulons. Ces coquilles comprennent entre elles des ouvertures permettant le passage des câbles à jonctionner (fig. 172).

A l'intérieur de la boîte on dénude les différents câbles en gradins suivant

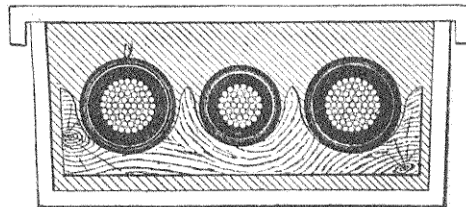


Fig. 173. — Caniveau en bois pour câbles.

leurs couches successives et on les relie entre eux au moyen de pinces en cuivre exerçant un serrage énergique. Ces pinces se trouvent alors suspendues sur les câbles sans toucher les parois de la boîte. Quand le contact est établi, on referme la boîte, on serre à fond les différents boulons et on coule à chaud une matière isolante par une ouverture ménagée à la partie supérieure de l'une des coquilles; on ferme ensuite ce trou hermétiquement au moyen d'un bouchon à vis.

Avant de serrer les deux coquilles, on prend la précaution d'enrouler

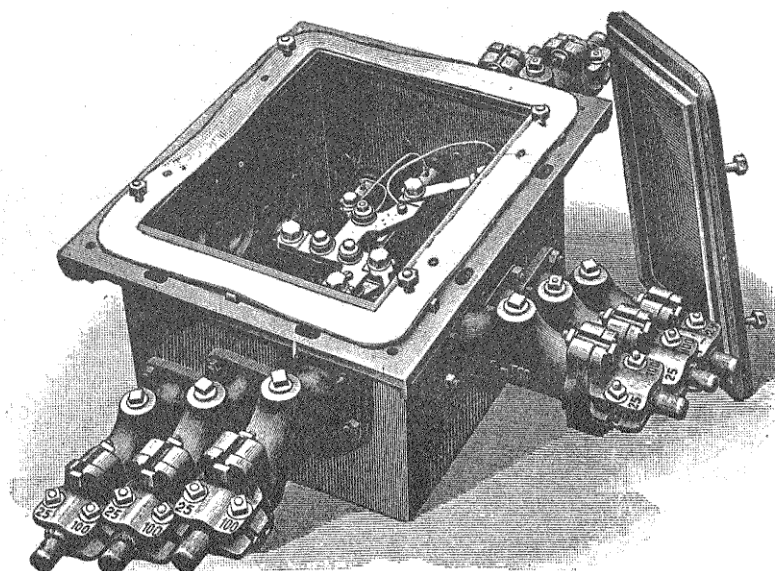


Fig. 174. — Boîte de branchement pour plusieurs câbles.

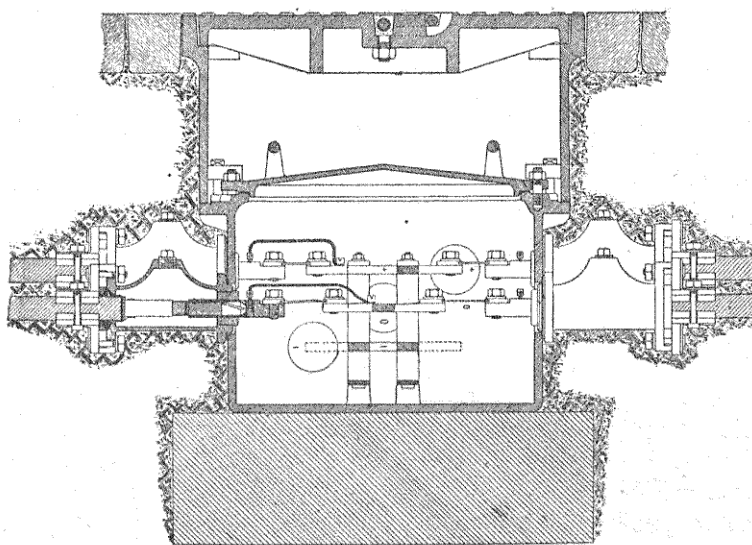


Fig. 175. — Coupe de boîte de branchement.

du filin aux emplacements du câble où doit se produire le serrage de la boîte.

Lorsqu'il s'agit de connecter convenablement plusieurs câbles entre eux et lorsque l'on veut se réserver la possibilité de modifier ou de supprimer les connexions, on fait usage de boîtes spéciales représentées sur les figures 174 et 175. Ces boîtes qui se placent sous les trottoirs sont munies d'une double fermeture. Cette fermeture est constituée par un tampon de regard et par une plaque boulonnée avec joint de caoutchouc.

Les connexions des différents câbles s'établissent au moyen de lames métalliques convenablement boulonnées; on peut même, si on le désire, établir les communications au moyen de coupe-circuits fusibles.

Ces lames mobiles permettent, de plus, de mettre hors circuit les différents câbles lorsque l'on veut exécuter des essais d'isolement.

§ 2. — FEEDERS A HAUTE TENSION

a. Feeders aériens. — Les feeders aériens à haute tension ne peuvent s'établir que dans les campagnes et, encore, les règlements ne permettent-ils pas toujours leur installation.

Lorsque la chose est possible on évite de les placer sur les poteaux de ligne aérienne. On ne s'écarte généralement de cette règle que dans quelques cas particuliers où l'installation d'une ligne séparée présenterait de grandes difficultés. Ce cas peut se présenter notamment dans la construction des chemins de fer de montagne.

L'usage des poteaux en bois est tout indiqué pour le montage des lignes à haute tension, puisqu'elles sont généralement établies à travers la campagne.

Fils. — Le fil de cuivre dont on fait usage dans les lignes à haute tension, à courant alternatif, doit avoir un faible diamètre afin de présenter une réactance limitée. Comme nous l'avons déjà dit le calcul de ce diamètre est assez difficile puisque l'on se trouve obligé de tenir compte de la résistance électrique des conducteurs et de leur self-induction.

La pratique a démontré que les fils transmettant des courants alternatifs à haute tension ne doivent pas avoir des diamètres supérieurs à 8 millimètres, à cause des phénomènes de self-induction.

Dans le but d'éviter les phénomènes d'induction mutuelle qui se produisent dans les fils par suite de leur voisinage, on les croise de temps en temps.

Lorsqu'il s'agit d'une ligne triphasée la meilleure disposition consiste à placer les fils à égale distance les uns des autres et non pas parallèlement entre eux. De plus il faut tourner ces fils en hélice tous les dix

poteaux environ. On obtient ce résultat en ne plaçant pas les fils sur les mêmes isolateurs que sur les poteaux précédents.

Isolateurs. — On a commencé par employer sur les lignes à haute tension des isolateurs à huile qui ont semblé donner de très bons résultats. On s'est vite aperçu que l'excellent isolement réalisé, dès le début, ne durait pas par suite de l'accumulation des poussières et des insectes dans le bain d'huile.

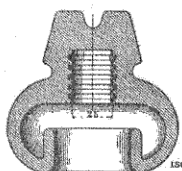


Fig. 176. — Isolateur à bain d'huile.

De plus, ces isolateurs ont le grave inconvénient d'exiger un entretien et une surveillance continues, aussi sont-ils fort peu employés sur les nouvelles installations que l'on fait aujourd'hui.

La figure 176 représente l'isolateur à bain d'huile le plus simple ; il

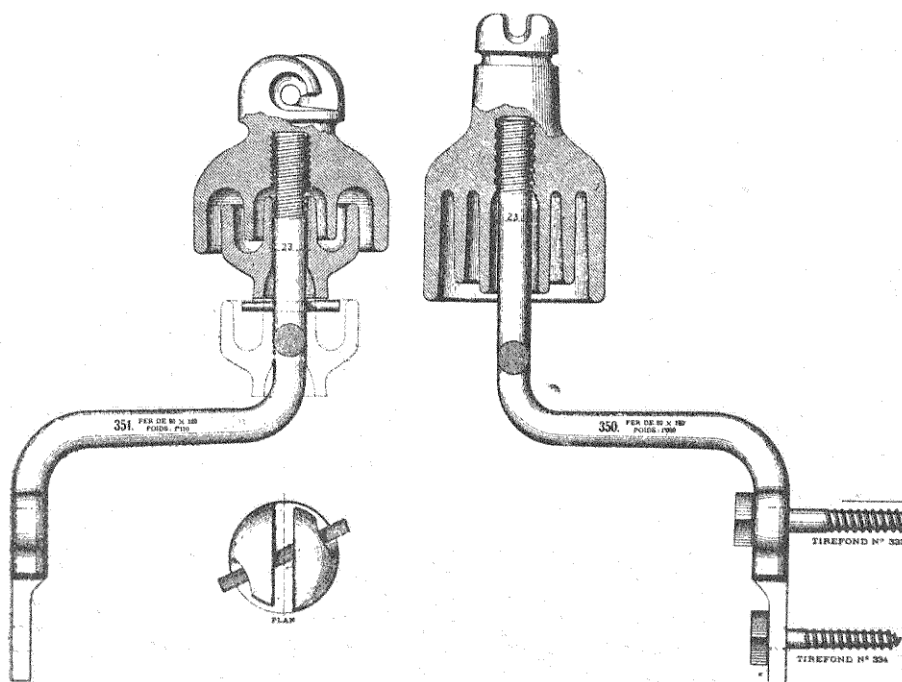


Fig. 177. — Isolateur à bain d'huile perfectionné.

Fig. 178. — Isolateur à triple cloche pour haute tension.

n'est pour ainsi dire plus utilisé à présent. On a perfectionné cet isolateur en lui donnant la forme d'une double cloche et en faisant plonger la cloche intérieure dans un godet plein d'huile (fig. 177). En enlevant

une petite cheville enfoncée dans la ferrure de support on peut faire descendre le godet pour le visiter et remplacer l'huile avec une pipette. Sous cette forme, l'isolateur à huile peut donner de bons résultats, mais il présente toujours l'inconvénient d'exiger un grand entretien.

On préfère, aujourd'hui, avoir recours à l'isolateur à triple cloche qui n'exige aucun entretien et qui procure un isolement à peu près constant (fig. 178).

Lorsque la matière constituant un isolateur est saine, ce dernier ne

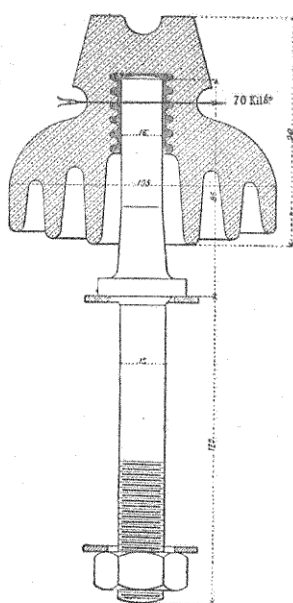


Fig. 179. — Isolateur pour 2 500 volts.

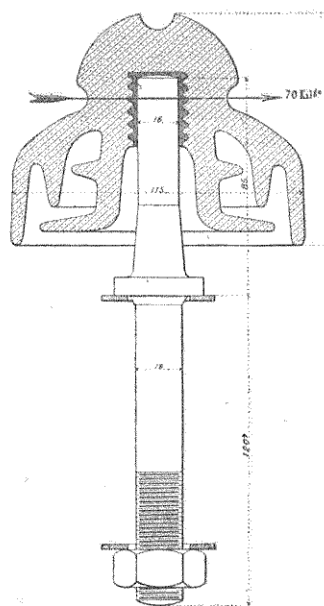


Fig. 180. — Isolateur pour 8 000 volts.

peut pas perdre au travers de sa masse, mais il peut encore donner passage à l'électricité par sa surface⁴.

C'est donc cette perte superficielle que l'on doit diminuer le plus possible en donnant à l'isolateur une forme appropriée.

La perte superficielle est due aux dépôts de poussières ou d'humidité qui établissent une certaine conductibilité entre le fil et la ferrure.

L'émaillage a pour but de rendre la surface aussi polie que possible et de diminuer les chances d'accrochage des poussières.

On estime que la valeur d'un isolateur dépend surtout de la longueur de la plus courte ligne de fuite possible.

⁴ R. Picou. *Canalisations électriques*. Gauthier-Villars et Masson.

La partie extérieure ne peut guère être comptée dans cette ligne puisqu'elle est directement exposée à la pluie. Elle a cependant un effet utile quand l'isolateur est sec.

Les parties intérieures sont à l'abri de la pluie, mais non du brouillard. De plus les poussières et les insectes peuvent s'y accrocher.

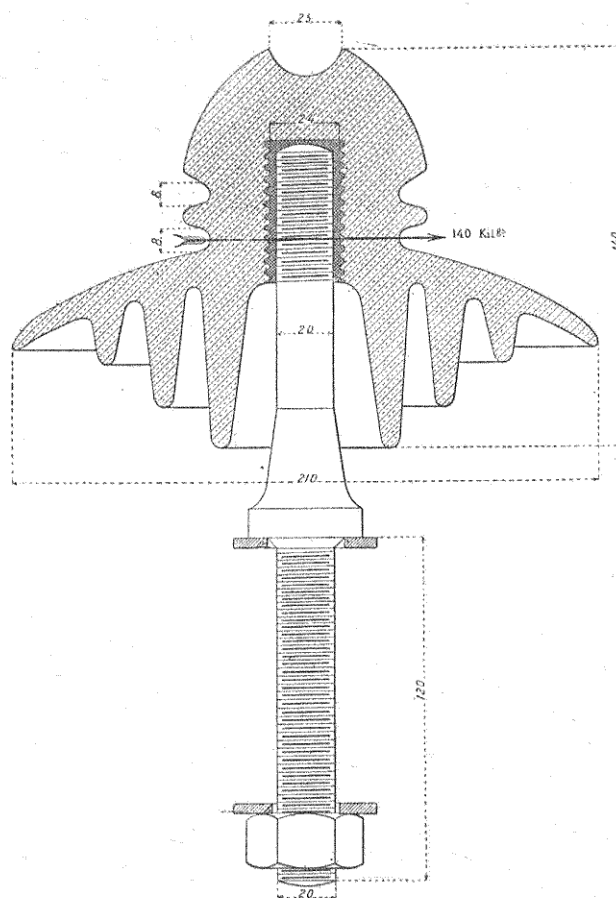


Fig. 181. — Isolateur pour 25 000 volts.

La triple cloche d'un isolateur a donc pour but d'allonger la ligne de fuite.

La figure 179 représente un autre isolateur à triple cloche pour 2 500 volts au maximum dans lequel on a cherché à éloigner la cloche extérieure de la ferrure.

On construit également des isolateurs dans lesquels on cherche à créer des chambres d'air tout en allongeant la ligne de fuite. Ces

chambres à air étant en communication avec l'atmosphère par des passages très étroits, il en résulte qu'on diminue, dans ces espaces, les chances de dépôt de poussières et d'humidité. La figure 180 représente un isolateur pour tension limite de 8 000 volts combiné de manière à former deux chambres à air.

Lorsque l'on atteint des tensions plus élevées, on emploie avantageusement des isolateurs en forme de parasol qui rejettent l'eau à une grande distance de la ferrure tout en ayant une très grande ligne de fuite. On construit, d'après ce principe, des isolateurs en porcelaine qui se comportent très bien sous une tension de 25 000 volts (fig. 181).

On fabrique également, sur ces données, des isolateurs en verre dont le prix est moitié moindre (fig. 182). Le verre est un excellent isolant

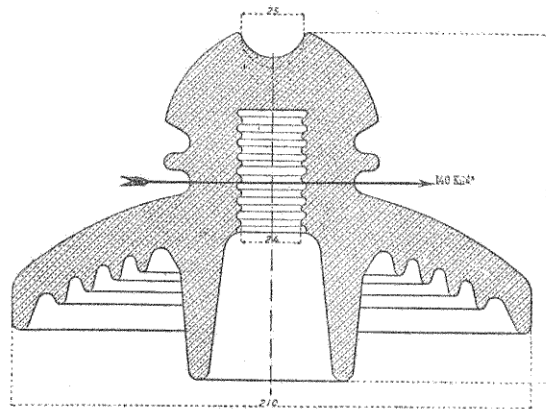


Fig. 182. — Isolateur en verre pour 25 000 volts.

mais il a l'inconvénient d'être assez hygrométrique. Les premiers isolateurs en verre, qui ont été employés, se cassaient souvent sous l'influence des variations de température. On évite maintenant cet inconvénient en employant des verres spéciaux et en recuisant les isolateurs. On fabrique couramment aujourd'hui des isolateurs en verre pour des tensions de 25 000 volts.

Les isolateurs sont scellés au soufre ou au plâtre sur des ferrures affectant différentes formes (fig. 183).

On peut également employer une traverse en bois disposée horizontalement au sommet du poteau. Cette traverse supporte l'isolateur au moyen d'une tige verticale boulonnée.

Dans les angles et aux points d'arrêt on peut faire usage d'isolateurs spéciaux qui suppriment toute chance de torsion des ferrures. Le fil

est appuyé sur une gorge latérale et l'isolateur est traversé de part en part de manière à donner passage au boulon qui l'assujettit sur la ferrure spéciale (fig. 184).

b. Feeders souterrains. — Les feeders souterrains à haute tension

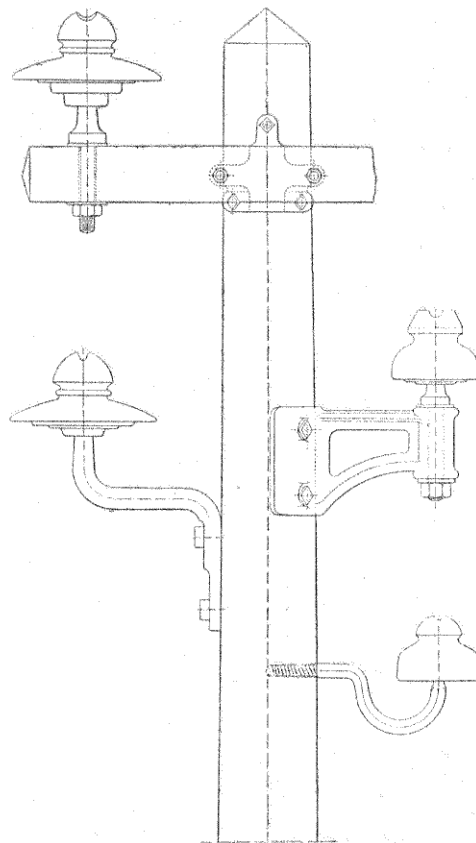


Fig. 183. — Différents types de ferrures pour isolateurs.

sont constitués par des câbles armés. Dans le but de diminuer les effets d'induction réciproque on préfère réunir les deux ou les trois conducteurs dans un seul câble, selon qu'il est fait usage des courants monophasé ou triphasés. Dans ce but les conducteurs en cuivre sont disposés à l'intérieur du câble de manière à former une hélice de pas très allongé. Les conducteurs sont fortement isolés entre eux de façon qu'ils puissent supporter les tensions d'essai prévues dans les cahiers des charges.

Le câble lui-même est pourvu d'enveloppes protectrices résistantes et flexibles.

Le déroulement d'un feeder triphasé à haute tension exige une très

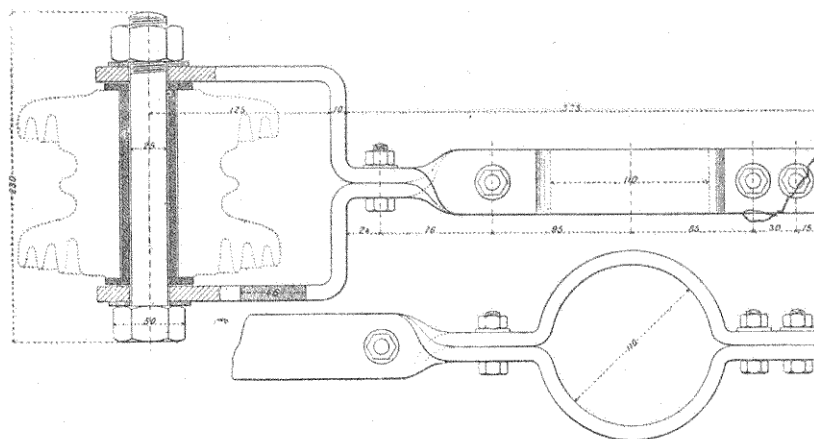


Fig. 184. — Isolateur pour changement de direction.

nombreuse équipe. Il ne faut pas moins d'une cinquantaine d'hommes pour allonger un semblable câble au fond de la tranchée. Ces hommes

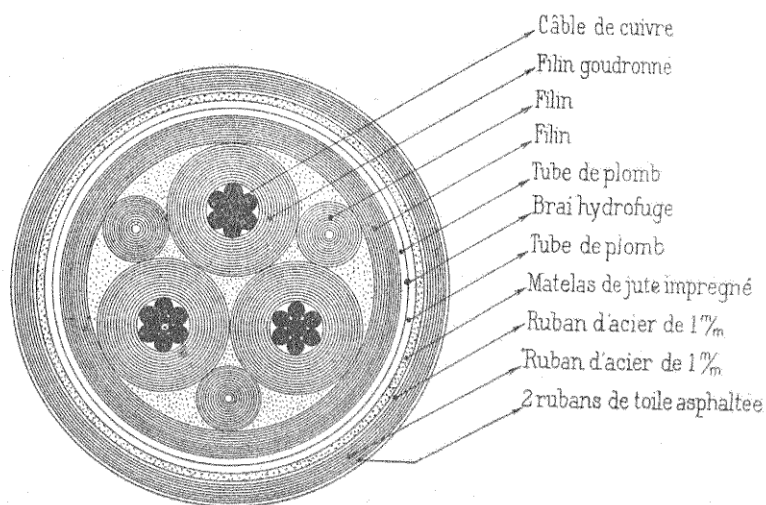


Fig. 185. — Coupe d'un feeder triphasé pour courant à 3 000 volts.

saisissent le câble au moyen de cordelettes et exercent simultanément leurs efforts à chaque coup de sifflet du contre-maitre qui dirige l'opération.

En comblant la tranchée on prend les précautions qui ont été signalées à propos des feeders à basse tension.

La figure 185 représente la coupe de l'un des feeders souterrains à haute tension de la Compagnie de l'Est parisien. Il comporte trois câbles de cuivre, entourés chacun d'une épaisse couche de filin goudronné. Les espaces triangulaires compris entre les câbles sont occu-

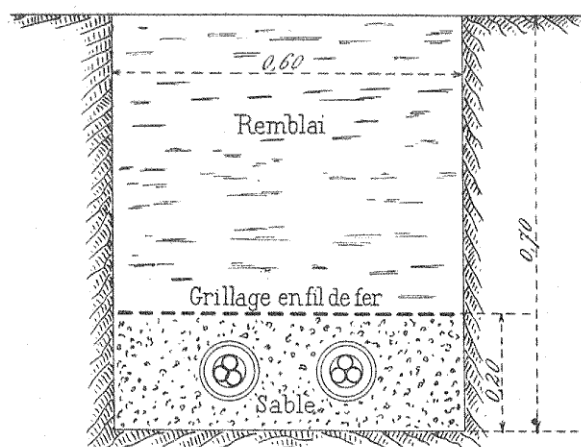


Fig. 186. — Installation de 2 feeders triphasés à haute tension.

pés par des cordes en filin. Une couche de filin recouvre ensuite l'ensemble des trois câbles. Elle est enfermée dans un tube de plomb recouvert d'une couche de brai hydrofuge qui est à son tour enfermée dans un autre tube de plomb. Autour de ce tube se trouve un matelas de jute imprégné qui est emprisonnée lui-même par deux rubans d'acier superposés et enroulés en hélice. Au-dessus de ces rubans d'acier de 1 millimètre d'épaisseur se trouvent 2 rubans de toile asphaltée enroulée en hélice.

Ces câbles qui ont été construits par la Société Berthoud-Borel transmettent des courants triphasés à 5 000 volts.

Ces feeders sont placés dans des tranchées de 0^m,60 de largeur (fig. 186). Ils sont disposés dans un lit de sable que l'on a recouvert d'un grillage en fil de fer ayant pour but d'avertir les ouvriers de la présence des câbles en cas de fouilles ultérieures.

TROISIÈME PARTIE

PRISE DU COURANT PAR LIGNES AÉRIENNES

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Les premiers essais de traction électrique par ligne de contact paraissent remonter à l'année 1850. Des Américains firent, à cette époque, des expériences sur quelques locomotives minuscules qui roulaient sur des rails utilisés pour l'arrivée et le départ du courant.

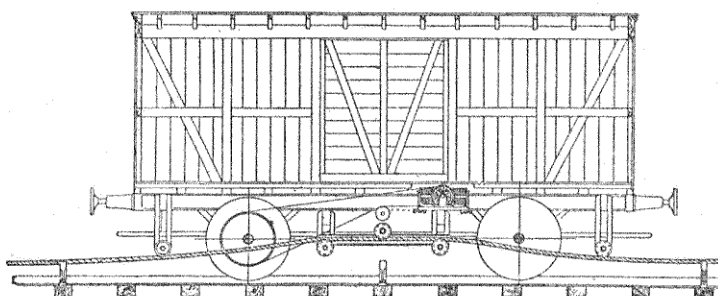


Fig. 187. — Dispositif de prise de courant par câble de Siemens (1880).

Les premiers essais présentant un caractère industriel furent faits en 1879 par le docteur Werner Siemens à l'exposition industrielle de Berlin. Le courant alimentant la locomotive était amené par un rail central. Le retour s'effectuait par les rails, tout comme dans les installations actuelles.

En 1880, Werner Siemens prit un brevet pour un dispositif d'alimentation par câble métallique. Ce câble était placé entre les rails ou sur le côté de la voie et reposait de distance en distance sur des fourches en bois (fig. 187). Au passage de la voiture le câble était soulevé par

un ensemble de galets placés au-dessous du châssis ; ces galets servaient à recueillir le courant. Après le passage de la voiture le câble reposait de nouveau sur ses supports.

La première application de la prise de contact par ligne aérienne remonte à la même année et est également due à Werner Siemens. Le conducteur de prise de courant était constitué par une sorte de rail à double champignon très allongé dans le sens vertical pour augmenter son moment d'inertie par rapport à un axe horizontal (fig. 188 et 189).

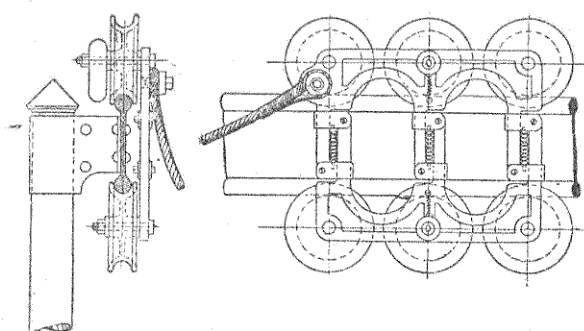


Fig. 188 et 189. — Autre trolley Siemens.

L'âme du fer était au contraire aussi mince que possible afin de diminuer le poids.

Le trolley proprement dit se composait d'un petit chariot portant trois galets de roulement à la partie supérieure et trois galets de guidage à la partie inférieure. Le contact de ces différents galets avec le conducteur était assuré au moyen de ressorts. Le courant était amené à la voiture par un câble métallique servant également à l'entraînement du trolley.

En 1881 nous voyons apparaître, pour la première fois, le conducteur de prise de courant tubulaire à rainure inférieure. Cette application fut faite à l'exposition d'électricité de Paris, par MM. Siemens et Boistel.

Le trolley comportait deux navettes glissant à l'intérieur du tube tandis qu'un galet roulait sur la partie extérieure du conducteur. La liaison de ces deux organes s'effectuait par l'intermédiaire de deux ressorts verticaux (fig. 190).

En raison de sa faible résistance le tube était soutenu sur toute sa longueur par une latte en bois supportée elle-même, de distance en distance, par un câble supérieur.

En raison de la malpropreté des rails à ornière, on n'osa pas faire usage de ces derniers pour le retour du courant bien que cette disposition

eût déjà été adoptée dans les différentes installations que nous venons de citer. On préféra faire usage de deux conducteurs disposés l'un à côté de l'autre.

Les conducteurs étaient constitués par des tubes en laiton de

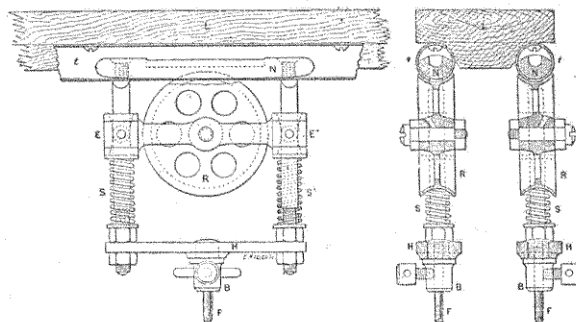


Fig. 190. — Conducteur et trolley de l'Exposition d'électricité de Paris.

22 millimètres de diamètre portant à leur partie inférieure une fente longitudinale de 7 à 8 millimètres.

La figure 191 représente un dispositif analogue mais plus perfec-

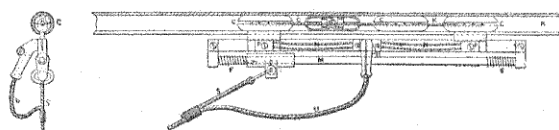


Fig. 191. — Trolley Siemens à navettes du chemin de fer de Mödling.

tionné que Werner Siemens fit breveter en 1883 et qu'il mit en service sur le chemin de fer de Mödling. Le courant est recueilli au moyen d'un trolley comprenant quatre navettes enfilées sur un fil métallique. Ces navettes étaient construites en deux pièces avec ressorts intérieurs de sorte qu'elles s'appliquaient parfaitement sur les parois du tube sans qu'il fût nécessaire d'avoir recours à un galet extérieur.

L'entraînement du trolley se faisait au moyen d'une petite corde attachée à l'extrémité du câble de prise de courant. Cette corde de traction était fixée au trolley par l'intermédiaire d'un attelage à ressorts qui amortissait les à-coup dans une certaine mesure.

A partir de cette époque, toutes les installations que nous voyons faire comportent la double prise de courant. On ne recommença à utiliser les rails pour le retour du courant qu'après que l'on se fût bien

rendu compte des conditions moyennant lesquelles cette manière de faire ne présentait pas d'inconvénients.

Nous voyons apparaître les premiers fils de trolley vers 1883. Ces fils sont juxtaposés ou superposés.

Dans le premier cas (fig. 192 et 193) les fils sont supportés par

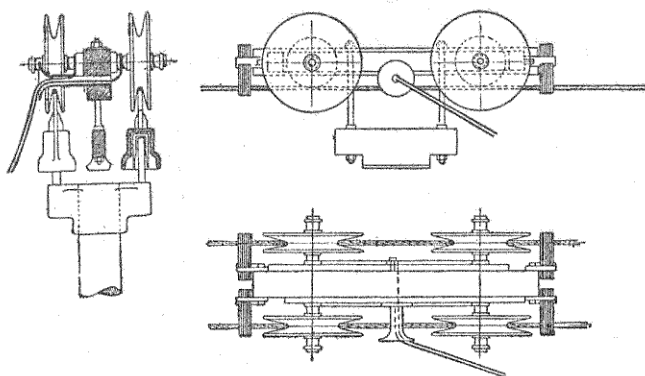


Fig. 192. — Trolley à 4 roulettes pour fils (Siemens, 1883).

des tiges verticales prenant appui sur des isolateurs vissés eux-mêmes sur une traverse horizontale.

Le trolley est constitué par un chariot à quatre roulettes dont tous les axes sont indépendants les uns des autres. Un contrepoids placé à la partie inférieure contribue à améliorer la stabilité du trolley. Les galets correspondant aux deux fils de pôles contraires sont soigneusement

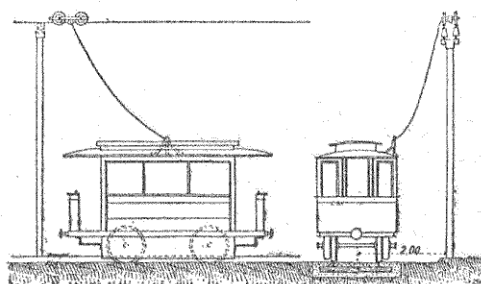


Fig. 193. — Ensemble de la prise de courant par trolley Siemens.

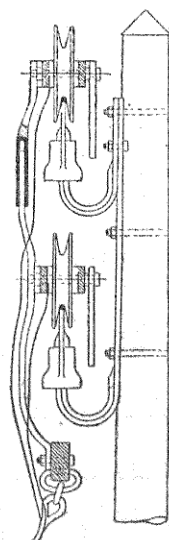


Fig. 194. — Trolley à deux roulettes pour fils.

isolés par un bloc de bois paraffiné; les deux conducteurs de

prise de courant pénètrent dans le trolley par sa partie latérale.

La disposition représentée sur la figure 194 comprend deux fils de trolley superposés. Le trolley ne comporte alors plus que deux galets au lieu de quatre.

La figure 195 représente un autre trolley à quatre galets plus perfec-

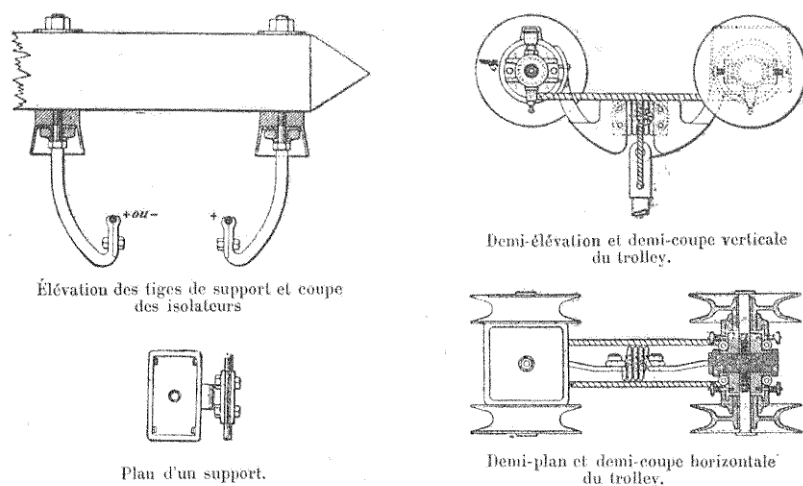


Fig. 195. — Conducteurs du tramway de Los Angeles.

tionné que ceux que nous avons vus précédemment ; ce trolley a été employé par M. Daft sur la ligne de Los Angeles (Californie). Les fils de trolley sont placés au-dessous de la traverse de suspension, ce qui permet d'utiliser l'espace compris entre eux pour installer les câbles de prise de courant du trolley. On améliore aussi beaucoup la stabilité du trolley en ne le soumettant plus à des efforts latéraux. Les deux paires de roues de ce dernier sont réunies entre elles au moyen d'un ressort à boudin très raide qui rend plus facile le passage dans les courbes.

Le courant pénètre dans le trolley par le galet ; il est ensuite recueilli par un frotteur qui est en communication avec le câble de prise de courant.

Les croisements des lignes pourvues de conducteurs tubulaires

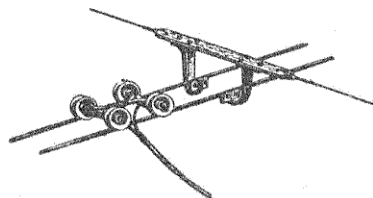


Fig. 196. — Ensemble de la prise de courant de Los Angeles.

entraînent de grandes complications. Les dispositions adoptées sur le chemin de fer de Mödling sont représentées sur la figure 197.

Les croisements et les aiguillages présentent également des difficultés lorsqu'il s'agit de trolleys à quatre roulettes.

Dans le but de rendre les croisements plus faciles, MM. Bentley et

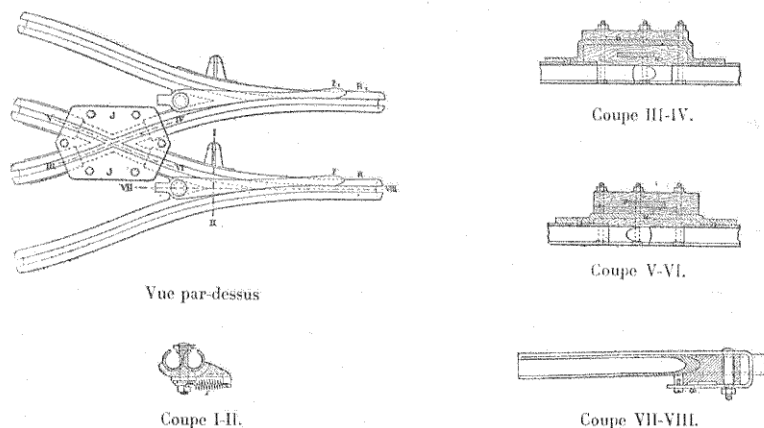


Fig. 197. — Aiguillage de la ligne aérienne de Modling.

Walter Knight avaient proposé de munir l'un des trolleys d'une sorte de guidage supérieur permettant à l'autre trolley de monter sur lui

et de redescendre après l'avoir croisé. Nous ne croyons pas que cette disposition ait jamais été réalisée dans la pratique.

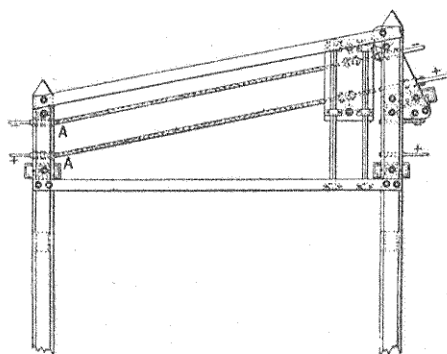


Fig. 198. — Aiguillage de la ligne aérienne de Los Angeles.

A Los Angeles, ce problème avait été résolu de la manière suivante (fig. 198). Les deux traverses horizontales voisines de l'aiguille avaient été reliées par des entretoises portant deux coupons de rails transversaux. Ces coupons servaient à guider une sorte

de coulisseau permettant de placer les fils du tronc commun en face de l'une ou l'autre voie.

En 1890, la Compagnie de l'industrie électrique de Genève installait à Clermont-Ferrand un réseau de tramways électriques à prise de

courant par double tube. L'un des tubes fut supprimé ultérieurement par suite de l'autorisation donnée par le service du contrôle d'utiliser les rails pour le retour du courant.

Le conducteur tubulaire est de section rectangulaire. Il est formé d'une âme verticale en fer et de deux ailettes en cuivre rouge qui se recourbent vers le bas, sans se toucher, en laissant entre elles une

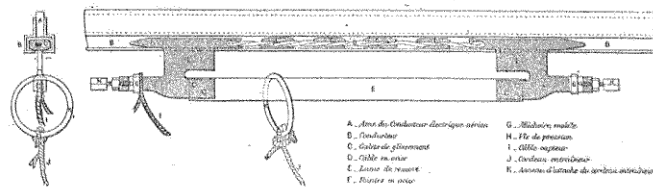


Fig. 199. — Conducteur et navette du tramway de Clermont-Ferrand.

rainure (fig. 199). L'âme en fer est suspendue par un câble métallique à la façon d'un pont suspendu.

Le trolley est constitué par deux navettes en fonte malléable, maintenues écartées au moyen d'une lame flexible. Entre les deux navettes

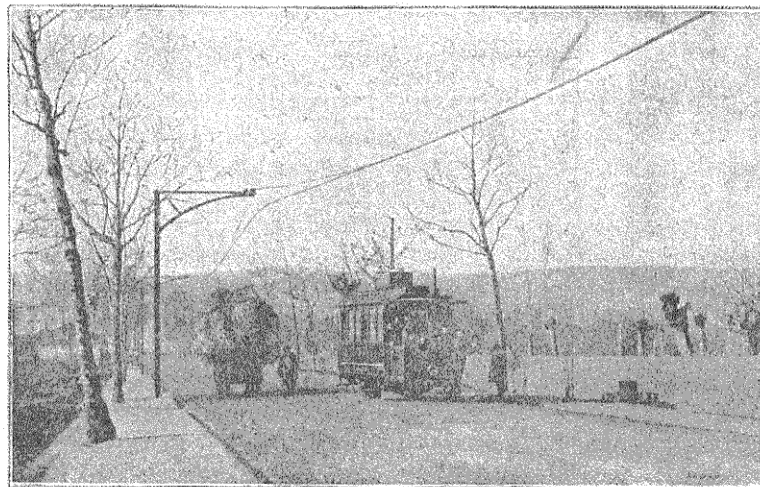


Fig. 200. — Ligne aérienne du tramway de Clermont-Ferrand.

se trouve tendu un câble en acier sur lequel sont enfilés quatre petits frotteurs. On a réalisé ainsi un organe de prise de courant élastique, capable d'assurer toujours un bon contact.

Le réseau de tramways de Clermont fonctionne encore actuellement

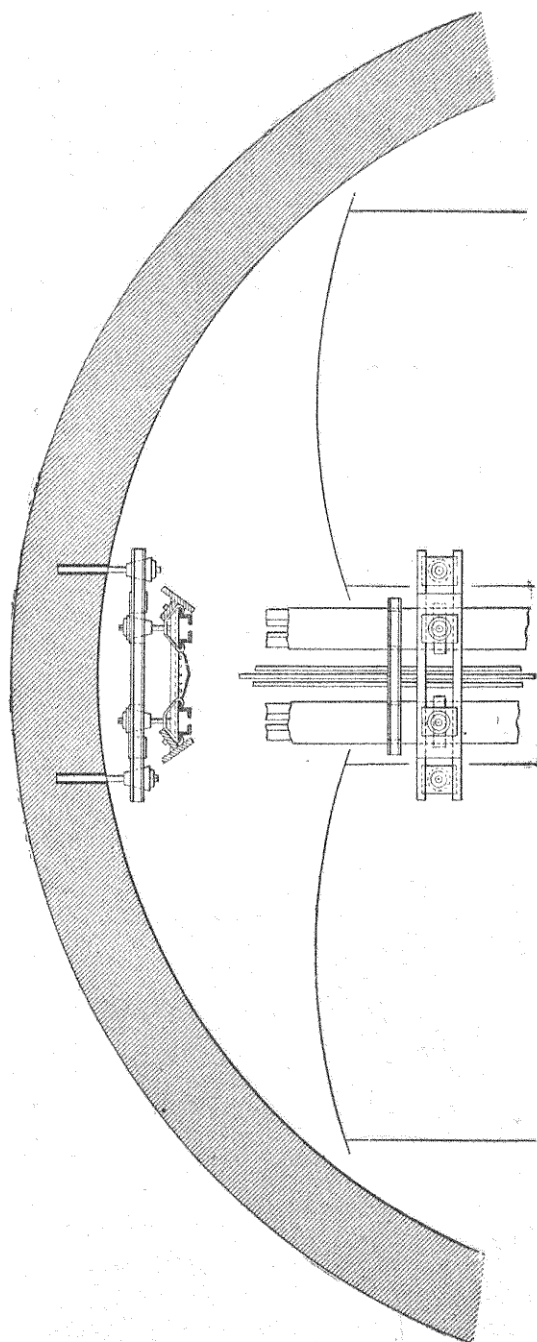


Fig. 201. — Ligne aérienne établie sous le tunnel de Baltimore.

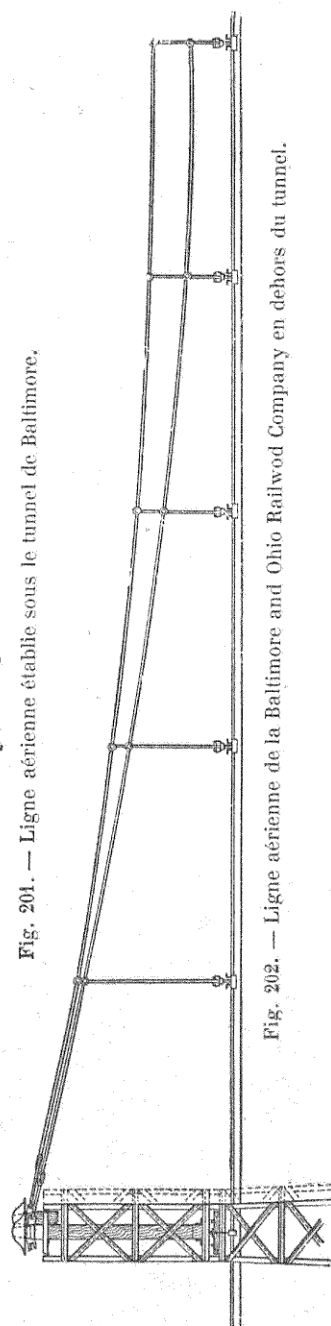


Fig. 202. — Ligne aérienne de la Baltimore and Ohio Railroad Company en dehors du tunnel.

avec ce dispositif de prise de courant. Cette installation est, d'ailleurs, une des dernières où l'on ait fait usage d'un conducteur creux.

Le trolley à perche, dont l'usage est aujourd'hui universel, commença à se répandre peu après.

L'installation d'une ligne aérienne à conducteur creux était fort dispendieuse en raison même du poids de métal employé. De plus les poteaux et consoles avaient une charge considérable à supporter, ce qui conduisait à leur donner des formes peu élégantes (fig. 200).

A Clermont, en particulier, les poteaux ont été constitués par des fers à double T jumelés. De plus, l'installation des croisements devient extrêmement compliquée et fort dispendieuse, sans parler de l'aspect décoratif qui est déplorable.

Nous devons cependant citer l'installation faite par la Baltimore and Ohio Railroad Company pour la traversée du tunnel situé sous la ville de Baltimore. La ligne aérienne (fig. 201) est constituée par des fers en Z placés l'un en face de l'autre de manière à former un conducteur creux analogue à celui de Clermont-Ferrand. Ces conducteurs ont une hauteur de 75 millimètres et une épaisseur de 10 millimètres. Ils pèsent 45 kilogrammes par mètre courant.

En dehors du tunnel, ces conducteurs sont supportés par des poutres en treillis (fig. 202).

A partir de 1891 nous voyons les installations de tramways électriques se multiplier brusquement dans tous les pays. Ce nouvel essor de la traction électrique coïncide justement avec l'abandon définitif des conducteurs creux et leur remplacement par un simple fil de cuivre.

C'est à Van Depoele et à Sprague que l'on doit les premières installations de prise de courant au moyen d'une perche terminée à son extrémité par un galet. Cette perche avait d'abord été appropriée à la prise de courant sur deux fils (fig. 203). Elle avait donc d'abord été munie de deux galets mais cette disposition fut fort peu de temps en usage, car les Américains reconnurent vite la possibilité d'utiliser les rails comme conducteurs de courant.

L'idée n'était pas nouvelle puisque nous avons vu qu'en 1880, à l'exposition de Berlin, Siemens l'avait mise en pratique sur une voie

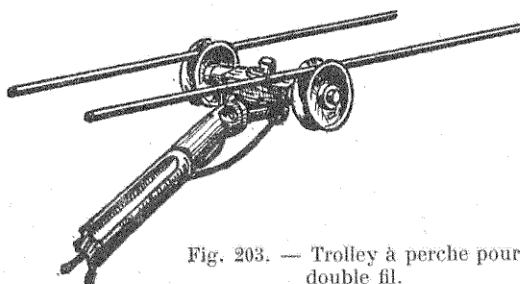


Fig. 203. — Trolley à perche pour double fil.

à rails saillants et par conséquent en bon état de propreté. La crainte seule, d'un mauvais contact des roues avait empêché que cette disposition si commode se généralisât sur les voies de tramways.

A partir de ce moment les tramways électriques à prise de courant aérienne sont entrés dans le domaine de la pratique et leur installation s'est poursuivie sans interruption dans la plupart des villes de France et de l'étranger.

En 1891 et en 1892 on installe les tramways de Bilbao et de Marseille. L'année suivante, ce sont les tramways de Bordeaux-Mouscat au Vigan, de Liège à Herstal, de Dresde, de Barmen, d'Essen, de Chemnitz, de Breslau, de Guernesey, de Budapest, de Kiew.

En 1894 nous voyons apparaître les tramways de Lyon à Oullins, de Lyon à Vaise, du Havre, de Bruxelles, de Hambourg, de Gotha, d'Erfurt, de Mulhouse, de Lübeck, de Dortmund, de Zwickau, de Plauen, de Christiania, de Belgrade, de Bucarest, de Zürich et de Genève.

Des tramways, également à prise de courant aérienne, sont mis en service en 1895 à Dijon, Toulon, Nice, le Raincy-Montfermeil, Dublin, Milan, Varese, Porto, Bâle, Gmunden, Tepitz, Berlin, Königsberg, Altenbourg, Strasbourg, Stuttgart, Spandau, Mecklenbourg, Aix-la-Chapelle, Düsseldorf, Elbing, Munich, Bristol, Coventry, Bilbao-Santurce et Serajewo.

Parmi les installations plus récentes, on peut citer Belfort, Fontainebleau, Le Puy, Poitiers, Rouen, Angers, le Mans, Versailles, Montpellier, Avignon, Grenoble, Saint-Étienne, Besançon, Nancy, Châlons, Douai, Alger, Oran, Tunis, Alexandrie, Glasgow, Reims, etc.

Nous terminerons cette énumération en mentionnant les différents tramways de pénétration qui ont été construits en 1900 dans toute la banlieue de Paris.

CHAPITRE II

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE LIGNES AÉRIENNES

Les lignes aériennes utilisées pour la traction électrique se construisent actuellement suivant trois systèmes différents qui sont les suivants :

- 1° Lignes axiales ;
- 2° Lignes désaxées ;
- 3° Lignes pour archets de prise de courant.

Nous allons examiner sommairement quels sont les traits les plus caractéristiques de ces différents systèmes, en insistant particulièrement sur les avantages et les inconvénients qu'ils peuvent présenter.

1° Système axial. — Le système axial est caractérisé par ce fait que le fil du trolley est installé dans une position se rapprochant le plus possible de l'axe de la voie. Dans les alignements droits la chose est des plus aisées, mais il n'en est plus de même dans les courbes. Il est alors impossible de maintenir le fil exactement dans l'axe de la voie. On se contente de réaliser un polygone se rapprochant autant que possible de la courbe idéale. Ce résultat ne s'obtient qu'en installant un grand nombre de fils transversaux qui, naturellement, ont été assez mal vus du public. La répulsion éprouvée par ce dernier pour les lignes aériennes provient évidemment des « toiles d'araignée » nécessitées dans les courbes par le système axial.

Il y a donc intérêt au point de vue de l'aspect et de l'économie à diminuer autant que possible le nombre des côtés du polygone formé par le fil. On se trouve alors bien vite arrêté par la crainte de voir le trolley dérailler continuellement, sans parler de l'usure exagérée des roulettes du trolley et des pièces de suspension de la ligne.

Il existe quelques méthodes permettant de déterminer assez exactement le nombre des côtés du polygone.

L'une d'elles a été présentée en 1894 par M. Dierman à l'association des ingénieurs de l'institut Montefiore de Liège.

« Si l'on considère un fil de trolley, on voit sur la figure 204 les deux positions extrêmes que peut prendre la roulette par suite du déplacement projeté horizontalement du bras autour de son centre. Les deux

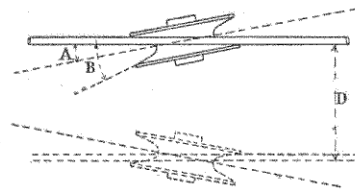


Fig. 204.

positions, situées symétriquement de part et d'autre de l'axe de la voie, sont distants d'une longueur D qui varie suivant la gorge de la roulette entre 1^m et 1^m,25. Si l'on dépasse ces positions, l'angle B devient supérieur à l'angle d'ouverture de l'hyperboloïde de la roulette, un grippement se produit et le

trolley s'use inégalement ou saute du fil sous la poussée des ressorts.

« Les trolleys du genre figuré ci-dessus imposent donc l'obligation de maintenir le fil de trolley dans une zone de contact variant avec le rayon des courbes.

« En courbe le fil est monté suivant les côtés d'un polygone dont

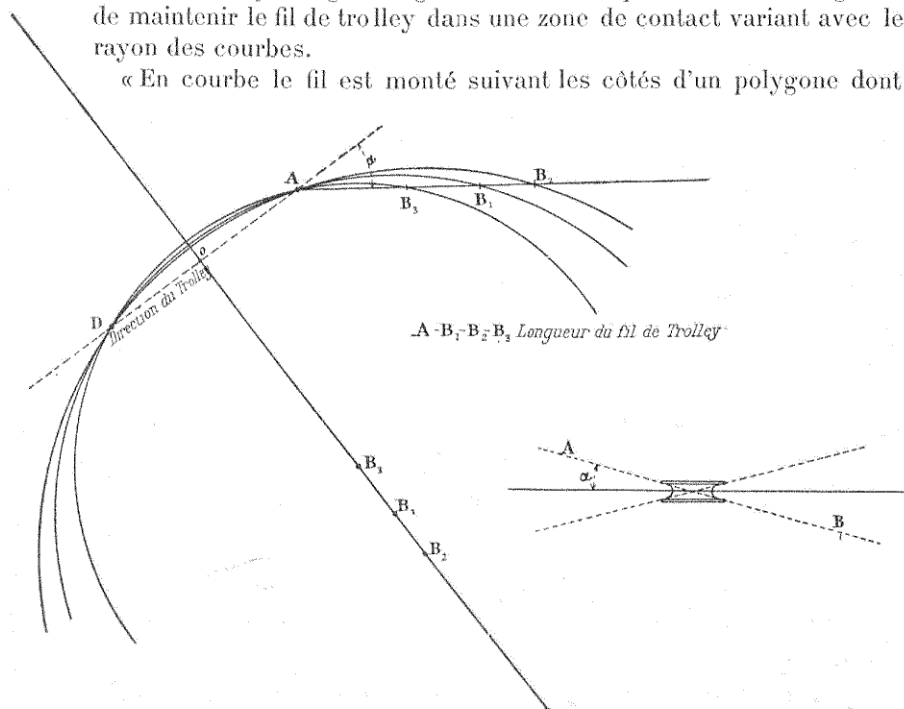


Fig. 205 et 206.

les longueurs varient avec ce rayon. On peut déterminer pratiquement ces dimensions en traçant DA et AB faisant entre eux l'angle α (fig. 205 et 206) égal à l'angle A de la figure 204.

« Supposons que AD soit la projection horizontale du bras de trol-

ley, la roulette étant en A, le centre en D. Le centre D faisant partie du centre de la voiture se trouve toujours dans l'axe de la voie. Si la roulette A se trouve en ce moment en un point du fil aérien qui soit précisément un des sommets du polygone constitué par ce fil, c'est en ce point que l'une des positions extrêmes représentées ne devra pas être dépassée : or le sommet du polygone qui est inscrit dans la courbe axiale se trouve lui-même dans l'axe. Donc la projection AD du trolley est une corde de la courbe axiale de la voie. AB est la direction du côté du polygone, côté qui est inscrit dans la courbe axiale. Si la courbe est un arc de cercle, il suffit de faire passer par A et D une série de circonférences de rayon variable qui couperont AB en B₁, B₂, B₃, correspondant aux rayons AB₁, AB₂, AB₃. »

Voici quelques résultats :

	ANGLES DE LA ROULETTE		RAYONS
	1/5	1/6	
Portées	7 ^m ,00	5 ^m ,50	25 mètres
	13 ^m ,40	11 ^m ,00	40 —
	27 ^m ,50	23 ^m ,00	75 —
	47 ^m ,50	39 ^m ,00	125 —

Une autre méthode, due à M. Philippe Dawson, a été exposée par M. Ernest Gérard de la manière suivante ¹.

Dans les figures 207 et 206, si T représente la projection de la tige du trolley sur un plan parallèle à la voie, et α le plus grand angle que le fil de trolley puisse faire avec la direction du trolley projeté sur le même plan, nous voyons que d , la plus grande distance entre l'axe de la voie et le fil, ne peut excéder :

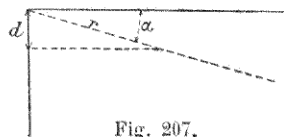


Fig. 207.

$$d = \sqrt{T^2 - (T \cos \alpha)^2}$$

Comme T est généralement égal à 3 mètres, la tige mesurant ordinairement 3^m,60 et α approximativement 20°, nous trouvons pour d une distance de 1^m,05 entre le fil et l'axe de la voie, au delà de laquelle le trolley quitterait le fil. En pratique, on n'atteint pas une telle distance et l'on ne dépasse guère 60 et 72 centimètres, bien entendu quand le trolley est du genre américain à base fixée au centre de la voiture.

L'angle α n'est pas strictement choisi égal à la moitié de l'ouverture projetée de la roulette, mais diminué de 1/5.

¹ Ernest Gérard. *Électrotraction*. Libr. Weissenbruch. Bruxelles.

Partant donc de la distance limite à respecter, on déterminera aisément, en raison de la courbure de la voie, la portée du fil du trolley, entre deux points d'attache consécutifs.

Les fils du trolley forment donc dans les courbes un polygone dont la réalisation s'obtient au moyen de fils transversaux disposés de dif-

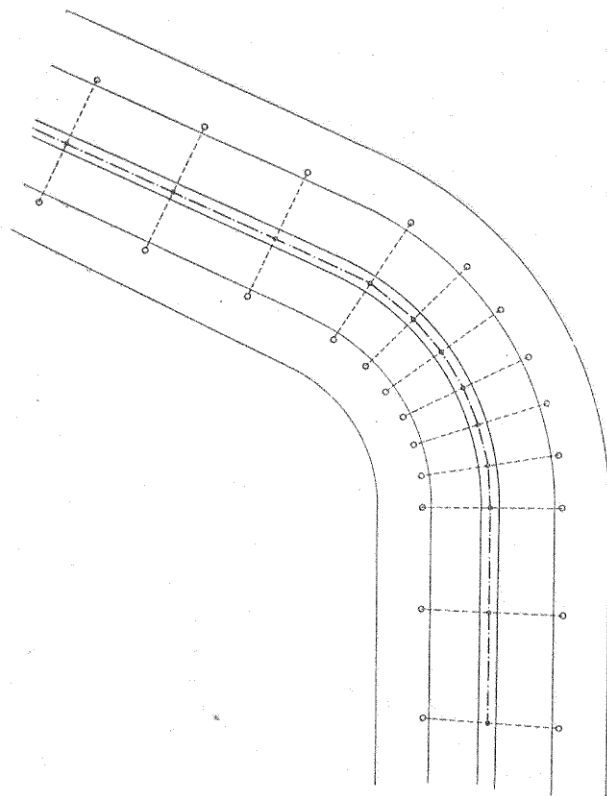


Fig. 203. — Exemple de rapprochement des poteaux dans les courbes (ligne axiale).

férentes manières. Les différentes solutions que l'on peut adopter dépendent naturellement de la disposition des lieux. On ne peut évidemment planter des poteaux sur tous les points où leur présence serait commode et il faut, dans chaque cas, que le monteur détermine la disposition la plus favorable au bon fonctionnement de la ligne.

Dans le cas où la voie du tramway suit une avenue, qui est elle-même en courbe, on peut se borner à rapprocher les fils transversaux les uns des autres (fig. 208), comme il a été fait sur le réseau de Bruxelles.

Dans le même ordre d'idées, on peut faire usage de consoles rapprochées si la voie se trouve placée le long du trottoir.

Cette solution ne peut convenir que pour les courbes d'un grand

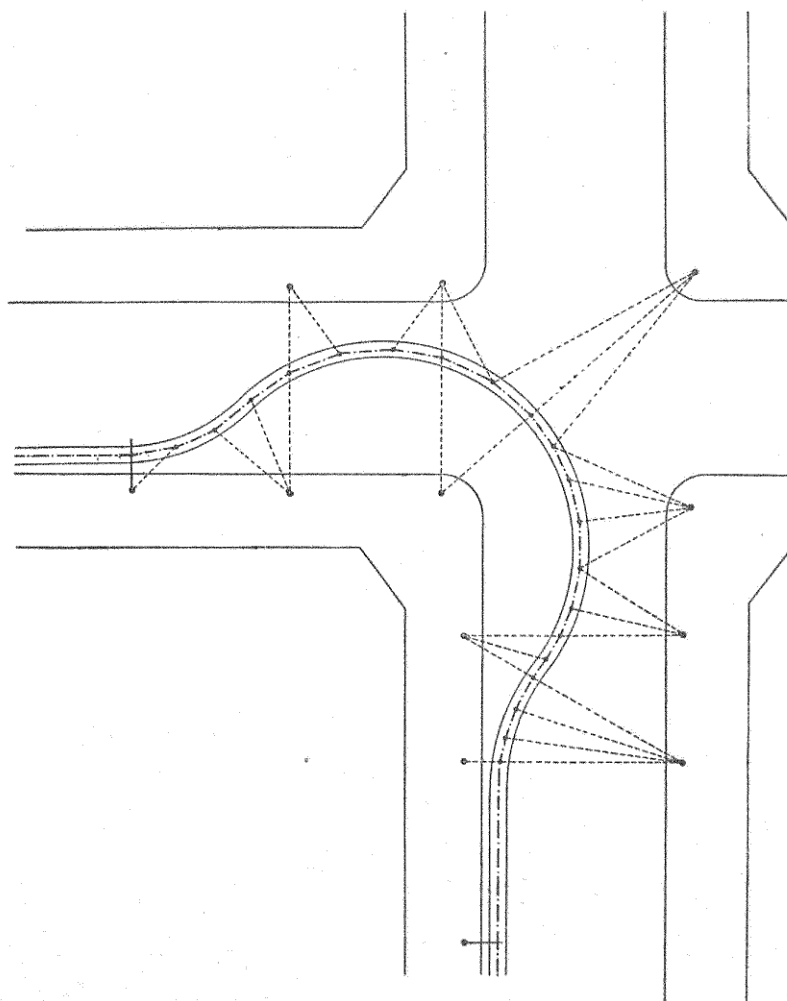


Fig. 209. — Emploi d'une série de faisceaux de fils transversaux pour ligne axiale.

rayon ; la multiplication des poteaux rend la construction de la ligne coûteuse et produit un très mauvais effet au point de vue esthétique.

L'un des meilleurs procédés de suspension du fil dans les courbes consiste à employer des faisceaux de fils transversaux issus de différents poteaux (fig. 209).

On peut, dans certains cas, n'avoir recours qu'à un seul faisceau qui doit alors être amarré sur un poteau particulièrement résistant (fig. 210).

Dans le cas où l'on a deux fils de trolley à soutenir, on réunit les

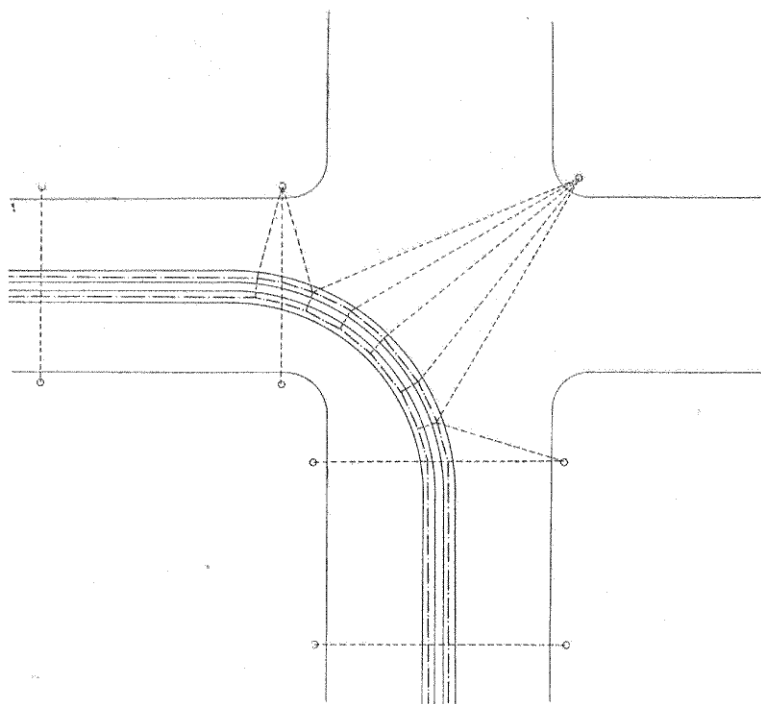


Fig. 210. — Faisceaux de fils transversaux issus d'un même poteau pour ligne axiale.

deux fils par des fils transversaux disposés suivant les bissectrices communes des angles des deux polygones (fig. 210).

Il existe également un autre procédé qui peut rendre de grands services, particulièrement dans le cas des courbes d'assez grand rayon. Ce procédé consiste à employer un câble auxiliaire sur lequel viennent s'attacher les différents fils tendeurs. Le câble auxiliaire prend naturellement la forme d'un polygone dont la convexité est opposée à celle du fil du trolley (fig. 211).

Il est indispensable que ce câble soit établi très solidement, car sa rupture entraînerait fatalement la chute de la ligne aérienne.

Ce câble doit être isolé à ses deux extrémités au moyen de boules isolantes. C'est une précaution que l'on prend d'ailleurs pour tous les fils transversaux quel que soit le système auquel ils appartiennent.

Les figures 212, 213 et 214 représentent quelques exemples de lignes aériennes axiales empruntés à des installations existantes.

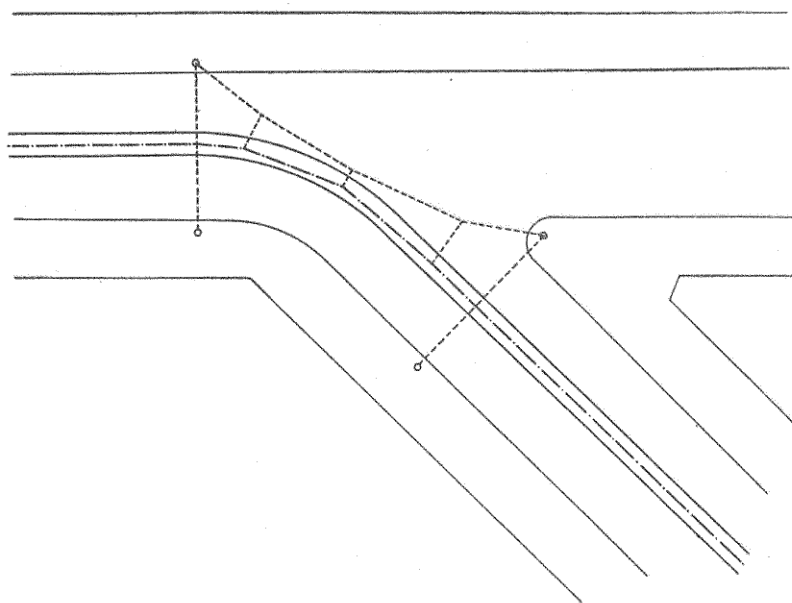


Fig. 214. — Emploi d'un câble auxiliaire (ligne axiale).

2^e Système désaxé. — Le procédé qui consiste à établir le conducteur de prise de courant sur le côté n'est pas nouveau puisqu'il a été employé en 1890 sur les tramways de Clermont. Il est vrai que le conducteur tubulaire se prêtait tout naturellement à cette disposition, par suite de la liaison souple de la navette de prise de courant avec la voiture. On dut renoncer à cette disposition commode au moment de l'apparition du trolley axial à perche.

Vers la même époque, c'est-à-dire en 1892, M. Dickinson imaginait cependant, un trolley à perche permettant de prendre le courant sur le côté.

On voit immédiatement la portée considérable de cette invention, si l'on se rend compte de la simplification que le nouveau système peut apporter dans les courbes. Il n'est plus nécessaire, en effet, de suivre servilement l'axe de la voie ; il en résulte que le nombre des côtés du polygone se trouve considérablement réduit, sans que l'on ait à redouter le coincement du fil dans la gorge de la roulette de trolley.

Cette construction nouvelle de la ligne aérienne découle tout naturellement du principe sur lequel est basé le trolley Dickinson.

La base de ce trolley est pivotante comme dans la plupart des autres trolleys. Ce n'est donc pas de ce côté que réside le principe nouveau ; c'est la tête seule qui caractérise le trolley Dickinson. La poulie, au lieu d'être montée sur un axe calé sur la perche d'une manière invariable, est mobile autour d'un axe vertical qui lui permet de s'orienter dans une infinité de plans verticaux. Il résulte de cette modification que la rou-

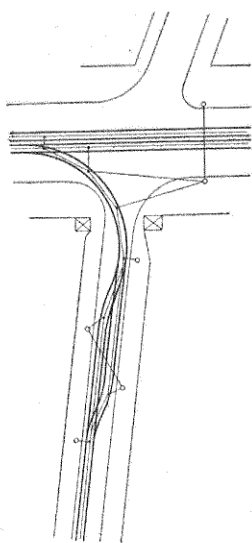


Fig. 212. — Ligne axiale.

lette du trolley peut suivre le fil sans se coincer, quel que soit l'angle de la projection de la perche.

Le fonctionnement de la roulette sera possible à la condition, bien entendu, que le désaxement ne dépasse pas une valeur donnée qui est fonction de la longueur de la perche.

En pratique, avec des perches de 5 mètres de longueur le désaxement peut atteindre 3 mètres et même 3^m,50 (fig. 215), mais il est prudent de ne pas atteindre cette limite.

Dans les courbes, ce n'est plus la crainte du coincement du fil dans la gorge de la roulette que l'on doit considérer mais bien le désaxement (fig. 216). Il est indispensable que le désaxement ne dépasse pas la valeur limite et il faut éviter, de plus, que les angles du polygone ne soient trop aigus car, dans ce dernier cas, le trolley

pourrait dérailler. On cherche donc à arrondir les angles, par différents procédés que nous examinerons plus tard, afin qu'il n'y ait pas de cassure brusque dans la trajectoire décrite par la roulette.

Comme on peut facilement s'en rendre compte, l'emploi du trolley Dickinson est des plus séduisants et il paraît peut-être étonnant que son emploi ne se soit pas généralisé plus tôt. La cause de ce retard nous paraît résider principalement dans le fonctionnement défectueux des premiers trolleys Dickinson. Il y a, en effet, très peu de temps que l'on construit des trolleys de ce genre donnant des résultats satisfaisants. Les mécomptes, éprouvés par ceux qui les ont employés au début, ont jeté pendant longtemps le discrédit sur ces appareils.

Il est arrivé, également, que les monteurs des premières lignes ont voulu appliquer le principe Dickinson trop à la lettre, dans les courbes principalement, et se sont astreints à ne pas faire usage d'un seul fil transversal.

A notre avis il ne faut pas être aussi exclusif ; le système Dickinson ne doit pas être employé d'une manière étroite et il faut savoir con-

server les fils transversaux quand leur absence paraît devoir être nui-

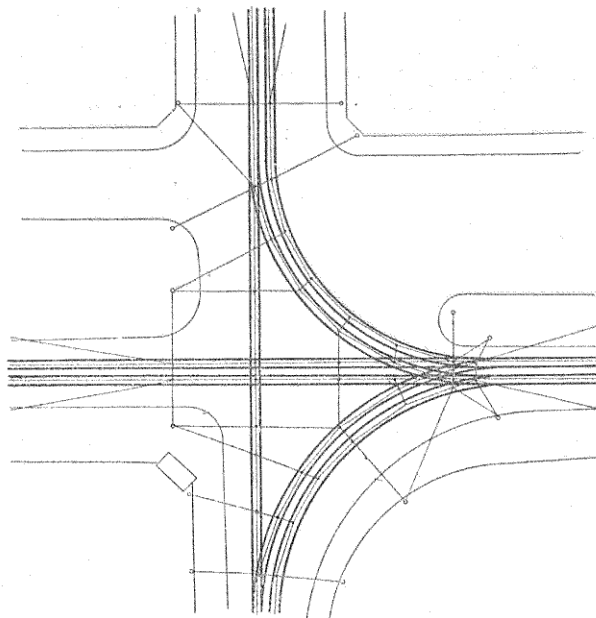


Fig. 213. — Exemple d'installation de ligne axiale.

sible au bon fonctionnement de la ligne. Il est bien entendu que leur nombre doit être aussi restreint que possible, mais il faut se garder de les proscrire complètement.

Le trolley Dickinson, en raison de la grande simplification d'installation qu'entraîne son emploi, nous paraît devoir faire revenir beaucoup de personnes sur la fâcheuse opinion qu'elles ont des lignes aériennes. Ces prétendues toiles d'araignées, dont il a tant été question, peuvent, somme toute, être réduites à bien peu de choses si l'on accepte le principe du désaxement.

Une autre conséquence de ce principe est la suppression des fils transversaux en alignement droit.

Quand on fait usage du fil axial, l'installation sur consoles n'est possible que dans le cas où la voie se trouve établie le long du trottoir.

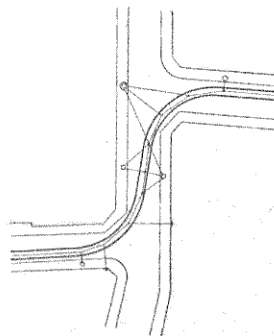


Fig. 214. — Ligne axiale.

Dans le cas où elle est située dans l'axe de la chaussée, on se trouve dans l'obligation d'avoir recours aux fils transversaux.

Quand on emploie le trolley à libre déviation, on peut, dans bien des cas, conserver le montage sur consoles. Ces dernières peuvent, pratiquement, avoir une longueur de 5 mètres. Si l'on tient compte du désaxement, qui peut sans inconvénient atteindre 3 mètres, on voit que l'axe de la voie peut se trouver à 8 mètres du poteau sans que le fonctionnement de la ligne en souffre le moins du monde.

Nous donnons sur les figures 209 et 213 deux exemples montrant

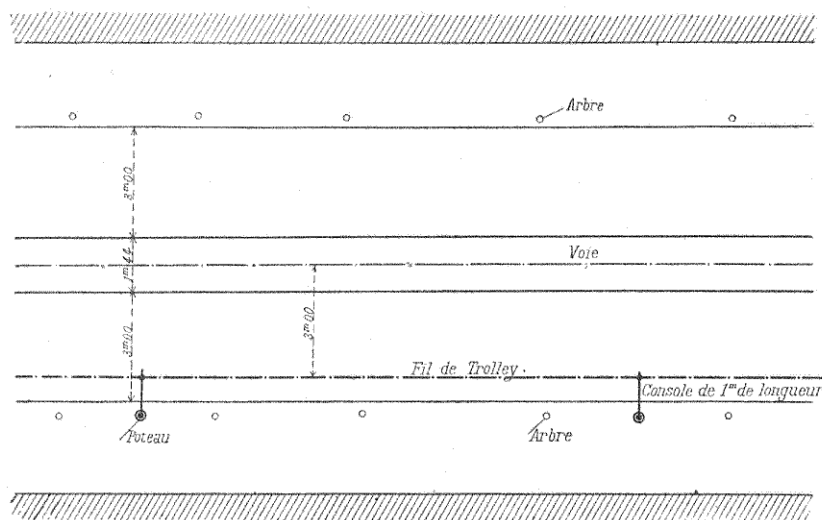


Fig. 213. — Ligne désaxée en alignement droit.

les différences qui peuvent exister entre des lignes aériennes, construites suivant les deux systèmes, dans des conditions identiques d'établissement.

3^e Système à archet. — Le système de prise de courant « à archet » a été préconisé en Allemagne par la maison Siemens et Halske. Cette société l'a d'ailleurs installé sur la plupart des tramways qu'elle a construits.

L'archet de prise de courant est un trolley particulier dans lequel le contact ne se fait plus par l'intermédiaire d'une poulie, mais au moyen de la partie supérieure d'une sorte de cadre réuni à la base au moyen de deux montants. Il résulte de cette disposition que la voiture peut se déplacer, par rapport au fil, de toute la longueur de la partie frontale de l'archet sans que le contact cesse d'avoir lieu.

Les déraillements de trolleys deviennent, par suite, impossibles et il en résulte, de plus, une assez grande simplification dans l'installation du fil de travail dans les courbes.

Les avantages du trolley à archet sur le trolley à roulette pour fil

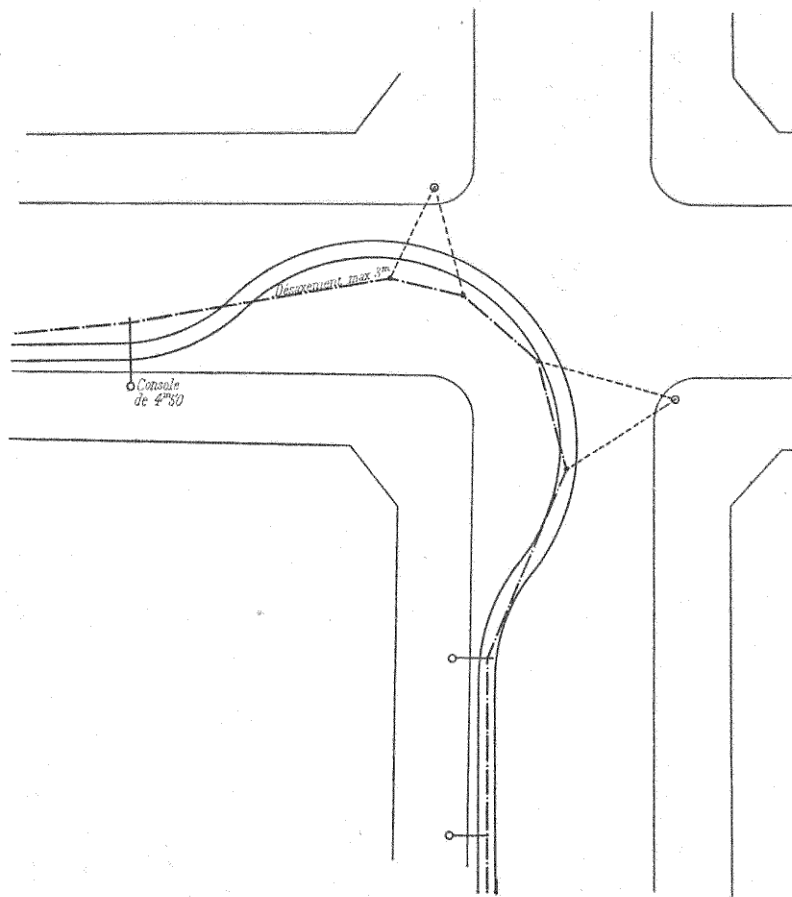


Fig. 216. — Ligne désaxée en courbe.

axial ont été mis en évidence par M. S.-S. Foster¹ et par M. Paul Dupuy².

Soit une courbe de rayon r et soit xy l'axe de la voie et par conséquent la projection horizontale du fil de travail (fig. 217). Dans le pas-

¹ *The street Railway Journal*, juin 1896.

² Paul Dupuy. *La Traction électrique*, 1897, Bécus, éditeur.

sage en courbe l'axe de la voiture est représenté par la droite LH, dont la longueur dépend de l'empattement de la voiture. Le trolley qui pivote en D prend la direction DT (projection horizontale) ; l'axe de la

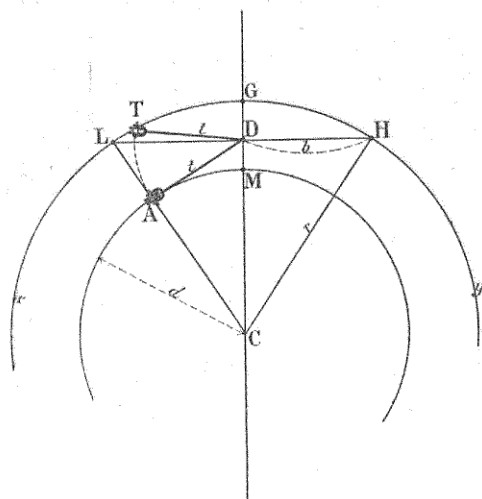


Fig. 217.

roulette du trolley ne coïncide plus avec l'axe du fil de travail ; il se produit un coïncement qui a tendance à faire sortir le fil de travail de la gorge de la roulette, d'où une usure anormale.

Pour éviter cet inconvénient, la perche du trolley doit être en projection horizontale tangente à la course du fil de travail, ce qui en pratique est impossible à réaliser avec le trolley à roulette. Cet inconvénient assez grave n'existe pas avec l'archet, le fil

de travail pouvant à volonté se déplacer sur une longueur déterminée qu'il est facile de calculer.

En effet dans le triangle CHD, en se reportant aux notations de la figure, on a :

$$a^2 = r^2 - b^2 \quad (1)$$

La longueur b est connue ; elle est égale à la moitié de l'empattement. Soit $2b$ cet empattement :

Dans le triangle CAD on a :

$$d^2 = a^2 - t^2,$$

ou

$$d = \sqrt{a^2 - t^2}$$

En remplaçant a^2 par sa valeur tirée de (1), on a :

$$d = \sqrt{r^2 - b^2 - t^2} \quad (2)$$

Dans cette équation (2), t représentant la projection horizontale de la perche du trolley, on a en appelant l la longueur de cette perche, et h la hauteur du fil de travail au-dessus de la toiture de la voiture.

$$t = \sqrt{l^2 - h^2}.$$

En remplaçant t par cette valeur dans (2), on a :

$$d = \sqrt{r^2 - b^2 - l^2 + h^2}.$$

Comme nous l'avons vu, la longueur $r - d$ représente la différence qu'il faut rattraper pour éviter le coïncement qui ferait dérailler la roulette du trolley : c'est cette longueur déterminée pour le cas le plus défavorable, qui donnera la longueur de l'archet.

Si par exemple, on a l'exemple suivant :

Empattement	$2b = 2$ mètres
Longueur de la perche	$l = 4$ —
Hauteur au-dessus du toit	$h = 3$ —
Rayon de courbure	$r = 25$ —

On a pour la valeur d :

$$d = 25 \times 25 - 1 - (4 \times 4) + 3 \times 3 = 24,82.$$

La différence :

$$r - d = 25 - 24,82 = 0^m,18.$$

La longueur utile de l'archet, pour des courbes de 25 mètres dans les conditions ci-dessus sera donc de 18 centimètres.

Si les courbes étaient d'un rayon plus petit il faudrait augmenter cette longueur et cela d'autant plus que le polygone constitué par le fil de travail aurait un nombre de côtés plus petit et par suite s'éloignerait davantage d'une courbe régulière. De toutes façons, cependant, le nombre des côtés de ce polygone sera beaucoup plus petit que celui qui serait nécessaire avec un trolley ordinaire à roulette.

En alignement droit le montage d'une ligne à archet se différencie complètement d'une ligne à trolley. Si l'on posait le fil de travail parallèlement à l'axe de la voie, il arriverait fatalement que l'usure de l'archet se localiserait en un même point. Il se creuserait une gorge sur la partie médiane de l'archet dans laquelle le fil viendrait se loger.

Dans le but de rendre l'usure régulière sur toute la longueur de l'archet, on pose le fil en zigzag au lieu de l'établir en ligne droite.

Les parties de lignes droites formant cette figure en zigzag peuvent être très allongées et intéresser chacune plusieurs poteaux. Le désaxement du fil alternativement à droite et à gauche de l'axe de la voie ne dépasse généralement pas 25 centimètres.

Grâce à ce montage en zigzag le fil de trolley frotte successivement sur toute la longueur de l'archet.

Nous venons de voir que l'archet présente des avantages sérieux sur le trolley ordinaire pour fil axial. Il est juste de constater cependant qu'il n'est pas exempt de défauts. L'usure de l'archet est relativement

considérable car on est obligé de recouvrir la partie frottante avec une gaine en aluminium, afin d'éviter la destruction plus ou moins rapide de la ligne aérienne.

Il est nécessaire également de graisser la partie frottante de l'archet afin d'adoucir le frottement. Il est un fait certain que le passage de l'archet sur le fil de travail est beaucoup plus silencieux que le roulement du trolley. Cette considération n'est pas dépourvue d'importance quand il y a des fils téléphoniques dans le voisinage. Il est impossible, cependant de ne pas constater que le passage d'un archet sur le fil de travail est accompagné d'un grand nombre d'étincelles qui ne peuvent manquer d'avoir une action destructive sur la ligne.

Dans tous les cas, les avantages de l'archet ont perdu une grande partie de leur valeur depuis que l'industrie est en mesure de fournir des trolleys à libre déviation d'un fonctionnement sûr et régulier.

L'archet ne permet pas un désaxement du fil de travail supérieur à 40 ou 50 centimètres. Cette longueur paraît bien faible en comparaison du désaxement de 3 mètres que permet le trolley à libre déviation.

Il existe cependant quelques cas particuliers où l'archet peut rendre des services. Dans les systèmes mixtes de traction où l'on fait usage alternativement du contact au-dessus et au niveau du sol, l'archet permet d'effectuer la transition sans qu'on ait à s'occuper de lui, ce qui est fort appréciable pendant la nuit.

Ce cas s'est présenté notamment sur le tramway de la porte Maillot à Suresne. Les traversées des portes du bois de Boulogne sont équipées avec des plots. Les voitures abandonnent le fil et le rattrapent de l'autre côté de l'avenue sans que l'intervention des receveurs soit nécessaire.

L'archet présente également l'avantage de ne pas nécessiter de retournement lorsque la voiture change de sens. En raison de sa faible obliquité sur le fil de trolley, l'archet s'oriente de lui-même dans la direction de la marche de la voiture, en soulevant légèrement le fil quand il devient vertical.

Cette qualité est précieuse pour des locomotives électriques de manœuvres, qui ont à effectuer sans cesse des mouvements en avant et en arrière.

En définitive, l'archet de prise de courant peut rendre des services dans certaines circonstances particulières ; il fonctionne d'une manière très régulière mais il nécessite, par contre, un entretien assez dispendieux.

CHAPITRE III

POTEAUX ET CONSOLES

Les poteaux employés dans la construction des lignes aériennes de traction électrique sont en bois, en fer ou en acier. Les poteaux en bois ont été utilisés sur une grande échelle aux Etats-Unis où la question de prix de revient l'emporte souvent sur les considérations esthétiques. Les poteaux en bois ont été quelquefois employés en Europe pour le montage des lignes aériennes de tramways interurbains. Nous pouvons citer en particulier les lignes situées autour de Oberhanssen (Westphalie), le chemin de fer électrique de Pierrefitte (Pyrénées), le chemin de fer de la Jungfrau, etc. Le poteau en bois paraît tout indiqué pour les installations de chemins de fer. Il a de plus l'avantage de constituer par lui-même un support isolant, ce qui permet souvent de simplifier l'isolement du fil. Il est admis, en effet, que les lignes aériennes doivent être isolées de la terre par deux pièces isolantes successives. Le poteau en bois peut très bien remplacer l'une de ces deux pièces.

Dans la traversée des villes, au contraire, et même dans leur banlieue, on ne tolère en Europe que le poteau métallique. Ce poteau est muni d'une décoration qui varie naturellement avec les exigences des municipalités intéressées. On fait actuellement des poteaux dont l'aspect est véritablement décoratif. Parmi ces derniers nous pouvons citer les poteaux de la ligne Charenton-Bastille, installés sur l'avenue Daumesnil, dont l'aspect est véritablement satisfaisant au dire même des gens les moins bien disposés en faveur du fil de trolley (fig. 218). Le prix de revient des lignes est d'autre part très variable selon la décoration que l'on adopte pour les poteaux. Il y a, d'ailleurs, beaucoup de gens qui prétendent que moins un poteau est ornementé, plus il passe inaperçu et ne modifie, par conséquent, en rien l'aspect des voies publiques sur lesquelles il est installé.

En terminant ces quelques considérations générales il nous reste à

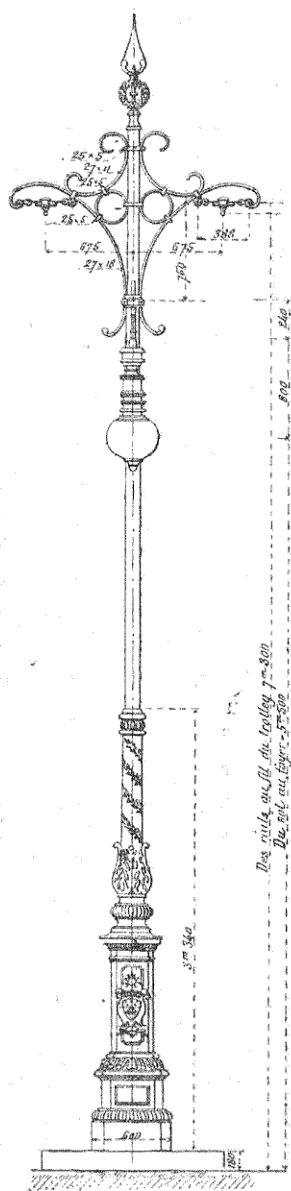


Fig. 218. — Poteau de la ligne Charenton-Bastille.

parler de la hauteur à laquelle sont installés, en général, les fils des lignes aériennes. En France cette hauteur varie de 6^m,50 à 7^m,50. La hauteur imposée pour les tramways de pénétration qui ont été concédés autour de Paris est de 7^m,50 comptés à la suspension, de façon que la hauteur ne descende jamais au-dessous de 7 mètres dans les parties où la flèche du fil est la plus forte.

Cette hauteur est une des plus favorables que l'on puisse adopter, car elle permet aux voitures de paille de passer facilement. Seuls les pépiniéristes ont fait valoir des exigences spéciales; le service du contrôle paraît leur avoir donné raison puisqu'il a exigé des concessionnaires des divers tramways de pénétration l'installation de dispositifs permettant la coupure des lignes aériennes, en des points déterminés, pour permettre le passage des arbres de haute taille. Toutefois cette pratique est peu recommandable. Il est fort mauvais d'ébranler continuellement une ligne aérienne. On est forcé naturellement de tendre et de détendre une longueur plus ou moins grande de fil; ces mouvements se répercutent sur les consoles et peuvent amener des accidents. D'autre part, cette opération ne peut être pratiquée que la nuit, sous peine d'interrompre l'exploitation d'un service public. Le contrôle des tramways a d'ailleurs réglementé, dans ces conditions, la faculté pour les pépiniéristes de demander les coupures du fil de travail. Il est donc permis de douter de la durée de la mise en pratique d'un pareil système et il est fort probable que dans un avenir plus ou moins éloigné les pépiniéristes se déci-

deront à faire usage de chariots permettant d'incliner les arbres au passage des lignes aériennes.

§ 1. — POTEAUX EN BOIS

Les poteaux en bois employés en Amérique sont en général de section circulaire ou octogonale. Les poteaux de section octogonale sont employés dans les villes et les faubourgs. Lorsqu'ils sont exécutés avec soin leur aspect ne diffère pas considérablement de celui des poteaux métalliques.

Les poteaux de section circulaire ne sont autres que de forts poteaux télégraphiques simplement dégrossis et non tournés. Ils sont tout indiqués pour les chemins de fer suburbains (fig. 219).

Les poteaux en bois, de même que les poteaux en fer, supportent le fil de travail par l'intermédiaire de consoles ou de fils d'acier transversaux. Dans ce dernier cas ils présentent même sur les poteaux en acier l'avantage d'avoir une moindre flexion, ce qui est toujours avantageux au point de vue de l'aspect.

Les essences généralement employées aux États-Unis sont le sapin, le châtaigner et le cèdre. La plupart du temps, les poteaux ont un diamètre de 15 à 18 centimètres au sommet et de 25 centimètres à la base. On estime aux États-Unis que le meilleur poteau de bois est obtenu avec le sapin de Georgie travaillé de manière à le rendre octogonal et injecté de créosote à son extrémité. Sa durée est, paraît-il, aussi longue que celle de n'importe quel poteau, mais cela n'est qu'une appréciation puisque l'époque depuis laquelle on a commencé à construire des lignes aériennes n'est pas suffisamment éloignée pour qu'on puisse avoir une opinion bien précise à ce sujet.

Dans le cas où l'on fait usage de poteaux en bois, les consoles employées sont constituées par deux tubes d'acier assemblés au moyen de pièces de raccord (fig. 220). Le tube console proprement dit se fixe au poteau par l'intermédiaire d'une sorte de boîte creuse tirefonnée

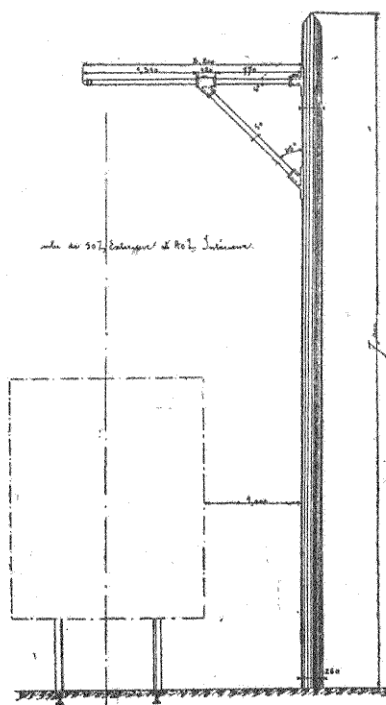


Fig. 219. — Poteau en bois.

sur le poteau. L'extrémité du tube est pourvue d'un crochet. Pour introduire ce crochet dans cette boîte il est nécessaire d'incliner le tube à 45° et de le replacer ensuite horizontalement. Le tube formant contre-fiche est ensuite introduit dans le raccord spécial qui a été préalablement enfilé sur le tube console. Son autre extrémité se fixe par

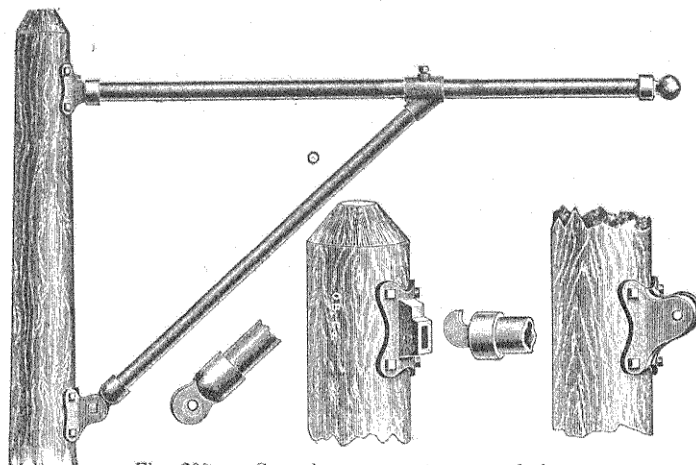


Fig. 220. — Consoles pour poteaux en bois.

l'intermédiaire d'un boulon dans une autre applique solidement tirée dans le poteau. Il ne reste plus ensuite qu'à serrer le boulon de pression de la pièce d'assemblage des deux tubes.

La figure 221 nous représente un autre type de console qui diffère de la précédente en ce que la contre-fiche a été remplacée par un tirant en câble d'acier. L'extrémité de cette console qui supporte les pièces de lignes est du type dit élastique. Le tube d'acier unique se bifurque en deux branches qui se rejoignent ensuite. Entre les deux extrémités de ce dispositif se trouve tendu le fil d'acier supportant les isolateurs du fil de trolley.

Un autre type de console du même genre, à suspension élastique, est représenté sur la figure 222. Le tube console est continu sur toute sa longueur.

La suspension élastique a ses partisans et ses détracteurs. Elle a été employée sur une grande échelle dans toutes les installations qui ont été faites par les compagnies Thomson-Houston et Siemens.

Dans le cas où l'on place les poteaux au milieu de la chaussée il peut être avantageux d'employer des consoles doubles.

Les poteaux en bois les plus employés ont une longueur d'environ 9 mètres avec des diamètres extrêmes de 165 et de 255 millimètres.

Ils doivent pouvoir résister à une tension de 250 kilogrammes, appli-

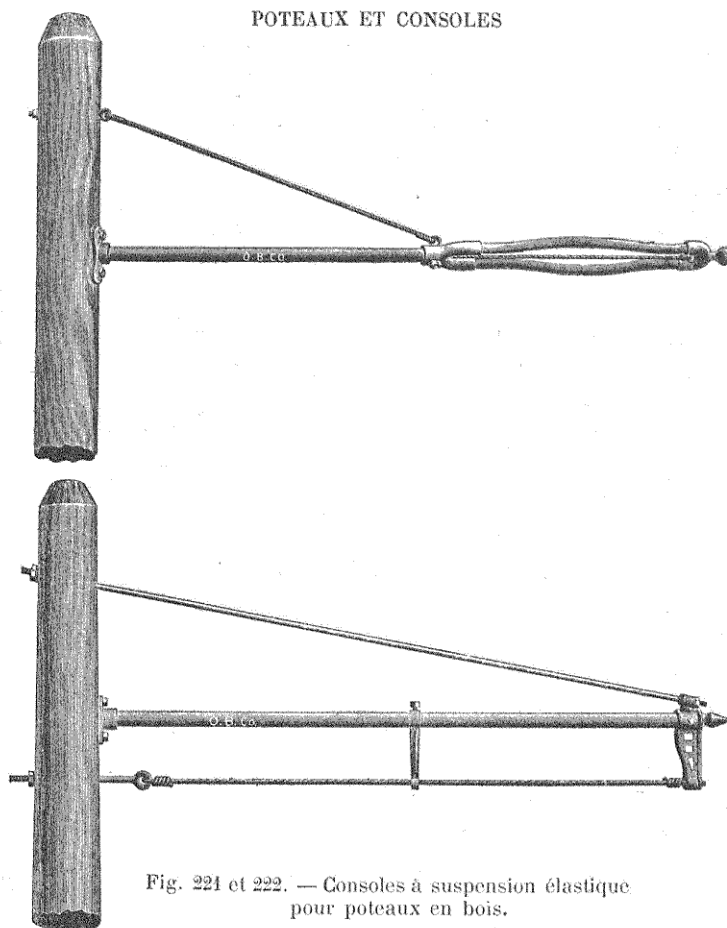


Fig. 221 et 222. — Consoles à suspension élastique pour poteaux en bois.

quée à 20 centimètres de leur sommet sans prendre une flèche permanente appréciable.

§ 2. — POTEAUX MÉTALLIQUES

Les poteaux métalliques se font en fer et en acier. Les poteaux en fer sont fabriqués avec des fers profilés et des fers plats. Les poteaux de grandes dimensions se font souvent en treillis.

Les poteaux en acier sont de beaucoup les plus employés. La plupart du temps ils sont constitués par des tubes d'acier emboîtés les uns dans les autres au moyen de procédés que nous examinerons plus loin. On fait également, depuis quelques années, des poteaux de section décroissante en une seule pièce. Ces poteaux sont obtenus par laminage au moyen du procédé Mannesmann.

a. Poteaux en acier. — Les poteaux tubulaires ont, en général, une longueur de 9 mètres à 9^m,50. Les règlements actuellement en vigueur en France imposent une distance minima de 6 à 7 mètres entre le sol et le point le plus bas du fil de trolley. En tenant compte de la longueur d'encastrement dans le sol qui est de 1^m,60 à 2^m,20 et de la partie du poteau située au-dessus du fil de travail qui ne peut guère être inférieure à 1 mètre, on arrive aux chiffres de 9 à 10 mètres.

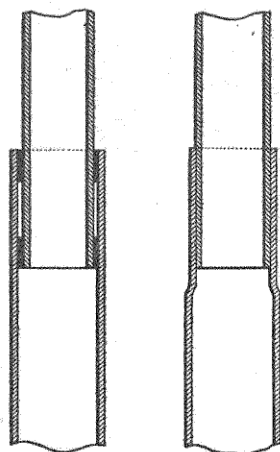


Fig. 223 et 224.
Modes d'assemblage des tubes de poteaux.

Les poteaux télescopiques se composent en général de trois tubes. Il existe cependant des poteaux à deux et à quatre tubes, mais leur emploi est plus rare.

L'assemblage des tubes se fait de deux manières différentes. Le procédé le plus employé consiste à intercaler entre les deux tubes des bagues formant fourrures (fig. 223).

Depuis quelque temps on emploie également un autre procédé qui consiste à emboutir le tube de plus grand diamètre à chaud et sous pression (fig. 224). On est assuré, par cette méthode, d'obtenir une

liaison entre les deux tubes sur une plus grande longueur.

Les poteaux les plus employés aux États-Unis sont caractérisés par les données suivantes ¹.

TUBES	LONGUEUR TOTALE	DIAMÈTRE au pied en millimètres.	DIAMÈTRE au milieu en millimètres.	DIAMÈTRE au sommet en millimètres.	POIDS en kilogrammes.	EFFORT au sommet sans flèche permanente supérieure à 12 mm.	EFFORT NORMAL à supporter avec 150 mm. de flèche.
Tube à 3 sections.	8,5	152	127	101	215-340	450-680	150-200
» 3 »	9	178	152	127	270-450	906-1132	200-300
» 3 »	9	203	178	152	370-590	1350-1800	400-500
» 2 »	7,9	152	...	127	226	680	200

On a employé, à Bruxelles, des poteaux à quatre tronçons emboîtés l'un dans l'autre. Deux bagues de 4 à 7 millimètres d'épaisseur sur 100 millimètres de hauteur sont glissées à chaud sur le bout inférieur.

Ernest Gérard. *Électrotraction*. Bruxelles.

de chaque tronçon, puis celui-ci est enfoncé dans le voisin à la presse hydraulique. Ce poteau se fait en cinq types. Dans les quatre premiers figurent deux hauteurs en raison des distances auxquelles ils se trouvent placés ou des dépressions du sol au point d'enfoncement, afin de maintenir au fil tendeur l'inclinaison voulue (tableau page 254).

On a employé sur les tramways du *South Staffordshire* un poteau en deux pièces, l'une cylindrique, l'autre conique. Ces deux tubes en acier doux sont encastrés l'un dans l'autre.

TYPE DE POTEAU	HAUTEUR TOTALE EN MÈTRES	PARTIE CYLINDRIQUE			PARTIE CONIQUE				
		Hauteur	Diamètre extérieur	Diamètre intérieur	Hauteur	Diamètre			
						Gros bout		Petit bout	
						extérieur	intérieur	extérieur	intérieur
I . . .	8,692	3,202	152	140	5,490	140	127	70	57
II . . .	8,844	3,202	178	165	5,642	165	152	95	82
Termini- nus.	8,844	3,202	305	279	5,642	279	254	117	102

Les usines Mannesmann de Düsseldorf fabriquent des poteaux d'une seule pièce à sections décroissantes répondant aux données suivantes :

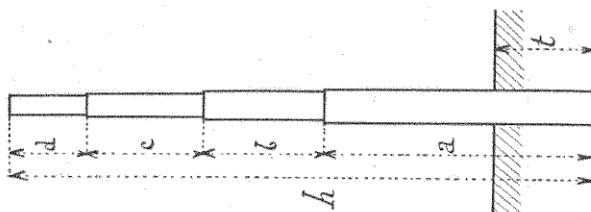
Poteaux Mannesmann d'une seule pièce à sections décroissantes

TYPE	HAUTEUR ET DIAMÈTRE DES TRONÇONS EN MILLIMÈTRES						POIDS	EFFORT HORIZONTAL	FLÈCHE CALCULÉE	
	1		2		3					
	hauteur	diamètre	hauteur	diamètre	hauteur	diamètre				
A.	I . .	3 850	163	2 400	110	1 050	70	191	175	145
	II . .	3 850	188	2 400	130	1 050	80	222	250	144
	III . .	3 850	206	2 400	140	1 050	85	283	350	130
	IV . .	3 850	217	2 400	165	1 050	100	335	500	126
B.	I . .	3 850	163	1 900	110	1 250	70	191	175	145
	II . .	3 850	188	1 900	130	1 250	80	222	250	144
	III . .	3 850	206	1 900	140	1 250	85	283	350	130
	IV . .	3 850	217	1 900	165	1 250	100	335	500	126
C.	I . .	3 400	163	2 000	110	1 600	70	178	175	150
	II . .	3 400	188	2 000	130	1 600	80	217	250	150
	III . .	3 400	206	2 000	140	1 600	85	262	350	140
	IV . .	3 400	217	2 000	165	1 600	100	311	500	135

TYPE

DIMENSION DES TRONÇONS EN MILLIMÈTRES

TYPE	DIMENSION DES TRONÇONS EN MILLIMÈTRES										ENFONCEMENT DANS LE SOL	LONGUEUR TOTALE	POIDS ARRONDI	EFFET NORMAL AU SOMMET				
	a.			b.			c.			d.								
	Longueur		diamètre	Longueur		diamètre	Longueur		diamètre	Longueur								
	extérieur	intérieur		extérieur	intérieur		extérieur	intérieur		extérieur	intérieur							
A. $\left\{ \begin{array}{l} 1^{\circ} \\ 2^{\circ} \end{array} \right.$	4 300	172 156	1 900	146 130	1 700	121 107	1 300	95	83	1 600	9 400	290 230						
	4 400	172 156	1 800	146 130	1 500	121 107	1 300	95	83	1 600	9 000	280 260						
B. $\left\{ \begin{array}{l} 1^{\circ} \\ 2^{\circ} \end{array} \right.$	4 600	172 154	1 900	146 130	1 700	121 107	1 300	95	83	1 700	9 500	320 280						
	4 500	172 154	1 800	146 130	1 500	121 107	1 300	95	83	1 700	9 400	300 300						
C. $\left\{ \begin{array}{l} 1^{\circ} \\ 2^{\circ} \end{array} \right.$	4 700	203 178	1 900	166 146	1 700	133 115	1 300	101	90	1 800	9 600	400 350						
	4 600	203 178	1 800	166 146	1 500	133 115	1 300	101	90	1 800	9 200	370 400						
D. $\left\{ \begin{array}{l} 1^{\circ} \\ 2^{\circ} \end{array} \right.$	4 800	203 176	1 900	166 144	1 700	133 113	1 300	101	87	1 800	9 700	450 450						
	4 700	203 176	1 800	166 144	1 500	133 113	1 300	101	87	1 800	9 300	420 500						
Terminus	4 700	243 217	1 900	203 174	1 700	137 159	1 300	121	100	2 000	9 600	650 650						



Dans ces derniers temps la Compagnie Thomson-Houston a fait usage de poteaux emboutis à chaud sur les lignes qu'elle a construites dans la banlieue de Paris. Voici les dimensions et poids caractéristiques de quelques-uns de ces poteaux télescopiques.

TYPE	POIDS EN KILOGRAMMES	LONGUEUR TOTALE EN MÈTRES	EFFORT APPLIQUÉ À 45 CENTIMÈTRES DU SOMMET DONNANT UNE FLÈCHE TEMPORAIRE DE 150 MILLIMÈTRES	EFFORT MAXIMUM QUE PEUT SUPPORTER LE POTEAU ET DONNANT UNE FLÈCHE PERMANENTE DE 13 MILLIMÈTRES
A	327	7,50	Kilos 160	Kilos 315
B	379	9,50	225	450
C	450	9,50	315	540
D	600	9,50	450	765
E	723	9,50	900	1170

Dans la banlieue de Paris la Compagnie générale de traction a fait usage de trois types de poteaux ayant respectivement des poids de 330, 460 et 660 kilogrammes. Le fil de trolley devant être placé à 7^m,30 au moins du sol il en résulte que ces poteaux doivent avoir une longueur de 10 mètres.

Lorsque le fil est supporté par des consoles, les poteaux les plus faibles s'emploient dans les alignements droits où les efforts horizontaux sont presque nuls. Dans le cas où l'on fait usage des fils transversaux, il est préférable d'avoir recours à des poteaux d'une force moyenne. Cette précaution est nécessaire si l'on ne veut pas que les poteaux prennent une flèche exagérée. Ces poteaux moyens sont également employés dans les courbes d'assez grand rayon quel que soit le mode de suspension du fil.

Dans les courbes de faible rayon les efforts horizontaux sont très importants. Il est alors indispensable d'avoir recours aux poteaux les plus forts, surtout si la ligne comporte deux fils disposés l'un à côté de l'autre.

Les poteaux d'amarrage que l'on place aux terminus des lignes sont ceux qui supportent le plus grand effort. Il y a donc lieu d'employer pour cet usage les poteaux les plus résistants que l'on puisse trouver.

b. Poteaux en fers profilés. — Les poteaux en fer et cornières et les poteaux en treillis ont été assez peu employés jusqu'à présent. La

rareté des applications, qui ont été faites de ces poteaux, paraît devoir s'expliquer par la difficulté que l'on éprouve lorsqu'on veut leur donner un aspect décoratif satisfaisant. Ils ont cependant l'avantage de ne pas

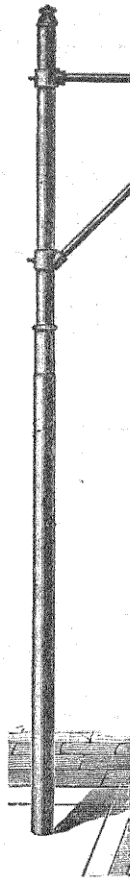


Fig. 225.

Poteau en acier
avec console en tubes.

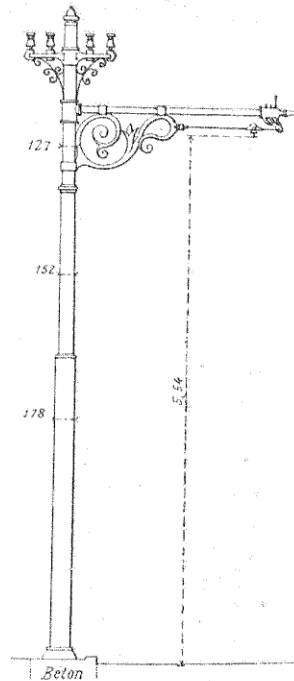
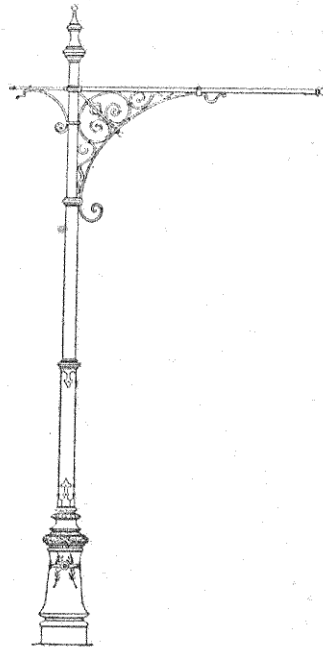


Fig. 226 et 227. — Poteaux en acier.

exiger un scellement aussi profond puisqu'ils comportent une plaque de fondation, solidement rivée, qui constitue un excellent ancrage.

Lorsque le métal est judicieusement réparti, la flexion de ces poteaux est également plus faible que celle des poteaux tubulaires.

La figure 232 représente un poteau de ce genre constitué par des fers plats assemblés au moyen de cornières.

Les poteaux en treillis sont les plus employés. Ils ont en effet un

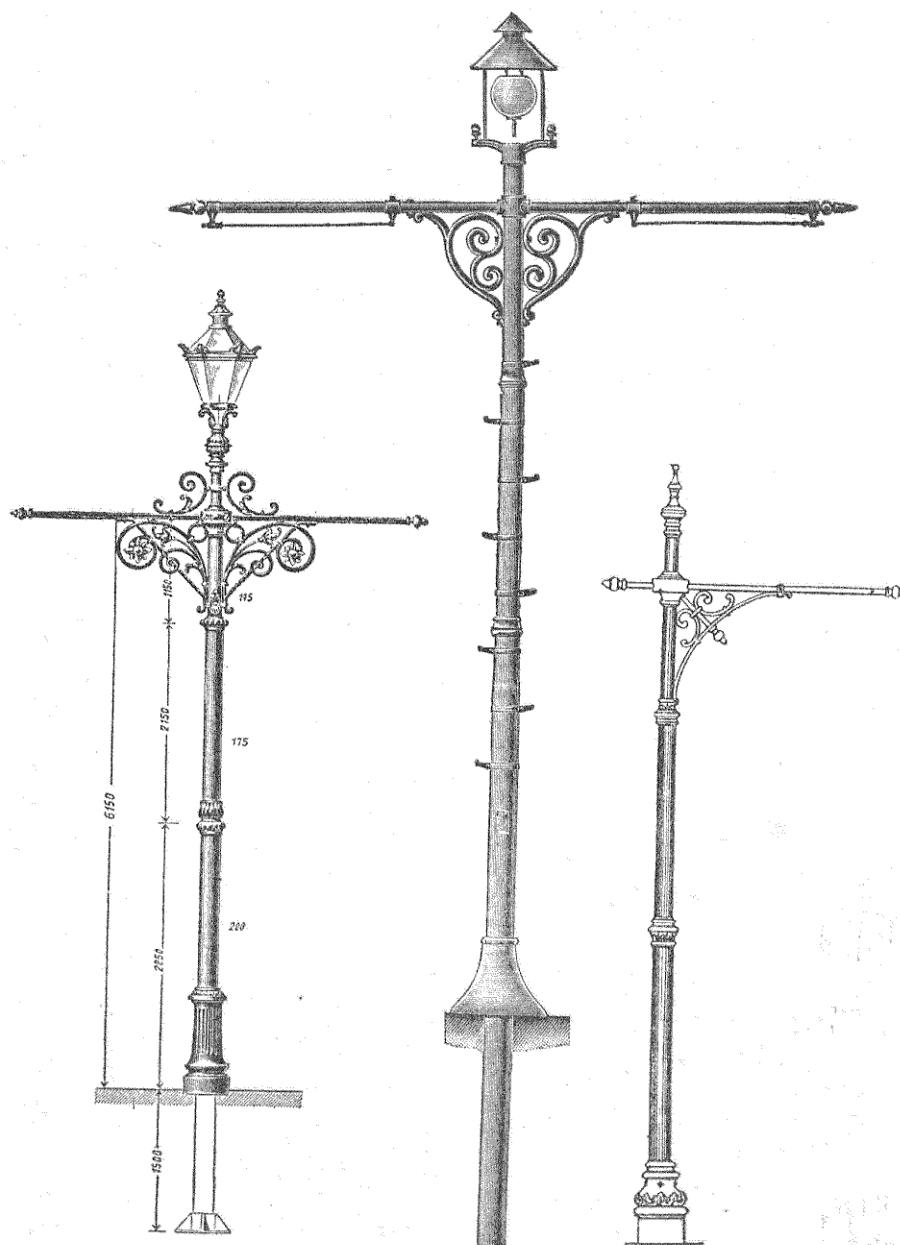


Fig. 228, 229 et 230. — Types de poteaux ornementés.

H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

aspect léger que n'ont pas les poteaux à âme pleine. Les figures 234

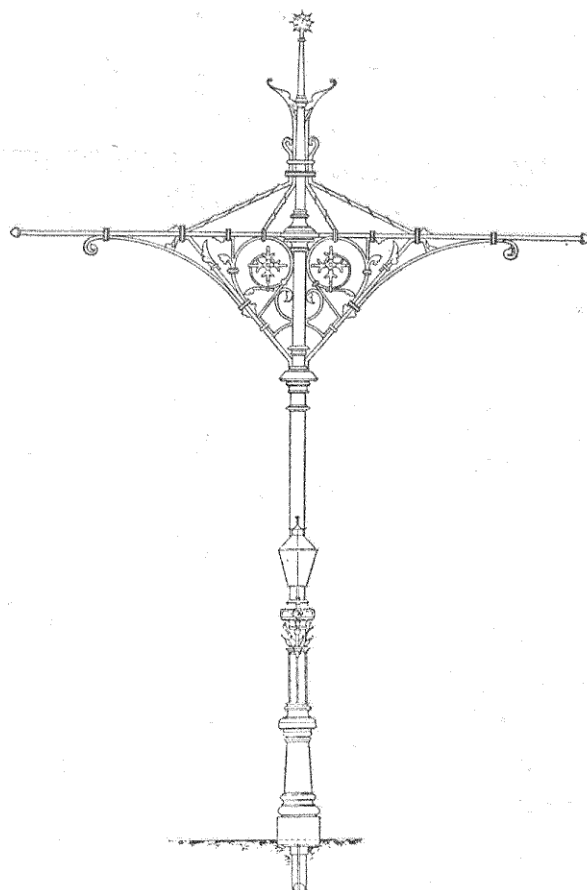


Fig. 231. — Poteau à double console ornementée (construction allemande).

et 235 représentent quelques types appartenant à cette catégorie et répondant aux données suivantes :

	POIDS	EFFORT AU SOMMET
Type A.	323 kilogrammes	300 kilogr.
Type B.	380 —	470 —
Type C.	620 —	580 —

On a employé, également, sur une assez grande échelle le poteau O. André. Ce poteau est caractérisé par ce fait qu'il est constitué par quatre cornières maintenues de distance en distance par des diaphrag-

mes et par des pattes extérieures (fig. 236-240). Il n'y a donc ni fers plats, ni barres de treillis. La section la plus grande se trouve au ras du sol. Les cornières vont ensuite en se rapprochant vers les deux extrémités.

On obtient ainsi des poteaux très légers qui résistent bien aux efforts

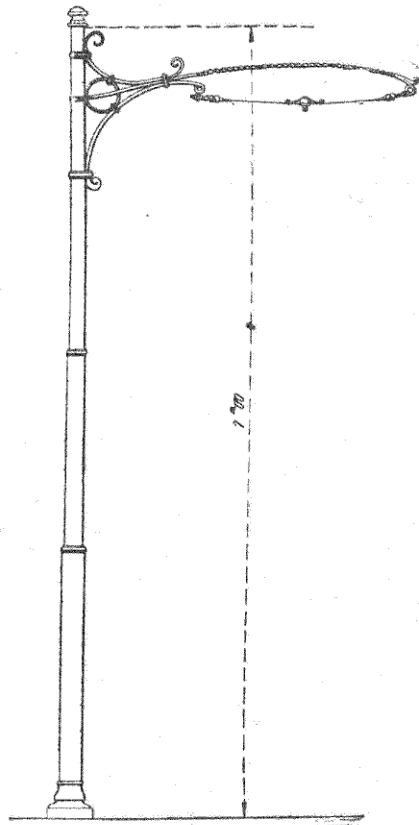


Fig. 232. — Poteau avec console à suspension élastique.

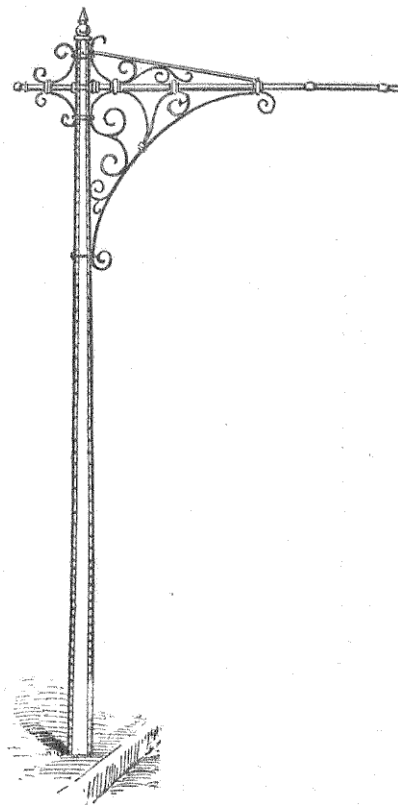


Fig. 233. — Poteau en fer et cornières.

horizontaux et se prêtent, par suite, au montage des lignes sur fils transversaux.

Il est également bon de signaler que le prix des poteaux à base carrée est inférieur à celui des poteaux tubulaires.

c. **Consoles.** — On fait usage, pour les poteaux métalliques, de consoles composées : 1° d'un tube-console qui est toujours en fer ou en acier et dont le diamètre extérieur varie de 40 à 50 millimètres ; 2° de

pièces de support qui peuvent être en acier ou en fonte. Dans le cas où l'on fait usage de la fonte, on se sert de consoles ornementées s'assemblant au poteau au moyen de colliers de serrage. Le tube-console s'enfile ensuite dans deux autres petits colliers et s'y fixe au moyen de vis de pression (fig. 226, 231, 242 et 243).

La mise en place de ces consoles en fonte est très simple, mais elle

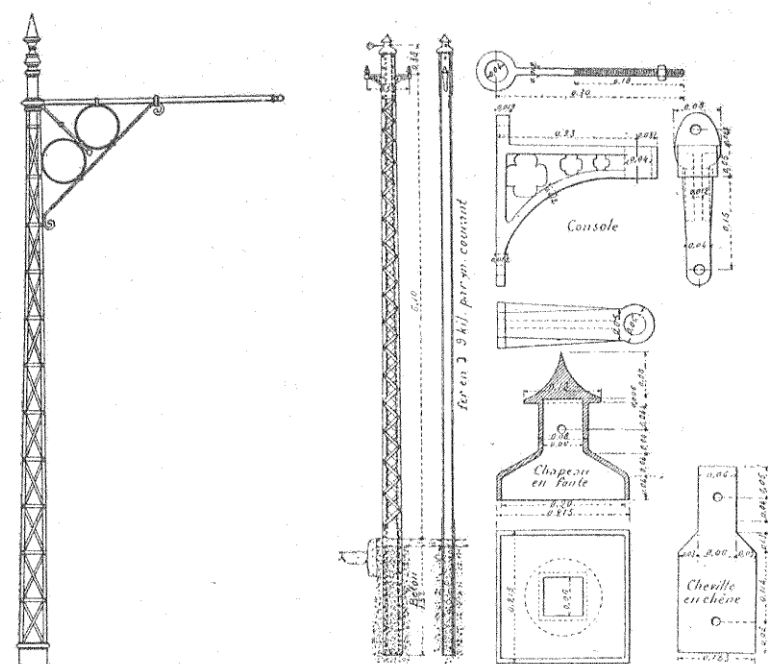


Fig. 234 et 235. — Poteaux en treillis.

donne souvent lieu à des mécomptes. Aussi, il arrive fréquemment qu'en serrant les écrous des colliers de serrage, on provoque la rupture de ces derniers. Dans le cas où il se produit une rupture du fil de trolley, on peut être à peu près certain que les consoles voisines du point de rupture se briseront si les colliers ont été serrés comme ils doivent l'être. De même, lorsqu'on tend la ligne, des ruptures du même genre peuvent se produire et constituer un grand danger par suite du poids des consoles.

L'un des types de consoles les plus pratiques que l'on fasse aujourd'hui est représenté par la figure 225. Le tube-console est soutenu par un tube droit ou cintré qui s'appuie à sa partie inférieure sur un collier en acier fondu enfilé sur le poteau. Ce collier est surmonté par une autre pièce du même genre dans laquelle vient s'enfoncer l'extrémité

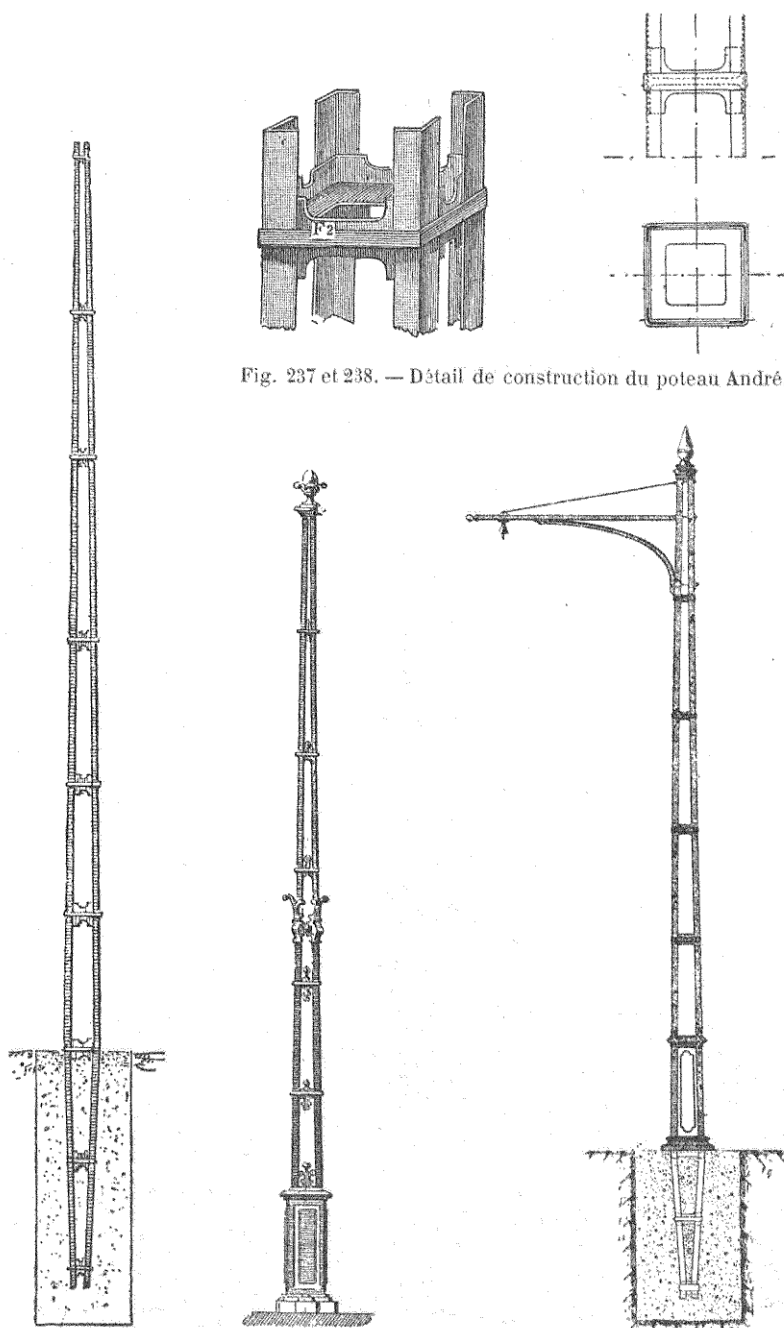


Fig. 237 et 238. — Détail de construction du poteau André.

Fig. 236.
Poteau André.

Fig. 239.
Poteau André décoré.

Fig. 240.
Poteau André avec console.

du tube-console. Des boulons de pression maintiennent toutes les parties en place.

Dans le cas où l'on veut rendre le poteau plus décoratif, ce qui est

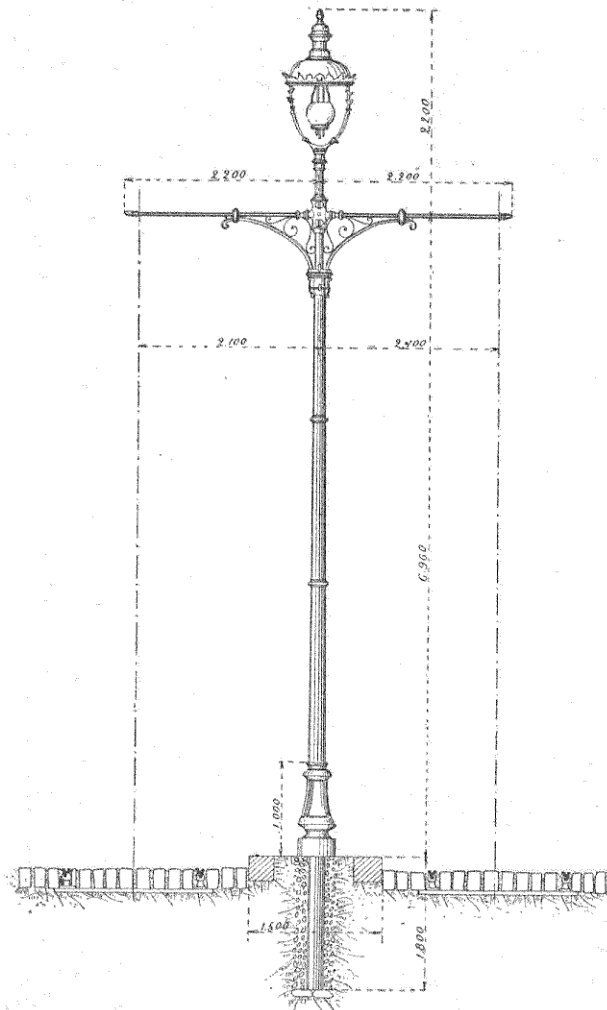


Fig. 241. — Poteau à double console avec lampe à arc.

souvent nécessaire dans la traversée des villages et des faubourgs, on ajoute à l'intérieur du triangle formé par les tubes de la console un ornement en fer forgé qui ne participe en rien à la résistance (fig. 241).

Lorsque le tube-console dépasse deux mètres de longueur, il devient

absolument indispensable de le munir d'un hauban que l'on fixe à l'extrémité du poteau (fig. 240 et 247).

Dans le cas où l'on fait usage de la suspension élastique, on peut

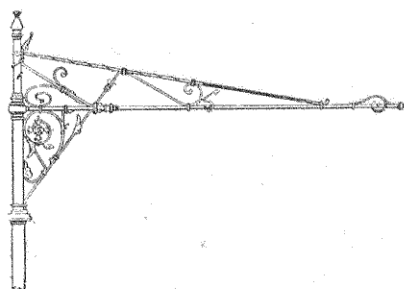


Fig. 242. — Console ornementée.

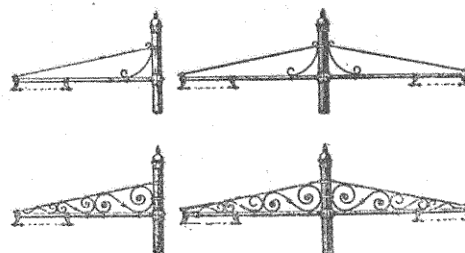


Fig. 243. — Consoles en fonte ornementées.

avoir recours aux consoles cintrées (fig. 232 et 246). La suspension élastique s'établit alors entre les deux extrémités de l'arc.

Lorsque l'on fait usage du trolley à libre déviation, les consoles peu-

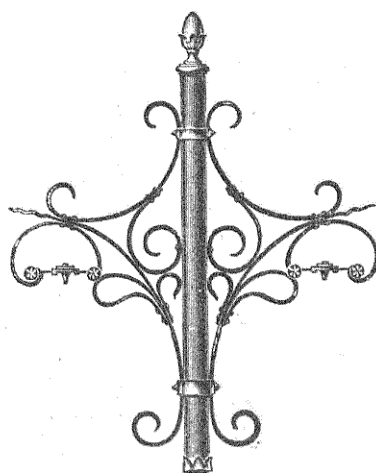


Fig. 244. — Console double pour lignes désaxées.

vent avoir des dimensions excessivement restreintes (fig. 244). La figure 218 représente un spécimen des poteaux qui ont été installés avenue Daumesnil, à Paris, pour le tramway Bastille-Charenton. Ces poteaux, qui sont placés sur des refuges, au milieu de la chaussée, sont également utilisés pour la suspension de deux lampes à arc. De

l'avis de tout le monde, ces poteaux ne déparent en aucune manière les lieux où ils ont été placés.

Les tubes- consoles sont quelquefois remplacés par des fers profilés.

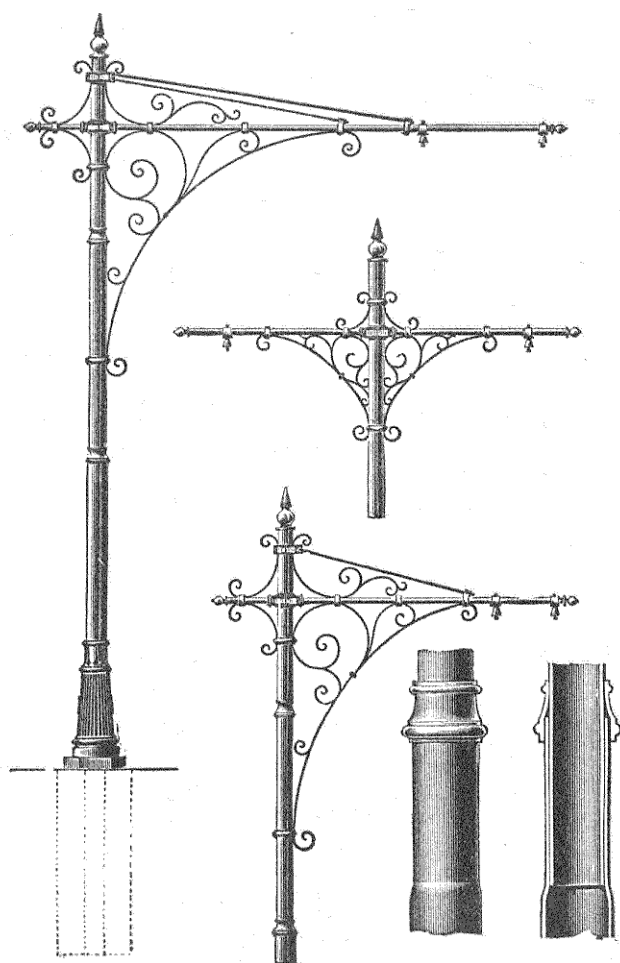


Fig. 245. — Consoles en fer forgé.

La figure 248 donne un exemple de ce genre de construction.

Lorsque le montage des lignes est fait au moyen de fils transversaux, on amarre ces derniers sur les poteaux au moyen de colliers fixés près du sommet (fig. 249-255).

On peut également utiliser un procédé fréquemment employé en Amérique, qui consiste à introduire au sommet du poteau un manchon

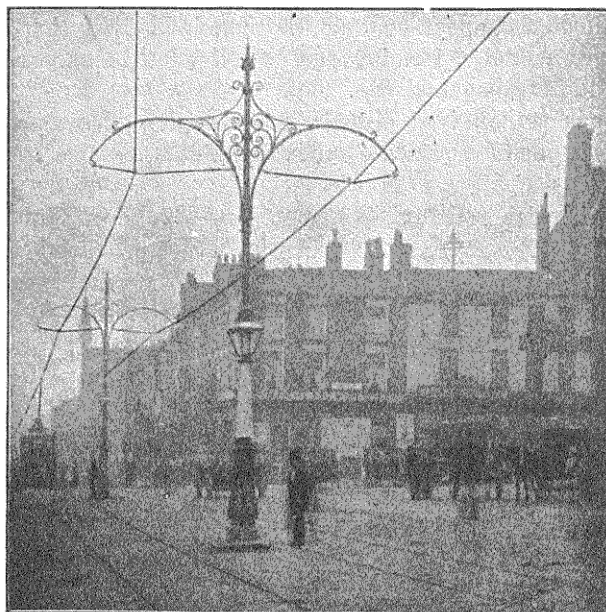


Fig. 246. — Ligne aérienne à suspension élastique (construction anglaise).

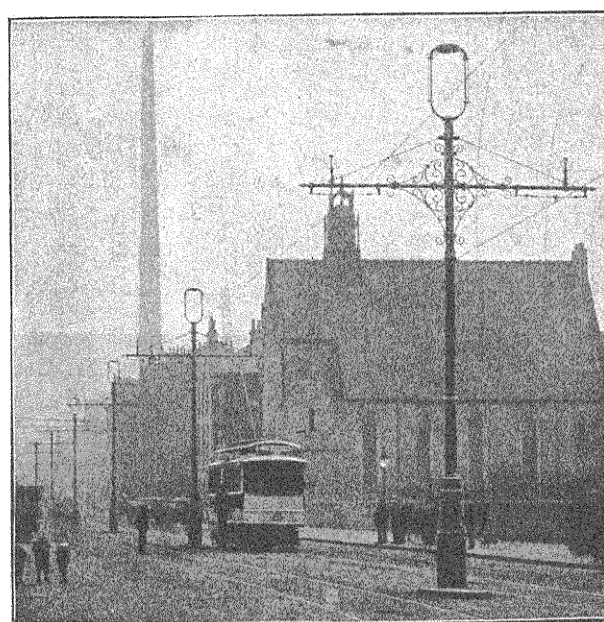


Fig. 247. — Ligne aérienne à suspension élastique (construction anglaise)

de bois coiffé d'un chapeau en fonte. Le manchon et le chapeau sont traversés par un boulon terminé par un œil dans lequel on attache l'extrémité du fil transversal (fig. 256).

Dans les cas où l'on veut obtenir un effet plus décoratif, on peut employer le dispositif représenté sur la figure 252.

d. Décoration des poteaux. — Les poteaux tubulaires sont décorés

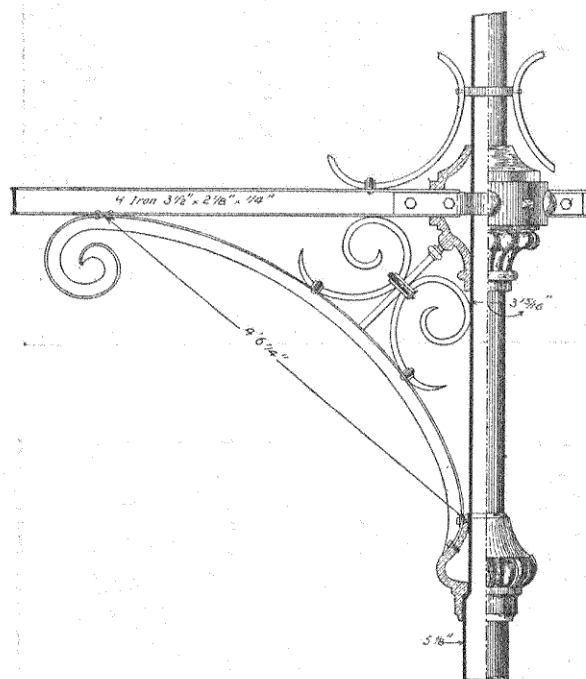


Fig. 248. — Console en fers profilés.

au moyen de pièces en fonte plus ou moins ornementées. Cette décoration comporte une embase d'importance variable (fig. 226), une tête de poteau affectant le plus généralement la forme d'une boule terminée par une pointe, d'une pomme de pin ou d'un fer de lance et une série de bagues destinées à masquer le raccordement des tubes entre eux. Lorsque l'on fait usage de tubes- consoles rectilignes, on enfonce à l'extrémité de ces derniers des bouchons en fonte terminés en forme de boule. L'importance des embases est très variable, suivant l'effet décoratif que l'on veut obtenir. On emploie parfois des socles qui n'ont que 40 centimètres de hauteur (tramway d'Arpajon), tandis que dans

certain cas, cette hauteur peut atteindre 2 mètres (tramway de Bas-

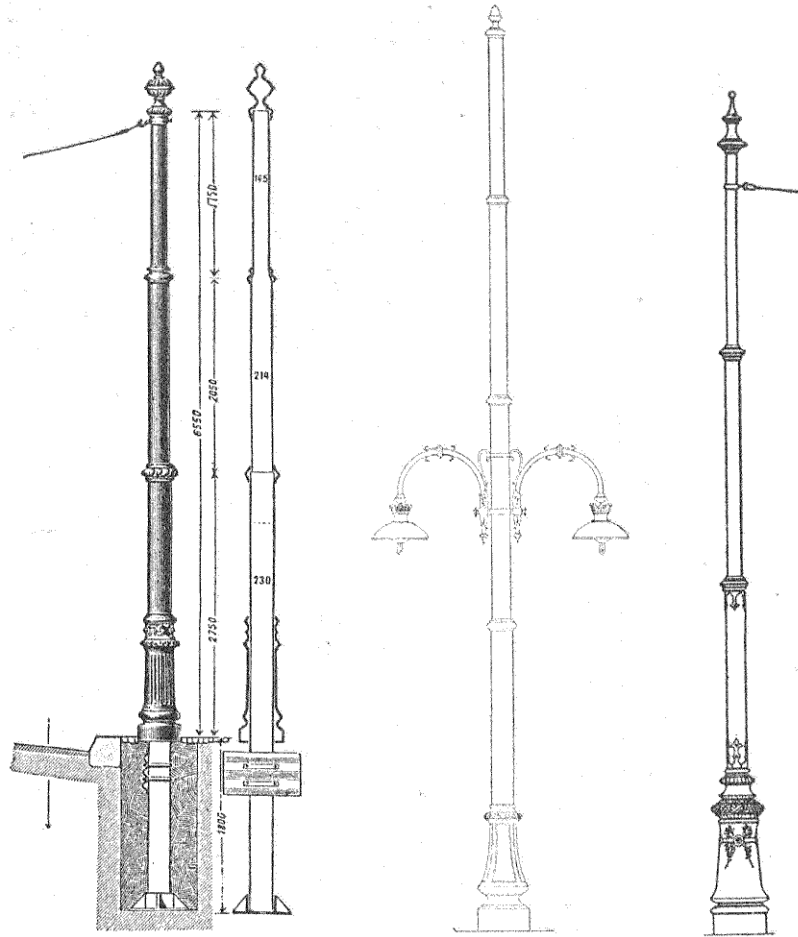


Fig. 249, 250 et 251. — Poteaux pour fils transversaux.

tille-Charenton). En général, les embases les plus employées ont des hauteurs variant de 1 mètre à 1 m. 50.

§ 3. — MISE EN PLACE DES POTEAUX

Les poteaux sont scellés en terre suivant une profondeur moyenne de 1 m. 80 environ. On conseille souvent d'interposer un tasseau en bois entre le fond de la fouille et l'extrémité inférieure du poteau. C'est

évidemment une bonne précaution, puisque le poids du poteau se trouve alors réparti sur une plus grande surface. Cette précaution est particulièrement utile dans les très mauvais terrains.

Pour que le poteau soit solidement fixé, il est bon de creuser le trou dans lequel on doit le placer avec une section aussi petite que possible. Les ouvriers ont toujours une tendance à faire des trous trop grands. Il leur est en effet beaucoup plus commode de travailler dans une grande fouille que dans une petite. Il est indispensable de faire usage d'outils à manches très courts ;

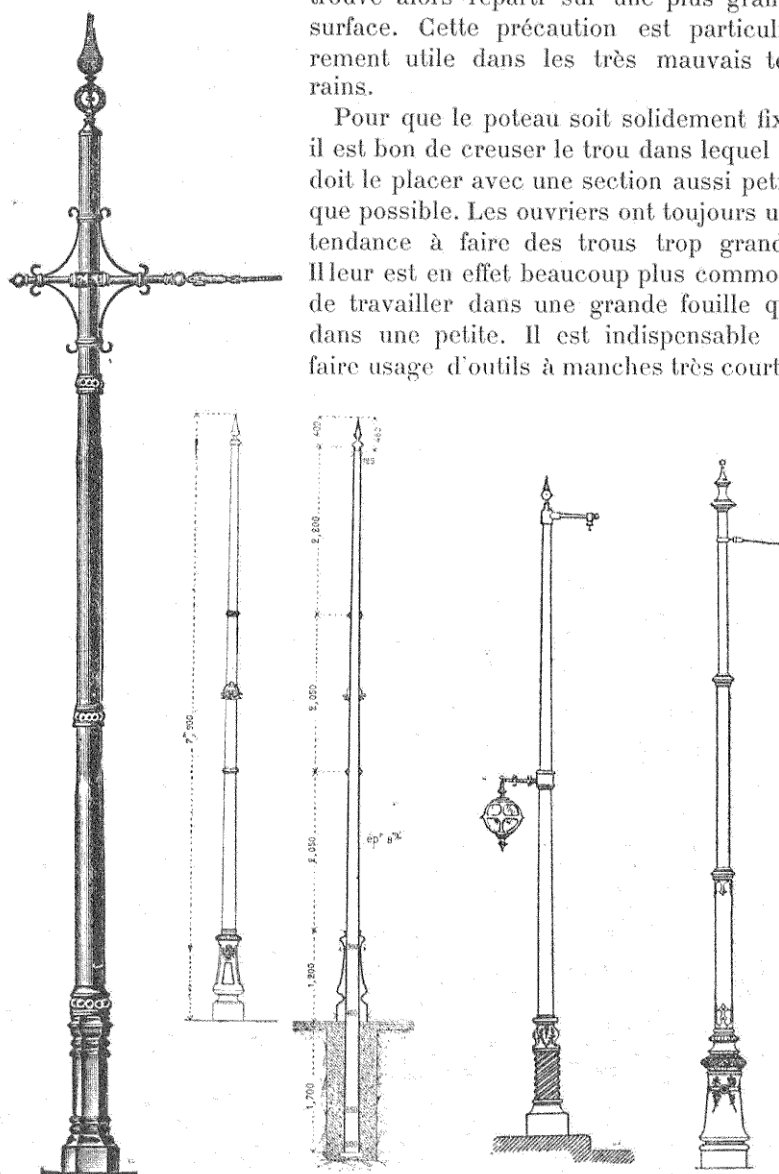


Fig. 252, 253, 254 et 255. — Poteaux pour fils transversaux.

malgré cette précaution, l'ouvrier n'a pas une grande facilité de mou-

vements dans une fouille qui ne devrait pas avoir plus de 1 m. 20 de long sur 0 m. 60 de large.

Lorsque le trou est trop grand, il faut le remplir entièrement avec du béton, ce qui revient excessivement cher, ou bien se résigner à combler avec de la terre une partie de la fouille.

Dans ce dernier cas, on a des poteaux qui n'ont aucune solidité et sur lesquels on n'ose pas exercer un effort horizontal.

Les Américains ont créé, dans le but de faire les trous d'aussi faible section que possible, tout un outillage spécial qui est encore fort peu usité en Europe.

L'outil représenté sur la figure 257 permet de creuser des trous de très faible diamètre, pourvu que la profondeur ne soit pas supérieure à la longueur des manches. Il se compose de deux pioches cintrées suivant la surface d'un même cylindre. Ces deux pioches se terminent chacune par un manche en bois dont la longueur excède la profondeur du trou à creuser. Les deux pioches sont réunies par un axe perpendiculaire aux manches. Lorsqu'on veut creuser un trou, on enfonce l'outil en rapprochant les deux manches l'un contre l'autre. On les éloigne ensuite pour rapprocher les deux pioches, ce qui a pour résultat d'emprisonner une certaine quantité de terre que l'on remonte à la surface. On recommence la même opération jusqu'à ce que le trou ait la profondeur désirée.

Dans les terrains un peu durs, il est indispensable de commencer le travail avec une sorte de barre à mine formant trépan.

Un autre outil du même genre est représenté sur la figure 258 et ne comporte qu'une seule pioche dont l'inclinaison peut être modifiée au moyen d'un levier fixé sur le manche. On descend l'outil avec la pioche verticale. On le remonte en agissant sur le levier pour appliquer la pioche contre les parois et empêcher ainsi la terre de tomber pendant l'ascension de l'outil.

Dans le cas où l'on ne veut pas faire usage d'outils aussi compliqués, on a la ressource d'employer le louchet pour vider les trous dont la terre a été préalablement désorganisée avec le trépan à main (fig. 262 et 263). Le louchet n'est en somme qu'une sorte de cuiller; la figure 260 représente un type de louchet employé en Amérique.

Dans les terres sablonneuses, on peut encore faire usage de l'outil

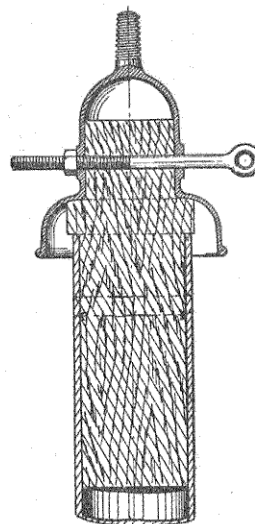


Fig. 256. — Tête de poteau pour fil transversal.

représenté figure 259, qui comporte un tube pointu à son extrémité, portant deux couteaux de forme hélicoïdale. En agissant sur une barre

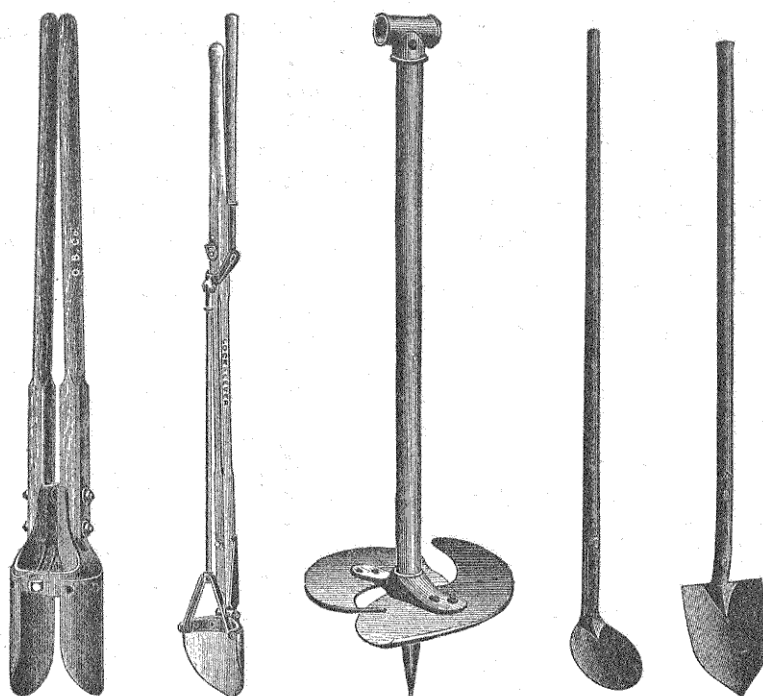


Fig. 257, 258, 259, 260 et 261. — Outils pour le forage des trous de poteaux.

perpendiculaire à l'axe, on arrive très facilement à creuser un trou de diamètre absolument régulier.

Quoi qu'il en soit, ces divers outils ont été fort peu employés en

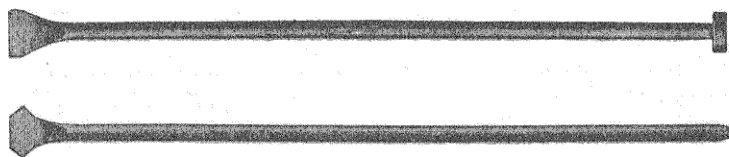


Fig. 262 et 263. — Trépans pour terrains durs.

Europe. Les ouvriers préfèrent avoir recours à des pelles et à des pioches à manches très courts. Les résultats, nous le répétons, ne valent certainement pas ceux qui sont obtenus en faisant usage d'outils spéciaux.

Lorsque les trous sont terminés, il est prudent de les recouvrir avec des tampons en bois, car de graves accidents peuvent résulter de leur présence. La nuit, en particulier, l'éclairage est une précaution insuffisante.

Il ne reste plus maintenant qu'à introduire la base du poteau dans le

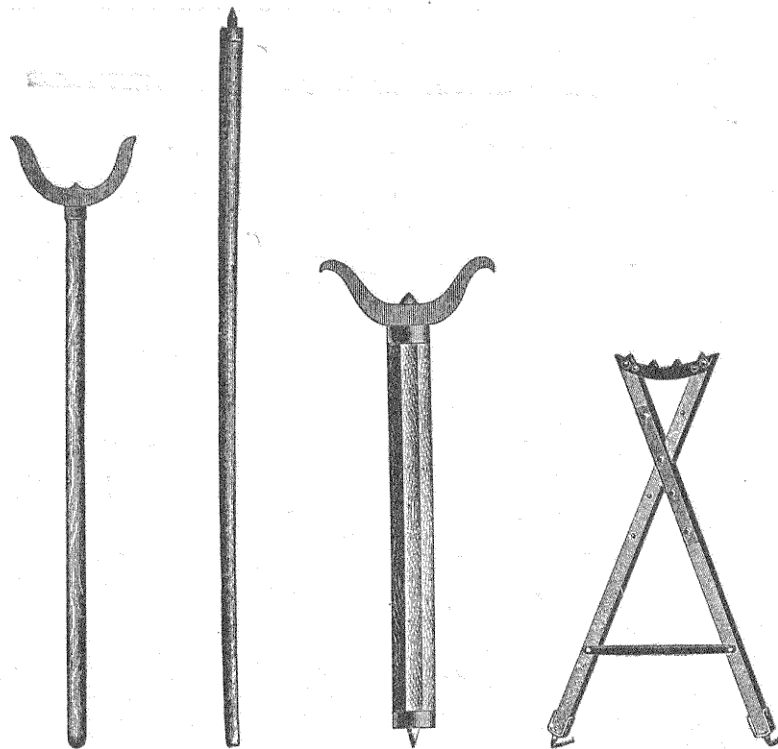


Fig. 264, 265, 266 et 267. — Outils pour la mise en place à la main des poteaux en bois.

trou qui lui est destiné. Cette opération peut se faire à bras ou au moyen d'appareils de levage plus ou moins compliqués dont le plus simple est la chèvre.

Les poteaux peuvent facilement se mettre en place si l'on dispose d'une équipe suffisante. Les poteaux en bois, en particulier, se manipulent très facilement au moyen de fourches et de perches munies d'une pointe à leur extrémité. Les fourches elles-mêmes ont une pointe en leur milieu (fig. 264-267).

Avec une dizaine d'hommes agissant les uns avec des fourches sur le milieu du poteau, les autres avec des perches à pointes sur son extré-

mité, on arrive très facilement à faire pénétrer le poteau dans le trou qu'il doit occuper (fig. 269).

La même méthode peut être employée pour les poteaux métalliques. Dans ce cas, on ne fait usage que de fourches sans pointe dont la longueur de manche varie suivant la hauteur à laquelle on exerce la poussée sur le poteau (fig. 268). Le nombre des hommes nécessaires



Fig. 268. — Fourche pour poteau métallique.

pour mettre en place un poteau de 600 kilos ne doit pas être inférieur à une quinzaine si l'on veut que l'opération se fasse sans danger.

Malgré la grande simplicité de cette méthode, elle est peu employée

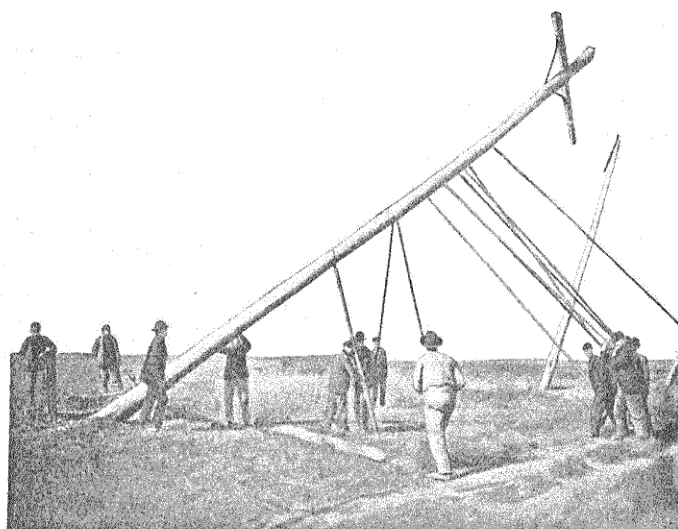


Fig. 269. — Mise en place d'un poteau à la main.

parce que le personnel qu'elle nécessite entraîne de trop grands frais.

Un procédé très simple consiste à faire usage d'une chèvre attachée à un boulin, de manière à constituer une sorte de trépied (fig. 270). On peut, de la sorte, réduire de moitié le personnel nécessaire à la mise en place des poteaux.

Par contre, ce procédé n'est pas très rapide, à cause du temps nécessaire pour le transport de la chèvre et pour sa mise en place au poteau suivant. Il est donc plus pratique d'avoir une installation roulante que

l'on puisse déplacer facilement sans qu'il soit nécessaire de faire aucun démontage.

Dans cet ordre d'idées, une des solutions les plus simples consiste



Fig. 270. — Mise en place d'un poteau avec une chèvre-trepiéd.

à monter une chèvre sur l'arrière d'un tombereau sur lequel on peut installer un treuil. Lorsqu'on veut faire usage de la chèvre, on place sous la partie postérieure du tombereau deux tréteaux résistants sur lesquels s'exercera l'effort nécessaire pour soulever le poteau.

On peut varier à l'infini les dispositions à employer pour exécuter cette mise en place des poteaux et la plupart du temps chaque entrepreneur organise un dispositif de levage à sa façon.

Une bonne solution paraît être l'emploi d'une voiture de montage suffisamment résistante et pourvue d'une grue. Mais alors, dans ce cas, cette voiture devient bien lourde et encombrante lorsqu'il s'agit de l'employer pour sa véritable destination, qui est le montage de la ligne aérienne proprement dite. Aussi préfère-t-on la plupart du temps avoir recours à des engins séparés pour les deux genres d'opérations.

Lorsque le poteau est en place dans le trou, on comble tout le vide qui existe avec du béton. Son emploi donne des résultats bien supérieurs à celui de la maçonnerie. Il est prudent de n'employer que le béton de ciment. Le béton à la chaux, quand il est très bien fait, peut donner de bons résultats. Dans tous les cas, il faut laisser s'écouler un temps assez long avant de commencer le montage de la ligne, car le béton de chaux ne fait pas prise immédiatement. Le ciment de Vassy, qui est à prise très rapide, ne convient pas pour cette opération. On doit donner la préférence au ciment de laitier et surtout au ciment de Portland. En ce qui concerne le dosage, on peut employer les proportions suivantes :

Ciment.	250 à 300 kilogr.
Sable de rivière	0 ^m 3,800
Cailloux	0 ^m 3,400

ce qui représente à peu près un mètre cube de béton.

Il faut bien se garder d'employer un procédé auquel ont recours certains entrepreneurs et qui consiste à creuser un trou de grandes dimensions dont on ne remplit qu'une partie avec du béton. Au moyen d'un panneau de bois on partage la fouille en deux compartiments. Celui dans lequel se trouve le poteau est alors rempli de béton tandis que le second est tout simplement comblé avec de la terre.

Les poteaux établis d'après ce système n'ont aucune solidité et se couchent, ou tout au moins se descellent, dès qu'on exerce un effort horizontal en leur sommet.

Il arrive assez souvent que l'on ait à poser des poteaux sur des ponts métalliques. Il ne faut alors plus songer à sceller les poteaux puisque le tablier du pont n'a pour ainsi dire aucune épaisseur. La solution la plus simple consiste à placer les poteaux en dehors des poutres principales.

On interpose alors entre les poteaux et les deux membrures de la poutre des coussinets en bois répartissant les pressions et évitant la détérioration du pont.

On maintient le tout en place au moyen de deux solides étriers s'accrochant après les semelles des membrures.

Dans le cas où l'on a affaire à un pont en pierre, la même disposition peut être adoptée. Les étriers sont alors remplacés par de solides ferures scellées dans la maçonnerie.

CHAPITRE IV

FILS DE TRAVAIL

Le fil de trolley proprement dit est en cuivre ou en bronze phosphoreux. Ce dernier métal a l'avantage de posséder une résistance à la traction presque double de celle du cuivre, tout en n'offrant pas au courant une résistance ohmique sensiblement plus grande, mais son prix de revient est plus élevé. Il en résulte que l'emploi du cuivre est beaucoup plus répandu.

Les diamètres des fils ronds les plus usités sont : 8 mm. 5 et 9 millimètres. Ce dernier diamètre doit être employé de préférence lorsque les feeders sont assez éloignés et lorsqu'il y a intérêt à diminuer la densité de courant dans le fil. C'est en général le cas de toutes les lignes de banlieue.

Ce fil de cuivre se livre par bobines ayant la plupart du temps de 6 à 700 mètres de longueur. Il y a intérêt à ce que ces bobines comprennent une longueur de fil aussi grande que possible afin de diminuer le nombre des raccords de fil.

Depuis quelques années on a employé en Amérique sur une assez



Fig. 271. — Différentes sections de fils en 8.

grande échelle le fil dit en 8 (fig. 271). La section de ce fil rappelle, en effet, la forme du chiffre 8. La boucle inférieure qui est la plus développée joue le même rôle que le fil rond. C'est sur cette partie que circulent les roulettes du trolley. La boucle supérieure au contraire n'est utilisée que pour la suspension du fil. Il en résulte que cette suspension est beaucoup plus facile à réaliser qu'avec le fil rond. Les pièces de support peuvent avoir une plus grande épaisseur et la sou-

dure ne devient plus indispensable comme cela a lieu avec les pièces de support de fil rond.

Un autre avantage de ce fil en 8 réside dans sa grande section. On peut avec ce fil prévoir des feeders beaucoup plus espacés qu'avec le fil rond. Sa résistance mécanique est aussi beaucoup plus grande.

Par contre son installation est beaucoup plus onéreuse et il a l'inconvénient d'être plus disgracieux par suite de sa plus grande visibilité. Pour ces différentes raisons son emploi s'est assez peu répandu en Europe.

On a fait usage également en Amérique d'un fil de travail ayant une



Fig. 272. — Section du fil en trèfle.

section à trois boucles (fig. 272). La roulette du trolley avait une forme correspondante ce qui avait pour résultat de donner une grande surface de contact. En pratique cette surface de contact est suffisante avec le fil rond. Les avantages de ce profil compliqué paraissent assez faibles en comparaison de son prix

élevé, de sa difficulté de montage et de son aspect disgracieux. Ce profil, est pour ainsi dire, abandonné.

Nous devons mentionner également une disposition qui avait été proposée par M. Ferranti et qui consistait à remplacer le fil de trolley par un ensemble de fils très fins formant une résille. Le trolley devait alors avoir la forme d'une sorte de rouleau. On pensait qu'en employant des fils d'une grande ténuité on rendrait la ligne aérienne à peu près invisible. Aucune application n'a été faite de ce système; il était, d'ailleurs, bien évident à première vue qu'il n'avait aucun caractère pratique.

Les seuls fils de trolley qui aient reçu la sanction de la pratique sont donc, en résumé, le fil rond et le fil en 8. Dans la suite nous ne nous occuperons donc que du montage de ces deux genres de fils.

Dispositifs de suspension des fils de trolley. — Le fil de travail est suspendu aux consoles ou aux fils transversaux au moyen d'isolateurs spéciaux auxquels sont vissées des pièces en bronze que l'on appelle *oreilles de suspension* ou quelquefois *pincés*. Ces oreilles sont munies d'une gorge épousant la forme du fil. En rabattant au moyen d'un marteau les bords de l'oreille sur le fil on obtient un serrage qui suffit, à la rigueur, pour maintenir le fil dans les alignements droits. Dans toutes les installations qui n'ont pas un caractère provisoire et toutes les fois que l'on se trouve en courbe, il convient de souder les oreilles.

Les oreilles se vissent sur le boulon isolant de la suspension. Le métal avec lequel elles sont fabriquées est le bronze rouge qui est très malléable de telle sorte que l'oreille peut se tordre dans les courbes sans se briser. La gouttière des oreilles est étamée afin de rendre la soudure du fil plus facile.

CHAPITRE V

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE SUSPENSION DU FIL DE TROLLEY

Il y a trois principaux systèmes de suspension pour le fil de travail.

1^o La suspension sur consoles au moyen d'isolateurs spéciaux appelés *clochettes* ;

2^o La suspension *élastique* sur consoles ;

3^o La suspension par *fils transversaux* ;

Nous allons décrire avec quelques détails ces trois principaux systèmes en réservant pour un paragraphe suivant tout ce qui concerne les oreilles. Les différents types d'oreilles s'emploient, en effet, quel que soit le système de suspension adopté.

§ 1. — SUSPENSION PAR CLOCHETTES

Le système de suspension par clochettes (fig. 273) est le plus simple et le plus économique. Il permet, de plus, de monter les lignes avec la plus grande rapidité. On lui reproche, par contre, d'offrir aux trolleys un roulement moins doux que la suspension dite élastique que nous examinerons plus loin. Ce reproche ne paraît pas bien sérieux. Dans tous les cas, la suspension par clochettes a été adoptée pour la presque totalité des tramways de pénétration de Paris où elle se comporte d'une manière satisfaisante.

La suspension isolante dite *clochette* se compose d'un isolateur portant à sa partie supérieure deux oreilles dans lesquelles s'engage un axe qui traverse également deux

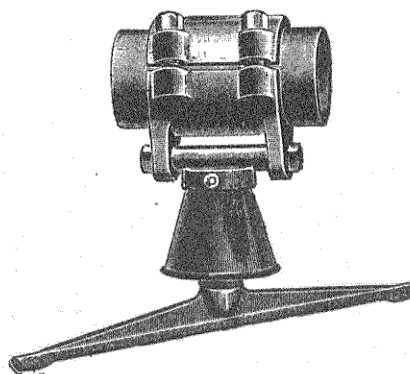


Fig. 273. — Ensemble de la suspension par clochette.

autres oreilles faisant partie d'un collier de serrage que l'on enfle sur le tube-console (fig. 274).

Ce collier, en fonte malléable, est en deux parties qui s'assemblent, d'un côté, au moyen de doigts qui constituent une sorte de charnière, et de l'autre au moyen d'un boulon de serrage.

Dans le cas où les consoles sont montées sur poteaux en bois, le serrage du collier s'opère directement sur le tube console, car la nature

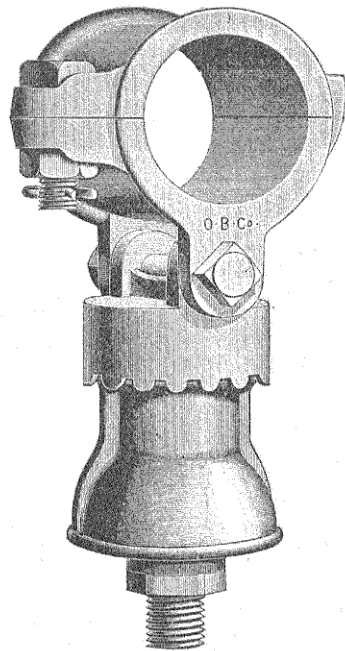


Fig. 274. — Clochette à simple isolation.

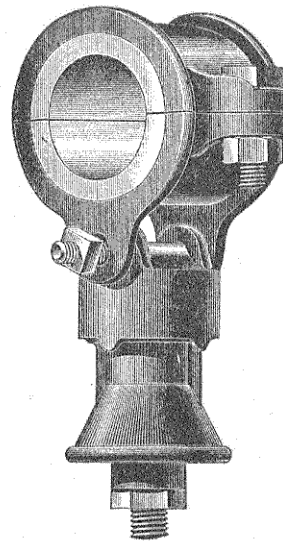


Fig. 275. — Clochette à double isolation.

du poteau constitue un isolement suffisant pour qu'on réalise le double isolement qui est de règle dans toutes les lignes aériennes sérieusement établies.

Dans le cas où l'on emploie des poteaux métalliques, on réalise le double isolement en employant des colliers d'un diamètre supérieur à celui du tube console et en interposant entre les deux pièces une sorte de coussinet en bois créosoté (fig. 275). Ce coussinet est, naturellement, en deux pièces afin de rendre le montage plus facile.

L'isolateur proprement dit a, effectivement, la forme d'une clochette. La partie essentielle de tous les isolateurs de ligne aérienne, quelle que soit leur forme, est constituée par un boulon isolant (fig. 276).

Ce boulon se compose d'un noyau en acier recouvert d'une matière

isolante. La tête du boulon est cylindrique et son extrémité qui émerge de la matière isolante, est filetée (fig. 277). Un écrou métallique se trouve placé immédiatement à la suite de ce pas de vis et fait corps avec le boulon. Il a pour but de permettre d'empêcher la rotation du

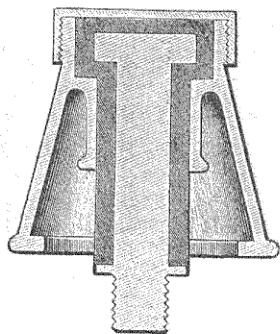


Fig. 276. — Coupe d'une clochette.

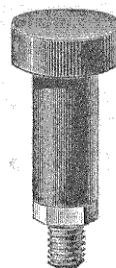


Fig. 277. — Boulon isolant.

boulon, dont la tête est cylindrique, pendant que l'on visse l'oreille sur la partie filetée.

Le boulon isolant se place à l'intérieur de la clochette proprement dite qui présente un logement pour le recevoir. Les bords inférieurs de la clochette vont en s'écartant du boulon et le préservent de la pluie.

Le boulon isolant et la clochette sont maintenus en place au moyen d'un chapeau métallique qui se visse sur la partie supérieure de cette dernière. Une feuille de carton isolant est interposée entre le chapeau et le sommet du boulon isolant.

Les matières isolantes dont on fait usage pour garnir les boulons isolants doivent présenter une grande ténacité car elles sont souvent soumises à des efforts très violents. Elles doivent être inaltérables à l'air et incombustibles tout en présentant une grande résistance électrique.

La plupart de ces matières isolantes constituent des secrets de fabrication. Nous citerons parmi ces dernières l'*ambroïne*, l'isolant « Dirigo » que préconise en France M. Cadiot, les isolants « Aetna » et « Hecla » de la maison R. Blackwell, l'*ébonite* dont fait usage la société Siemens et Halske, le *moulded mica* de la John'S. m. f. g. Cy, etc.

Toutes ces matières isolantes se composent d'ingrédients qui, encore à l'état plastique, forment une masse homogène. En soumettant cette pâte à une très forte pression, on lui fait prendre la forme du moule que l'on a choisi.

La maison Bisson-Bergès construit également un autre type de clochette qui diffère du précédent par ce fait que la clochette et le

chapeau ne sont pas filetés, mais simplement emboîtés l'un sur l'autre. La clochette porte, en outre, une doublure en plomb durci dans laquelle l'empreinte du boulon isolant se trouve moulée (fig. 278 et 279).

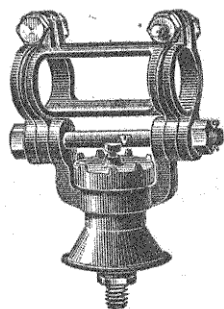


Fig. 278. — Clochette Bisson-Bergès.

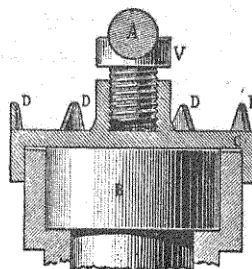


Fig. 279. — Coupe de l'isolateur Bisson-Bergès.

La vis en fer V porte une gorge qui épouse la forme de l'axe horizontal A, ou la branche supérieure d'un étrier dans le cas où l'on a affaire à un isolateur pour fils transversaux. Cet axe ou cet étrier immobilisent la vis V. Dès lors, si l'on tourne à droite ou à gauche le chapeau C, la vis V restant fixe, il en résulte que le chapeau devra monter ou descendre.

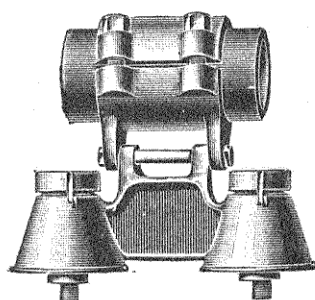


Fig. 280. — Suspension double pour ligne à deux fils.

Lorsqu'on a obtenu le serrage voulu sur la tête du boulon isolant B on peut replier légèrement en arrière une des dents D de façon à en faire un ergot venant buter contre les branches de la clochette ou contre celles de l'étrier. Le chapeau ne peut alors plus se desserrer.

D'après les constructeurs cette disposition procure les avantages suivants :

- 1° Suspension de la clochette par deux fortes branches et non par un filetage en paroi mince.
- 2° Serrage du boulon isolant par une pression centrale et normale appliquée sur toute la surface de cette tête, ce qui n'a pas toujours lieu avec un chapeau fileté.
- 3° Démontage facile des couvercles qui sont toujours interchangeables.

Cette disposition est un peu plus économique que la précédente par suite de la suppression du filetage de la clochette et du chapeau.

En définitive les suspensions construites d'après les deux systèmes sont bonnes quand elles sont fabriquées avec soin.

Dans le cas où la ligne aérienne dessert une voie unique il est de règle, aujourd'hui, d'installer deux fils de trolley affectés chacun à un sens différent de la circulation des voitures. Il en résulte que chaque tube console doit être muni de deux clochettes.

Dans le but de réaliser une installation plus simple et plus économique, certains constructeurs ont combiné une suspension comportant deux clochettes (fig. 280).

L'inconvénient de cette disposition, c'est que l'articulation de la suspension supporte un effort double. En alignement droit le mal n'est pas bien grand, mais en courbe les efforts horizontaux deviennent considérables. Dans ce dernier cas les suspensions à deux isolateurs doivent être rigoureusement proscrites.

§ 2. — SUSPENSION ÉLASTIQUE SUR CONSOLES

Le mode de suspension souple sur console a été employé en Europe, sur une grande échelle, par la Compagnie Thomson-Houston. Ce système donne, assurément, une plus grande douceur de roulement au galet du trolley. Cette douceur de roulement était appréciable avec le trolley ordinaire dans lequel le galet conservait une orientation constante par rapport à la perche. Il en est tout autrement avec le trolley Dickinson dans lequel la roulette est immobile autour d'un axe vertical. La souplesse de la suspension est alors peu avantageuse car elle peut favoriser l'échappement du trolley.

On réalise la suspension souple en fixant sur le tube-console deux supports à collier entre lesquels se trouve tendu un fil de fer galvanisé (fig. 281). Sur ce fil de fer on intercale les isolateurs dont la forme diffère un peu des clochettes.

Ces isolateurs dits à *double branche* ne sont pas suspendus par le chapeau mais par deux branches venues de fonte avec la cloche (fig. 283). La partie isolante de ces suspensions est identique à celle des clochettes.

La figure 284 représente une suspension isolante dans laquelle le chapeau n'est pas fileté. La vis de pression qui le maintient en place vient buter contre un étrier qui surmonte l'isolateur.

Les supports à collier qui sont fixés sur le tube-console sont en général en fonte malléable. Un seul boulon suffit à maintenir la contre-bride retenue en haut par la feuilure de la tête du collier (fig. 282).

En bas, le support se termine par une chape dans laquelle est logée une poulie en matière isolante sur laquelle on viendra fixer l'extrémité

du fil de fer. On réalise, de la sorte, le double isolement qui est une règle générale.

Il existe d'autres supports à collier qui ne comportent pas ces pou-

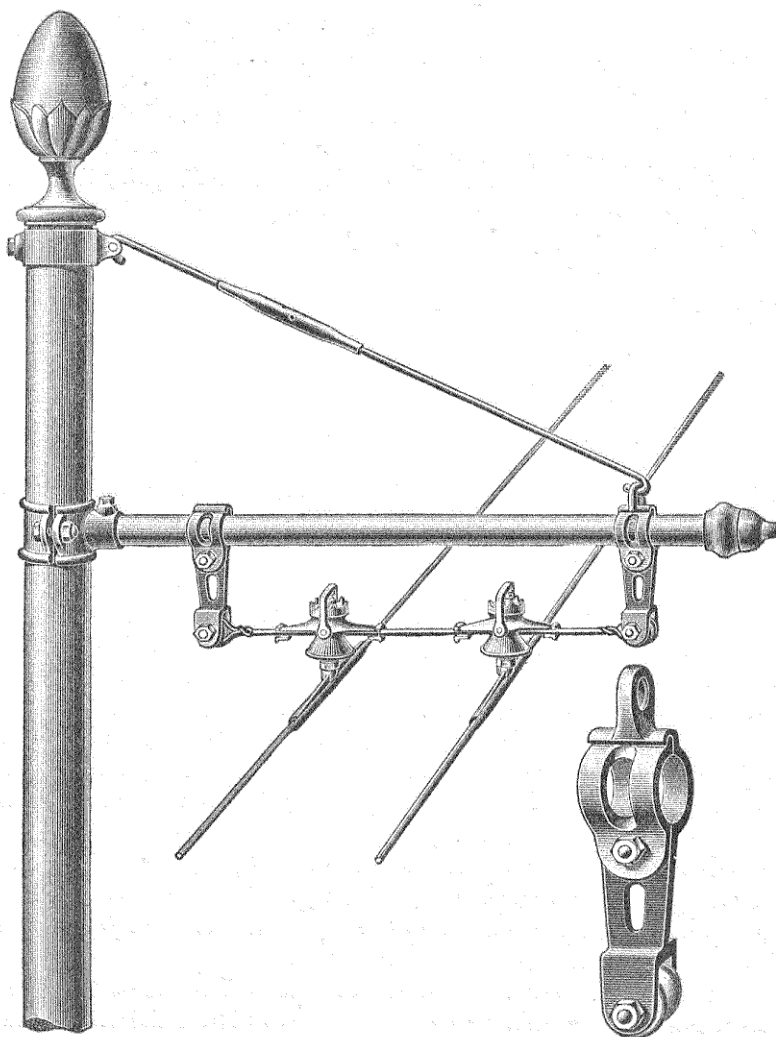


Fig. 281. — Suspension élastique sur console.

Fig. 282. — Support à collier pour suspension élastique.

lies isolantes. On se trouve alors dans l'obligation d'intercaler une boule isolante à chaque extrémité du fil de fer.

En employant le type d'isolateur que nous venons de décrire, on se

trouve forcé de sectionner le fil galvanisé et de le replier plusieurs fois en torsade dans les trous des branches.

Il existe un autre système d'isolateurs qui permet d'éviter le section-

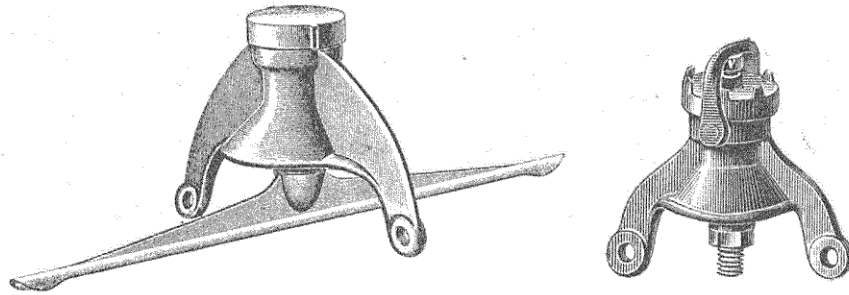


Fig. 283 et 284. — Isolateur à deux branches.

nement du fil. La cloche porte deux branches horizontales repliées en forme de crochet à leur extrémité. Ces deux crochets maintiennent le fil de fer appliqué contre la gorge de la cloche (fig. 285 et 286).

La figure 281 représente l'ensemble d'une suspension élastique pour-

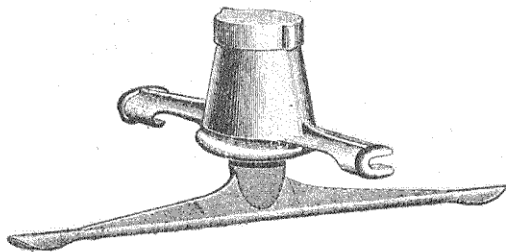


Fig. 285. — Isolateur à crochets.

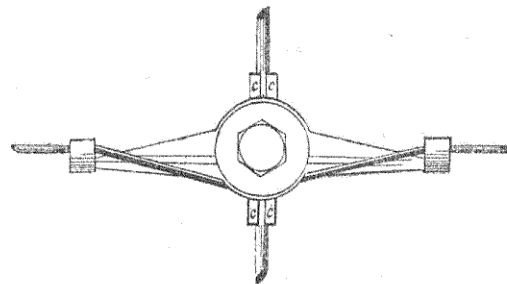


Fig. 286. — Vue en plan d'un isolateur à crochets monté sur un fil transversal.

vue d'isolateurs de ce dernier type. L'ensemble du montage de la suspension élastique se voit clairement sur la figure. Dans ce dernier exemple on a utilisé l'un des supports à collier pour l'amarrage du tirant-tendeur du tube-console.

Les isolateurs à crochets permettent d'obtenir un montage plus rapide et moins coûteux, mais ils ont, par contre, l'inconvénient de se déplacer parfois le long du fil galvanisé qui les supporte. Dans les courbes, en particulier, leur emploi devient impossible.

§ 3. — SUSPENSION PAR FILS TRANSVERSAUX

On emploie la suspension par fils transversaux toutes les fois que la situation des voies par rapport aux poteaux rend l'usage des consoles impossible.

En pratique il ne faut pas faire usage de consoles dont la longueur excède 5 mètres. On n'obtiendrait aucune rigidité et l'aspect décoratif serait désastreux.

D'autre part, si l'on fait usage du trolley Dickinson, on peut réaliser un désaxement de 3 mètres à 3^m,60, sans qu'il en résulte d'inconvénients pour l'exploitation.

La distance maxima de l'axe de la voie à la ligne des poteaux est donc, dans le dernier cas, de 8^m,50.

Dès que la distance devient supérieure à 8^m,50, il ne faut pas hésiter à avoir recours aux fils transversaux. Les municipalités et le service du Contrôle se montrent assez hostiles à l'emploi des fils transversaux dans la banlieue de Paris. Ces fils ne sont tolérés, dans ce cas particulier, que lorsqu'il est impossible d'adopter une autre solution.

L'usage du trolley ordinaire et du fil axial rendent nécessaire l'emploi des fils transversaux toutes les fois que la voie se trouve dans l'axe d'une chaussée. Les tramways, que la compagnie Thomson-Houston a construits à Versailles, peuvent être cités comme un exemple de cette dernière solution.

Les fils transversaux ne comportent pas nécessairement l'emploi des poteaux. On peut parfaitement les fixer à des rosaces scellées dans les murs de façade des maisons. Cette disposition a été employée à Bâle, Munich, Nuremberg, Milan, etc., sans qu'il en soit résulté un bien grand inconvénient pour le côté pittoresque de ces villes.

Dans les cas où l'on fait usage des rosaces de scellement, il y a toujours lieu de se préoccuper de l'état dans lequel se trouvent les immeubles sur lesquels on les applique. Si les murs sont faibles et en mauvais état, on peut redouter que la tension relativement grande qu'exercera le fil transversal ne produise des fissures. Dans tous les cas, s'il se produit, pour une cause quelconque, la moindre lézarde dans le mur, le propriétaire sera toujours tenté d'en attribuer la cause au fil transversal fixé à sa maison ; il pourra alors en résulter des demandes d'indemnités infiniment supérieures au prix d'installation d'un poteau.

Isolateurs. — Les isolateurs que l'on monte sur les fils transversaux sont à deux branches ou à deux crochets (fig. 287). Ce sont les mêmes,

d'ailleurs, que ceux que nous avons décrits à propos des suspensions souples sur consoles.

Dans les courbes il est souvent inutile de mettre des fils transver-

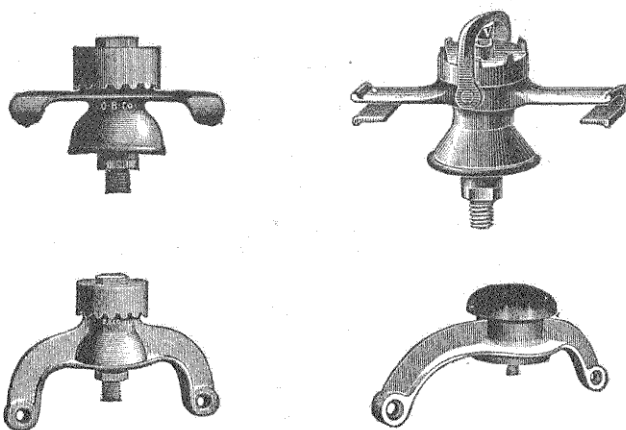


Fig. 287. — Isolateurs à crochets et à double branche pour fils transversaux.

saux complets. On se contente souvent de conserver la partie extérieure à la courbe. La partie intérieure ne joue aucun rôle ; elle est, la plupart du temps, détendue et donne à la ligne aérienne un aspect négligé. Dans le cas où l'on fait usage de ces demi-fils transversaux,

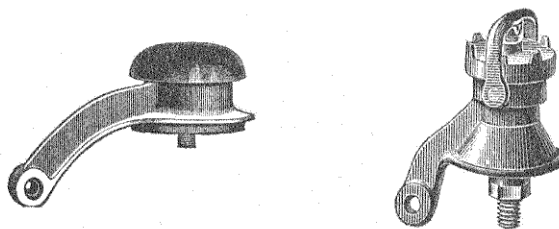


Fig. 288. — Isolateurs à simple branche.

qui constituent alors de véritables fils tendeurs, on est amené à faire usage d'isolateurs à simple branche (fig. 288).

Les isolateurs à crochets (fig. 289) qui ne nécessitent pas le sectionnement du fil transversal sont d'un emploi très avantageux dans les alignements droits, dans les installations provisoires, et, d'une manière générale, toutes les fois qu'on ne dispose que d'un court délai pour terminer le montage.

Comme nous l'avons déjà dit, leur inconvénient réside dans leur

manque de fixité le long du fil transversal ; ce défaut les fait rejeter dans les courbes d'une manière à peu près absolue.

Leur emploi peut cependant être toléré dans les cours des dépôts où

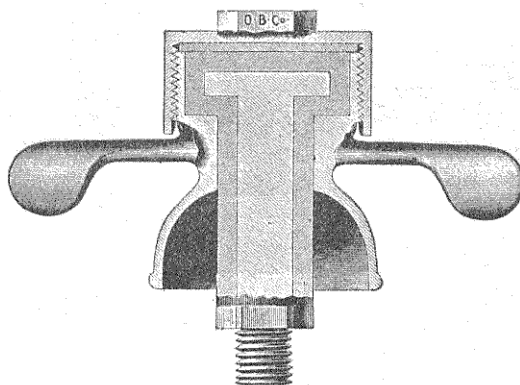


Fig. 289. — Coupe d'un isolateur.

les manœuvres se font sans vitesse et où l'on est parfois conduit à livrer

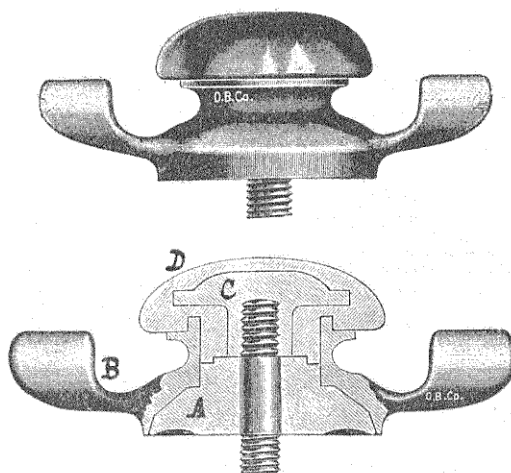


Fig. 290. — Isolateur à champignon et à crochets.

une partie des voies à l'exploitation avant que toute l'installation soit terminée.

On peut alors ajouter de nouveaux isolateurs sans jeter la perturbation dans les parties du dépôt, qui sont livrées à l'exploitation. Il suffit pour cela de détendre un peu les fils transversaux.

La figure 290 représente un autre type d'isolateur à deux crochets construit par l'Ohio Brass Company. Le dispositif diffère des précédents en ce qui concerne le mode d'isolement et le montage des différentes pièces constituant l'isolateur. Le boulon isolant est supprimé. Il est remplacé par une tige d'acier filetée à ses deux extrémités. Sur la partie médiane non filétée se trouve calée une pièce conique A en

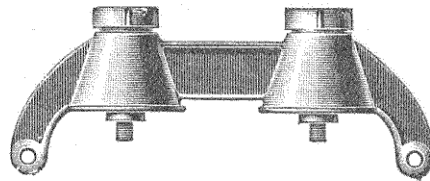


Fig. 291. — Isolateur double.

matière isolante servant à maintenir la pièce portant les crochets en contact avec une sorte de champignon isolant D. Ce champignon en matière isolante emprisonne une pièce métallique C dans laquelle on visse la tige filetée.

Comme on peut le voir, la cloche proprement dite est supprimée car elle n'a plus de boulon isolant à protéger contre la pluie. Une rainure circulaire formant larmier est d'ailleurs pratiquée dans la pièce A.

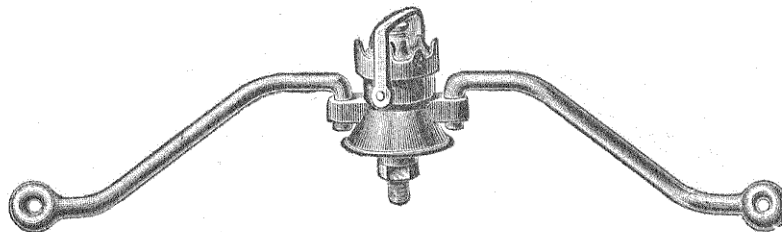


Fig. 292. — Isolateur pour fil transversal très oblique.

L'assemblage de ces différentes pièces est consolidé par l'oreille de suspension du fil que l'on vient visser sur le filetage inférieur.

Dans le cas où la ligne aérienne comporte deux fils parallèles et lorsque la voie du tramway est unique, il y a intérêt à rapprocher les fils de trolley à 30 ou 40 centimètres de distance. On peut alors faire usage de suspensions comprenant deux isolateurs (fig. 291). On simplifie de la sorte le montage des fils transversaux.

Lorsque les courbes nécessitent l'emploi de fils transversaux faisant un angle très aigu avec le fil de trolley, il peut arriver que l'oreille de suspension du fil vienne buter contre les branches d'attache des iso-

lateurs ou tout au moins que la roulette du trolley ne trouve plus un passage suffisant pour passer.

Dans ce dernier cas on peut employer avec avantage des suspensions spéciales qui dégagent complètement l'emplacement de l'oreille. La figure 292 représente un isolateur pourvu de deux tirants articulés qui dégagent complètement le passage de la roulette du trolley.

Il existe une autre disposition qui remplit le même but mais dans

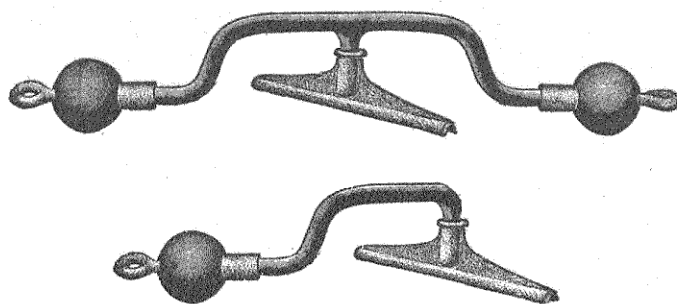


Fig. 293. — Isolateurs à boucles pour fils transversaux obliques.

laquelle l'isolateur ordinaire est supprimé et remplacé par deux boules isolantes placées aux deux extrémités (fig. 293). Dans le cas où il n'y

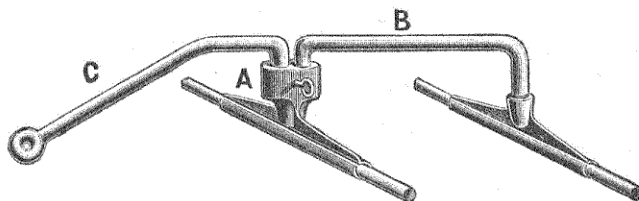


Fig. 294. — Dispositif de suspension pour fil transversal très oblique.

a qu'un fil ou bien quand il s'agit du fil intérieur à la courbe, on peut faire usage de la suspension à une seule boule.

La figure 294 représente une suspension pour deux fils qui ne comporte pas d'isolateurs. L'isolement est alors obtenu au moyen de boules isolantes intercalées sur le fil transversal.

Fil transversal proprement dit. — On emploie généralement comme fil transversal du câble d'acier galvanisé formé de sept fils (fig. 295). Les diamètres des câbles d'acier les plus employés pour ce genre de travail varient de 6 à 12 millimètres. Ces câbles se rompent sous une tension variant de 800 à 4 000 kilog.

Il ne faut pas craindre d'employer, en courbe, les plus forts diamètres. Il arrive souvent, en effet, que par suite de la faiblesse du câble on se trouve dans l'obligation de le doubler d'un second câble identique.



Fig. 295. — Câble d'acier pour fil transversal.

Cette disposition est toujours d'un aspect désagréable à l'œil. Dans les alignements droits, on peut se contenter des plus faibles diamètres si la portée n'est pas trop grande et si les poteaux ne sont pas trop éloignés.

Colliers. — Le câble d'acier du fil transversal est fixé sur des colliers placés à la partie supérieure des poteaux. Ces colliers se composent d'un fer plat (fig. 296). Le serrage est obtenu au moyen de deux bou-

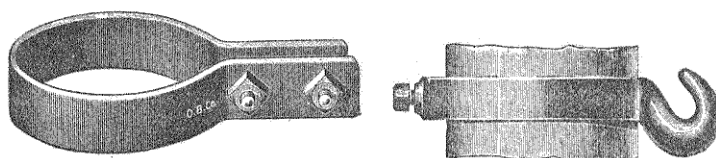


Fig. 296. — Colliers pour fils transversaux.

lons. Le boulon le plus éloigné du poteau sert, en outre, à l'amarrage du fil transversal.

Boules isolantes. — Dans le but de réaliser le double isolement, on intercale à chaque extrémité du fil transversal, d'un côté, une boule

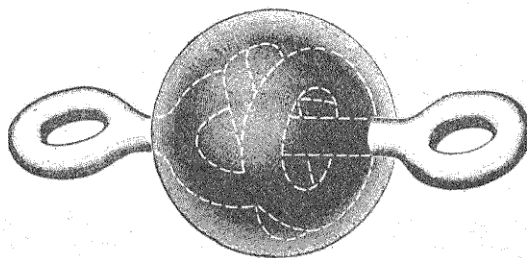


Fig. 297. — Boule isolante.

isolante, de l'autre, un tendeur isolant appelé brooklyn. La boule isolante (fig. 297, 298 et 299) englobe deux pièces en fonte malléable

ou en bronze qui sont emboîtées l'une dans l'autre sans se toucher. Ces pièces se terminent chacune par un œillet. Il résulte de cette disposition que l'un des œillets est isolé par rapport à l'autre. La forme des

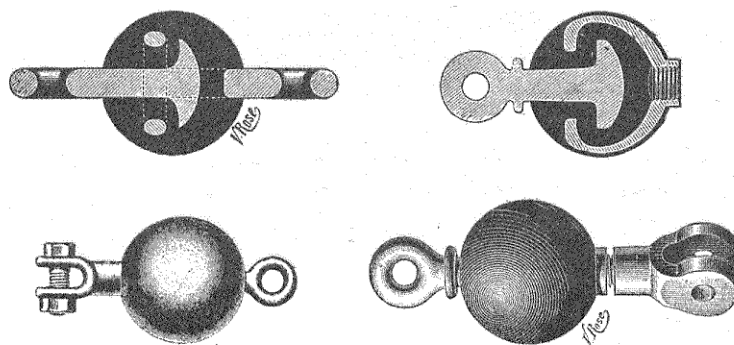


Fig. 298 — Boules isolantes.

pièces renfermées dans la boule peut varier, mais le principe est toujours le même.

Quelquefois l'une des armatures intérieures est munie d'un trou taraudé dans lequel on peut visser une petite fourche dont l'assemblage est ainsi plus facile avec les colliers (fig. 298-droite). La même disposition se fait d'ailleurs avec fourche fixe.

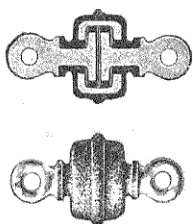


Fig. 299. — Variété de boule isolante.

Il y a des cas où l'on est amené à renoncer à l'emploi des boules en matière isolante pour donner la préférence aux pièces isolantes en porcelaine. En particulier, dans les cas où les voies sont desservies simultanément par des locomotives électriques et à vapeur, la matière isolante des boules ne se conserve pas longtemps sous l'influence de la vapeur et de la fumée. L'emploi des poulies en porcelaine devient alors tout indiqué.

Ces poulies comportent deux gorges dont les plans sont perpendi-

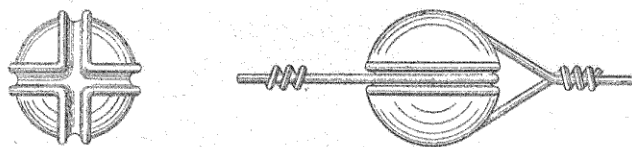


Fig. 299 bis. — Poulie en porcelaine.

culaires l'un par rapport à l'autre. Ces gorges sont disposées de telle

sorte que les boucles formées par les deux fils n'aient aucun point de contact (fig. 299 *bis*).

Brooklyns. — Le tendeur Brooklyn que l'on a coutume d'appeler le *brooklyn* rend les mêmes services qu'une boule isolante tout en permettant d'obtenir une certaine tension du fil transversal. La vis du tendeur peut être rentrée de 7 à 8 centimètres (fig. 300). Dans les

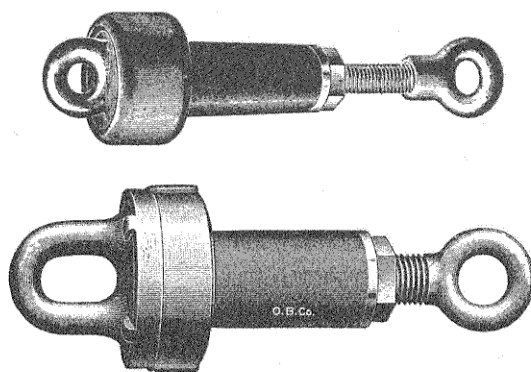


Fig. 300. — Tendeurs Brooklyn.

cas où le fil transversal a une longueur assez considérable, on peut remplacer les boules isolantes par un second brooklyn, ce qui permet de retendre le fil de 15 centimètres.

L'avantage du Brooklyn est de permettre à l'ouvrier, étant à terre, d'attacher le câble d'acier aux isolateurs, à la boule et à l'œillet du

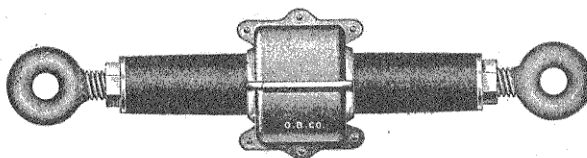


Fig. 301. — Brooklyn double.

brooklyn lui-même. L'accrochage du fil transversal se fait alors facilement et il ne reste plus à l'ouvrier qu'à visser le tendeur, ce qui se fait très aisément en se servant d'une simple échelle.

La tension s'exerce en agissant sur l'écrou qui fait tourner le boulon isolant et sa monture, laquelle peut tourner à frottement doux dans le support d'œillet opposé à la vis. De la sorte, la tension s'opère sans qu'aucun des deux œillets ne soit animé d'un mouvement de rotation.

On construit également des *brooklyns* doubles qui sont toutefois d'un emploi beaucoup moins fréquent (fig. 301). Ils sont constitués par deux *brooklyns* dont la tête est commune. En agissant ainsi sur les deux écrous on obtient une tension totale deux fois plus grande.

Rosaces. — On fait usage des rosaces de scellement toutes les fois que l'on veut accrocher les fils transversaux aux murs des maisons.

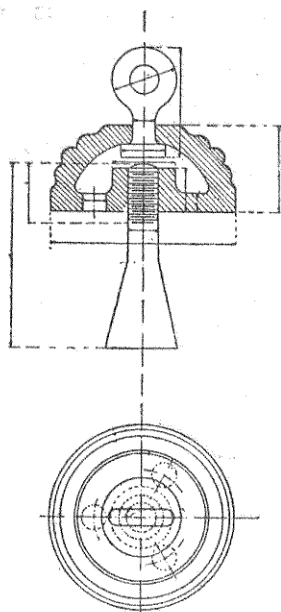


Fig. 302. — Rosace de scellement.

L'inconvénient le plus grave de cette disposition réside dans le bruit produit par les vibrations du fil transversal. Ce bruit se perçoit parfaitement à l'intérieur des maisons. On arrive à le diminuer considérablement sans toutefois le supprimer complètement, en interposant une rondelle de caoutchouc entre deux des pièces de la rosace.

Le type le plus simple (fig. 302 et 303) est constitué par un corps en fonte muni d'un piton d'attache et d'un boulon de scellement.

Un autre type plus perfectionné est représenté par la figure 304. Cette rosace est munie d'un piton d'attache mobile qui ne s'appuie sur elle que par l'intermédiaire d'une rondelle de caoutchouc.

Elle comporte, de plus, deux boulons de scellement.

Il peut arriver que le fil transversal fasse un angle assez aigu avec le mur sur lequel est scellée la rosace. Il convient alors, pour éviter la torsion du piton, de faire usage de rosaces spéciales.

La rosace représentée figure 305 peut se fixer sur les murs en long ou en large. Le boulon à œil, auquel se fixe le fil tendeur se loge indifféremment dans l'un des cinq trous de la rosace. Il peut donc se fixer dans cinq directions diverses dont l'une aura des chances d'être sensiblement la même que celle du fil tendeur.

Le serrage du boulon à œil se fait sur une rondelle de caoutchouc à l'intérieur de la rosace.

Les figures 306 et 307 représentent une rosace d'un modèle plus ornementé que les précédentes. Elle est munie de trois anneaux d'attache pour fils transversaux qui sont vissés dans une partie mobile autour d'un axe vertical. L'amortissement des vibrations est obtenu au

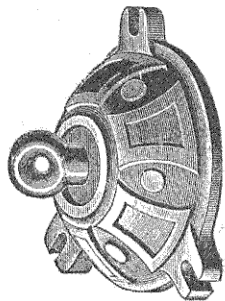


Fig. 303. — Rosace.

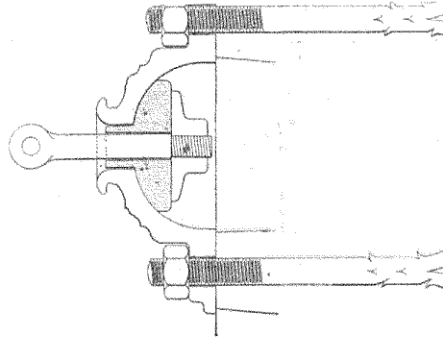


Fig. 304. — Coupe d'une rosace.

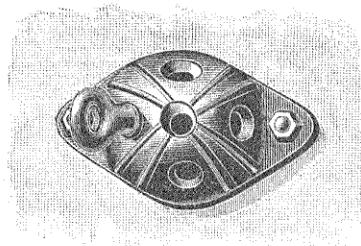
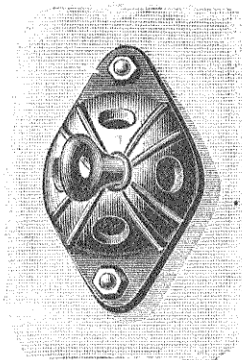


Fig. 305. — Rosace à trous multiples.

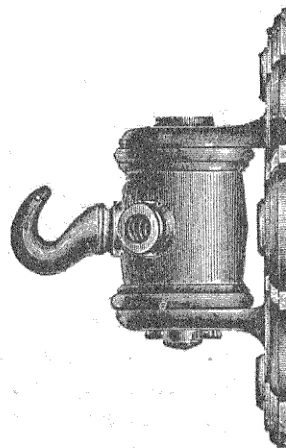
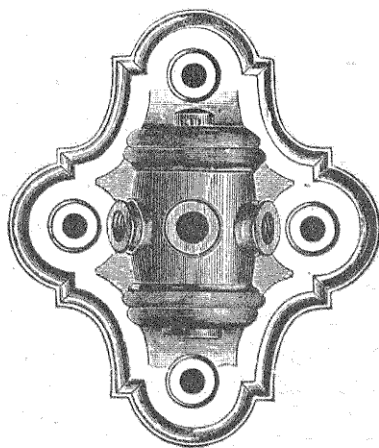


Fig. 306. — Rosace de la Compagnie Siemens.

moyen de deux rondelles de caoutchouc situées au-dessus et au-dessous de la pièce mobile et d'un cylindre de caoutchouc situé autour de

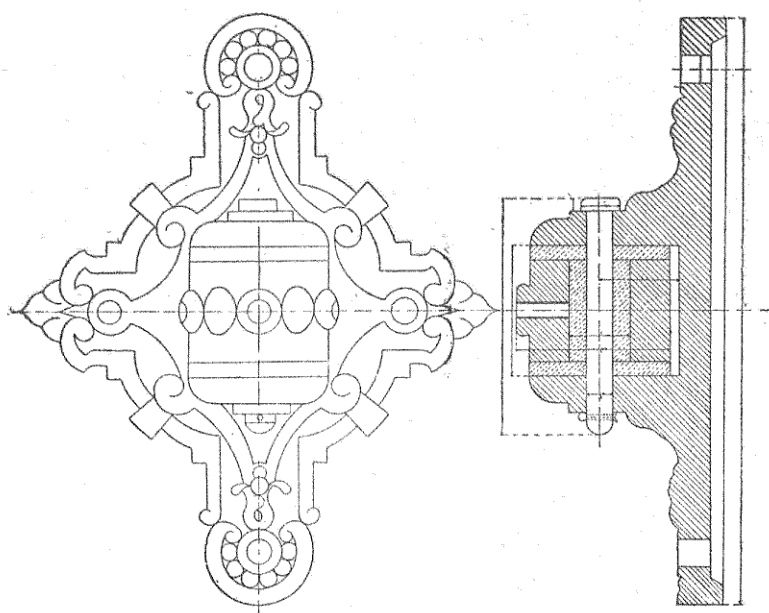


Fig. 307. — Rosace à pivot et à amortisseur.

l'axe. Le prix de revient de cette rosace est naturellement beaucoup plus élevé que celui des précédentes.

§ 4. — OREILLES DE SUSPENSION

Les oreilles de suspension sont des pièces en bronze malléable portant à leur partie inférieure une gorge, dans laquelle vient se loger le fil de trolley, et à leur partie supérieure un trou taraudé. Ce trou taraudé permet de visser l'oreille sur le boulon isolant que comporte tout isolateur.

La forme de la gorge n'est pas toujours la même. Lorsque l'oreille doit être soudée, on peut faire usage du type représenté sur la figure 308. Aux deux extrémités se trouvent deux petits épanouissements qui se rabattent au marteau sur le fil et le maintiennent en place pendant qu'on exécute la soudure.

Ce type, qui est le plus léger et qui gêne le moins la roulette du trolley, n'est cependant pas très recommandable parce qu'il est bon de

pouvoir différer le soudage des oreilles jusqu'au moment où la tension de la ligne est terminée. On peut, en effet, être amené à exécuter des transformations ou à modifier la tension du fil. Il peut arriver, également, qu'il se produise une rupture de console ou du fil lui-même ou bien que les poteaux d'amarrage de la ligne cèdent sous la tension.

Lorsque les oreilles sont soudées, il faut alors se livrer à un travail

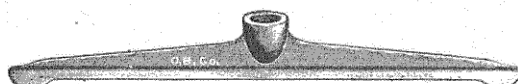


Fig. 308. — Oreille à soudure.

lent et pénible pour les dessouder. Il est mauvais d'exécuter cette opération avec une lampe à souder car on s'expose alors à modifier la structure du métal du fil ; on doit donc se contenter d'arracher l'oreille à froid par morceaux au moyen d'un ciseau.

Il y a beaucoup d'ingénieurs, particulièrement en Amérique, qui sont absolument partisans de la suppression de la soudure qui, disent-ils, est longue et coûteuse à exécuter et conduit à chauffer le fil, ce qui est toujours mauvais.

Dans les installations qui ne présentent pas un caractère purement temporaire, il vaut mieux souder le fil, surtout dans les courbes. Il semble donc préférable d'employer des oreilles dont la gorge, profonde et continue, puisse être refermée au marteau sur le fil. Il en résulte un serrage assez énergique qui permet d'attendre le temps né-



Fig. 309. — Oreille à soudure facultative.

cessaire pour que la soudure puisse se faire d'une manière définitive (fig. 309).

Dans le cas où les oreilles doivent être soudées il est indispensable que la gorge soit préalablement étamée.

Le rabattage des lèvres sur le fil s'exécute facilement au moyen de deux marteaux. Un ouvrier frappe avec l'un d'eux, tandis qu'un de ses aides se sert du second marteau comme d'une petite enclume.

Dans les courbes, les oreilles non soudées ont toujours une tendance à s'ouvrir et à laisser échapper le fil. Dans tous les cas l'introduction du fil dans la gorge inférieure n'est pas exempte de difficultés. Il devient alors avantageux d'employer des oreilles à gorge latérale qui

résistent beaucoup mieux à l'effort horizontal produit par le fil (fig. 310).

On fait quelquefois usage en Amérique d'oreilles dans lesquelles le

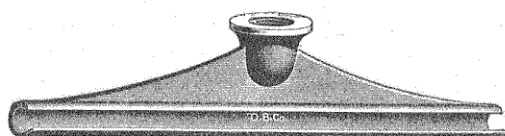


Fig. 310. — Oreille à gorge latérale pour courbe.

serrage du fil est obtenu par coincement entre trois gouttières disposées en sens inverse. La roulette du trolley roule alors sur la gouttière du milieu (fig. 311). Ce type d'oreilles ne s'est pas répandu en Europe.

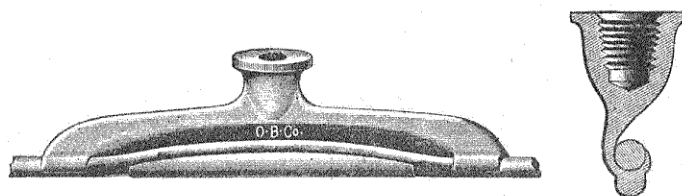


Fig. 311. — Oreille à 3 talons.

Les trois types d'oreilles à gouttière unique constituent, en somme, les modèles qui sont couramment employés dans la construction des lignes aériennes. Les oreilles se font de différentes longueurs. En alignement droit la longueur la plus employée est 180 millimètres. Dans les courbes on a intérêt à employer des oreilles de plus grande longueur. L'oreille se cintre alors suivant une courbe qui arrondit les angles formés par le fil de travail et diminue ainsi les chances d'échappement de la roulette du trolley. L'oreille prend naturellement sa courbure sous l'influence de la tension de la ligne.

Dans les courbes de grand rayon on peut faire usage d'oreilles de 230 millimètres.

Lorsque le rayon s'abaisse il est préférable d'employer des oreilles de 300 millimètres.

On a construit, également, des oreilles dont la longueur atteint 1 mètre. Ces oreilles adoucissent, évidemment, beaucoup les angles du fil mais elles sont très coûteuses. Leur principal inconvénient réside dans la grande épaisseur qu'on est obligé de leur donner pour que leur résistance soit suffisante. Il en résulte que cette surépaisseur constitue un obstacle sérieux au passage de la roulette du trolley.

Dans le cas où le fil présente un angle trop aigu il est préférable d'employer une suspension comprenant deux isolateurs au lieu d'un

seul (fig. 312). On visse sur chaque isolateur une oreille de 230 ou de 300 millimètres et l'on remplace ainsi l'angle dangereux par deux autres beaucoup moins aigus. Cette suspension se fixe sur le tube-

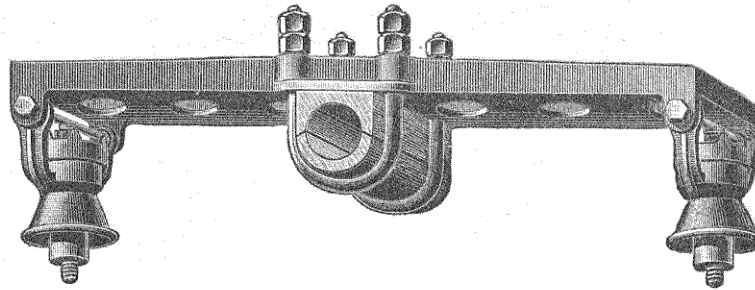


Fig. 312. — Suspension à 2 clochettes pour adoucir les angles.

console avec interposition d'un coussinet en bois assurant le double isolement.

L'aspect décoratif de cet appareil n'est peut-être par très satisfaisant mais, dans tous les cas, il donne de bons résultats à la condition, toutefois, d'être employé judicieusement, ce qui n'a pas toujours lieu. Il est indispensable, en effet, que le tube console soit dirigé suivant la bissectrice de l'angle primitif du fil à adoucir, sans quoi les résultats sont illusoires. Nous avons eu l'occasion de voir beaucoup de ces suspensions doubles qui étaient employées d'une manière inintelligente et qui n'apportaient aucune amélioration à la ligne aérienne.

Comme on a pu le voir, les suspensions doubles, de même que les très grandes oreilles, ne peuvent se monter que sur les tubes- consoles.

Les grandes oreilles, en particulier, se coucheraient infailliblement si on les montait sur d'autres isolateurs que ceux du type clochette.

On a employé également un autre artifice pour adoucir les angles formés par le fil de trolley. Cet artifice consiste à placer à l'intérieur du tube-console une sorte de rallonge terminée par un crochet. On fixe à ce crochet, qui est placé à l'extérieur de l'angle du fil, deux fils tendeurs qui viennent s'attacher à deux isolateurs à simple branche qui saisissent le fil de chaque côté de la suspension portée par le tube-console. On arrive ainsi à remplacer l'angle unique par trois angles beaucoup plus obtus. Cette disposition qui a été employée en grand dans le montage des lignes aériennes de la Compagnie de l'Est parisien est peut être encore plus défectueuse au point de vue esthétique. De plus les fils tendeurs finissent toujours par se détendre plus ou moins.

Dans le cas où l'on veut adoucir les angles du fil de trolley monté sur fils transversaux, on peut utiliser avec avantage des oreilles munies

d'œillets d'amarrage (fig. 313) qui permettent d'utiliser des fils tendeurs auxiliaires. Cette disposition, qui conduit aux toiles d'araignées que l'on a tant reprochées à la traction électrique, était surtout

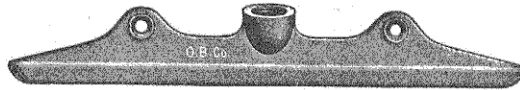


Fig. 313. — Oreille à haubans.

employée avec les lignes axiales devant suivre rigoureusement la voie dans les courbes. On supprime généralement ces fils auxiliaires dans les lignes désaxées qui se construisent aujourd'hui.

§ 5. — OREILLES SPÉCIALES

Il existe un certain nombre de types d'oreilles spéciales dont l'emploi est beaucoup plus restreint, mais qui peuvent rendre des services dans certains cas particuliers.

Il y a des circonstances où il peut être utile de serrer le fil avec une oreille, de le desserrer et de le resserrer sans avoir à exécuter une opération longue et difficile. A ce point de vue, l'oreille à charnière remplit parfaitement le but.

Elle se compose (fig. 314-316) de deux parties, mobiles autour d'une charnière parallèle au fil de trolley, qui constituent une sorte de pince saisissant le fil à la partie inférieure. L'une des mâchoires porte à sa partie supérieure une tige d'acier filetée.

Sur cette tige on enfle une pièce conique en fer qui tend à écarter les deux parties de l'oreille situées au-dessus de la charnière et par conséquent à rapprocher les deux mâchoires qui saisissent le fil de trolley.

Le serrage du cône se produit tout naturellement quand on visse l'ensemble sur un isolateur en forme de champignon.

Les figures 317-319 représentent une autre oreille composée de deux parties s'emboîtant l'une dans l'autre et portant chacune une moitié de tige filetée. Lorsque le fil est saisi entre les mâchoires, on visse l'oreille, ce qui a pour résultat de rapprocher les mâchoires.

On obtient un serrage analogue avec une autre oreille dans laquelle le rapprochement des deux mâchoires est obtenu au moyen de trois vis (fig. 320).

Un autre type, connu en Amérique sous le nom de *Brennan clamp* se compose d'une partie recourbée en U sur laquelle glisse la roulette du trolley. On place cette pièce en l'enfilant de bas en haut sur le fil de

trolley. On fait ensuite reposer de champ sur le fil une pièce métallique (fig. 321). La partie supérieure de l'U porte un trou taraudé ; comme ce trou fait partie des deux jambes de l'U, on les rend solidaires en entou-

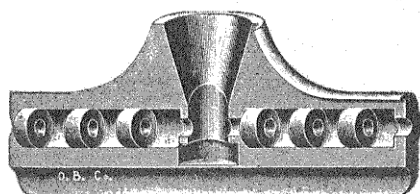
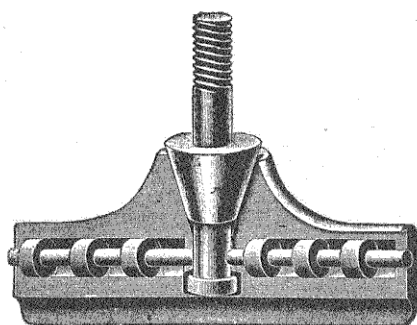
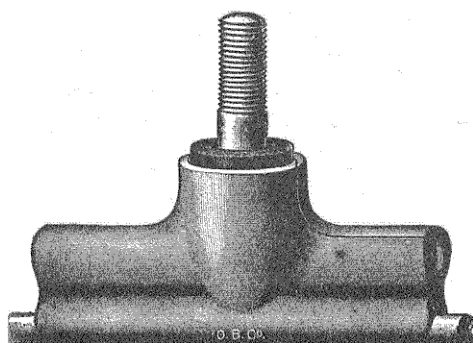


Fig. 314, 315 et 316. — Oreille à charnière.

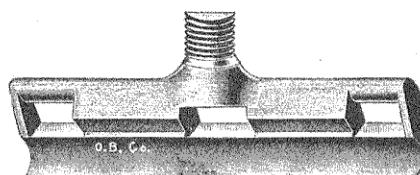
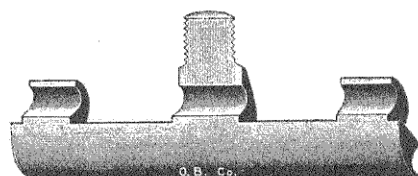
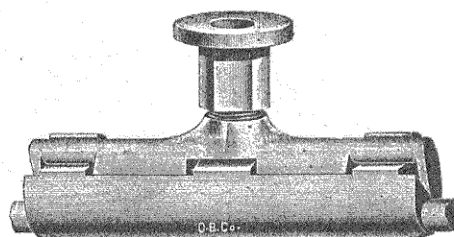


Fig. 317, 318 et 319. — Autre type d'oreille à charnière.

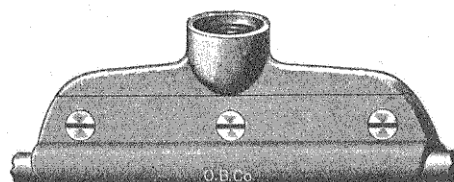


Fig. 320. — Oreille à vis.

rant le tout d'une rondelle. On peut alors visser l'appareil sur le boulon de l'isolateur sans crainte de voir les deux jambages de l'U s'écarter. Lorsque le boulon rencontre la pièce métallique verticale le serrage commence à s'effectuer. La partie inférieure de cette pièce verticale est incurvée de manière à rabattre légèrement le fil aux deux extrémités de manière à compenser le léger ressaut qu'offre à la roulette du trolley

la partie inférieure de l'U. Cette oreille est d'ailleurs assez peu employée.

La figure 322 représente une oreille analogue dans laquelle le serrage est obtenu au moyen d'un coin que l'on enfonce au-dessus du fil de trolley. Ce type est également peu employé.

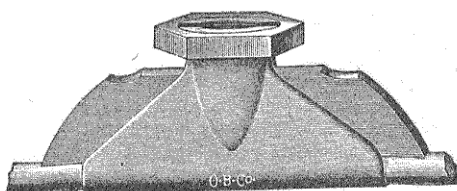


Fig. 321. — Oreille en U (Brennam clamp.)

Il peut arriver que par suite de la rigidité des isolateurs on soit amené à donner un peu d'élasticité aux oreilles. A cet égard l'oreille spéciale représentée figure 323 peut rendre des services.

Elle se compose d'une partie assez mince repliée en U sur laquelle

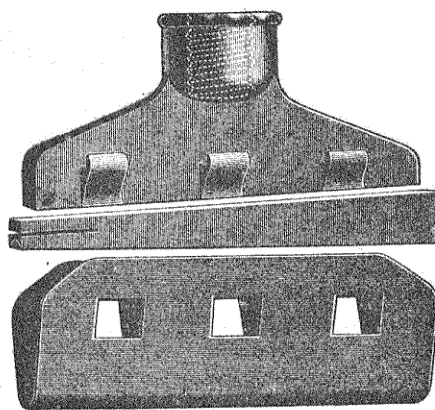


Fig. 322. — Oreille à coin.

on fait reposer le fil de trolley. Un axe horizontal permet l'assemblage avec la pièce qui se visse sur l'isolateur. La roulette du trolley passe sur cette oreille sans éprouver aucun choc.

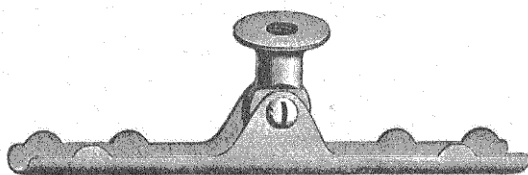


Fig. 323. — Oreille à gouttière.

Les lèvres de la pince sont rabattues au marteau et il est

inutile d'avoir recours à la soudure pour consolider l'assemblage.

§ 6. — SUSPENSION DU FIL DE TROLLEY DANS LE CAS
OU L'ON DISPOSE D'UN POINT D'APPUI NATUREL

Il y a certains cas où l'on peut trouver des points d'appui naturels pour fixer les isolateurs sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours aux consoles ou aux fils transversaux. Ainsi, il arrive fréquemment que l'on se trouve dans l'obligation de passer sous des ponts métalliques ou en maçonnerie dont le tablier, ou le sommet de l'intrados, se trouvent à une hauteur inférieure à celle de la ligne aérienne.

De même, dans les dépôts, il est tout naturel d'utiliser les points d'appui offerts par la charpente.

Dans les galeries de mines, muraillées ou non, il est également tout indiqué de sceller les isolateurs dans la paroi.

Passage sous les ponts. — Lorsqu'il s'agit de faire passer une ligne aérienne sous un pont métallique ou en maçonnerie, la première chose à faire consiste à poser une sorte de caniveau en bois renversé qui

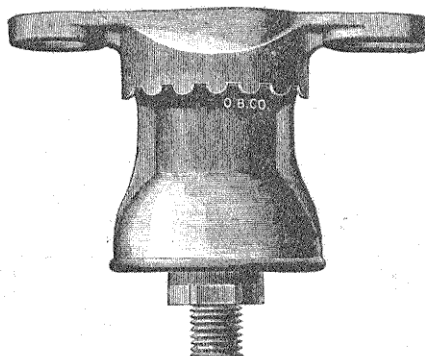


Fig. 324. — Isolateur pour passage sous les ponts.

enveloppera le ou les fils de trolley et supprimera les chances d'accidents dans le cas où la roulette du trolley viendrait à quitter le fil. Il pourrait en résulter, en effet, de graves conséquences surtout si le fil de travail est placé sous un pont métallique. Dans ce dernier cas la perche de trolley pourrait être prise entre les différentes poutres du tablier et aurait alors les plus grandes chances d'être tordue ou arrachée. De plus, un court-circuit ne serait pas impossible entre le fil de trolley et les poutres métalliques du pont.

Lorsque ce caniveau en bois est en place on visse sur le fond une

série d'isolateurs spéciaux, généralement dépourvus de toute suspension élastique.

Les figures 324 et 325 représentent le type le plus employé pour ce

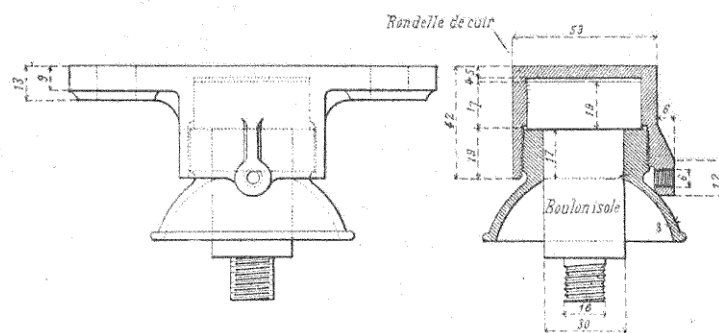


Fig. 325. — Coupe d'un isolateur pour remise.

genre d'installations. Le chapeau de l'isolateur porte deux épanouissements munis chacun d'un trou pour les vis d'assemblage avec le caniveau.

Une autre variété d'isolateur utilisable pour l'équipement des caniveaux de ponts diffère du précédent en ce sens qu'il est du type « Cap and Cone » (fig. 326).

Les isolateurs placés au fond des caniveaux en bois sont suffisam-

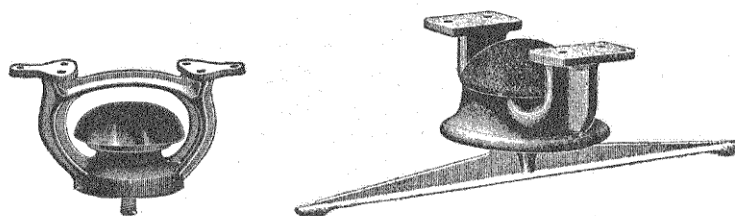


Fig. 326. — Isolateurs pour remise.

ment rapprochés pour que la flèche du fil de trolley soit aussi petite que possible. Si cette précaution n'était pas observée avec soin, la roulette du trolley porterait sur le fond du caniveau.

Lorsque la ligne aérienne comporte deux fils l'un à côté de l'autre on peut les placer dans le même caniveau ou, ce qui est préférable, placer deux caniveaux l'un à côté de l'autre, chacun d'eux étant affecté à l'un des fils de trolley.

Dans le cas où le fil de trolley est fortement désaxé, il y a lieu de

donner au caniveau une forme évasée afin qu'il ne constitue pas un obstacle à la perche.

Suspensions sous les remises. — Sous les remises de voitures on utilise généralement les points d'appui fournis par les entrails des fermes du bâtiment. Lorsqu'il s'agit de charpentes métalliques on applique d'abord aux points choisis des tasseaux en bois dont les faces sont taillées de manière à obtenir une surface inférieure horizontale permettant la fixation de l'isolateur.

Les isolateurs employés pour les remises présentent des dispositions analogues à celle des isolateurs de ponts (fig. 327). Comme on

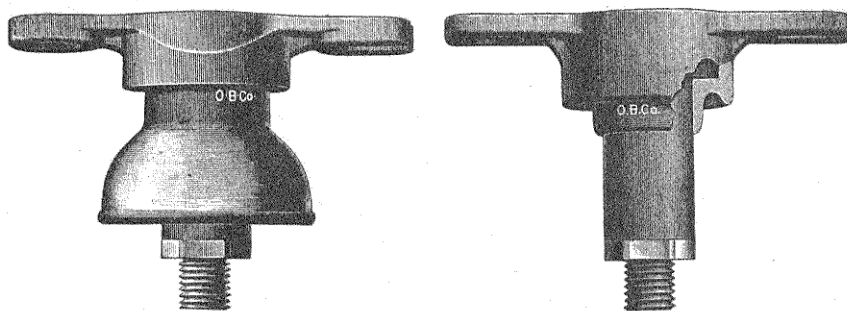


Fig. 327 et 328. — Isolateurs pour remise.

peut s'en rendre compte, on cherche à diminuer le plus possible la hauteur de l'isolateur.

Les isolateurs placés sous les bâtiments étant à l'abri de la pluie et de l'humidité on ne se trouve plus dans l'obligation de préserver le boulon isolant par une cloche. La figure 328 représente un isolateur pour dépôt établi dans cet ordre d'idées.

Il peut arriver, dans certains cas, que l'on préfère donner aux suspensions une certaine élasticité. On peut alors se servir de véritables clochettes pourvues d'un patin de fixation (fig. 329).

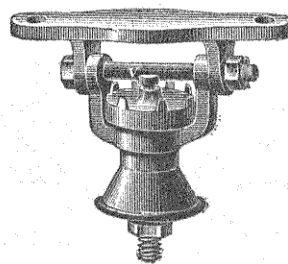


Fig. 329. — Isolateur à clochette pour pont ou remise.

On fabrique, également, des suspensions isolantes pouvant prendre verticalement un certain déplacement (fig. 330 et 331). Ce jeu est obtenu au moyen de deux ressorts à boudin situés de part et d'autre de la tête de la suspension isolante. La douille qui

renferme ces ressorts s'enfile dans un trou que l'on ménage dans la pièce supportant l'isolateur.

Suspensions dans les galeries de mines. — Le but que l'on se pro-

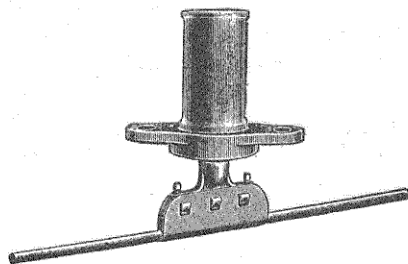


Fig. 330. — Isolateur à jeu vertical pour remise.

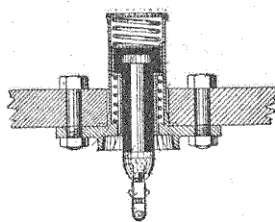


Fig. 331. — Coupe de l'isolateur à jeu vertical.

pose dans les galeries de mines, où la hauteur disponible est des plus restreintes, est d'obtenir des isolateurs d'une hauteur aussi faible que possible. La partie isolante doit être parfaitement protégée contre l'eau qui ruisselle souvent le long des parois des galeries. De plus cette même partie isolante doit être à l'abri des étincelles de rupture qui peuvent jaillir au passage de la roulette du trolley.

Ces diverses conditions sont réalisées dans

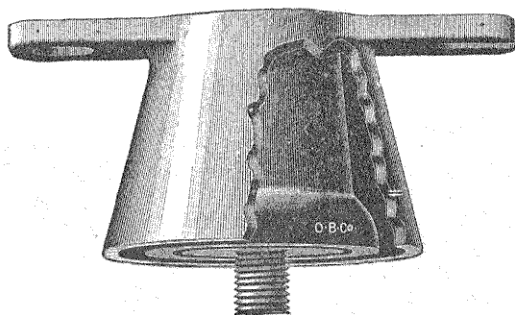


Fig. 332. — Isolateur pour galerie de mine boisée.

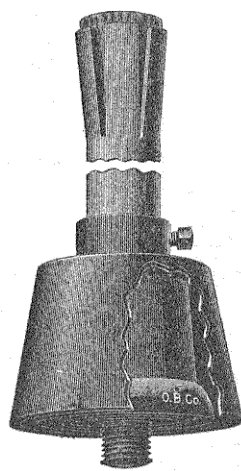


Fig. 333. — Isolateur à scellement pour galerie de mines.

l'isolateur représenté figure 332. Ce modèle est destiné aux galeries boisées, aussi porte-t-il deux trous pour les tirefonds qui servent à le fixer. L'un des trous est même complètement évidé de manière à permettre la mise en place préalable de l'une des vis à demi serrée.

Comme on peut le voir sur la figure, la cloche isolante est complètement enveloppée par une autre cloche en bronze ou en fonte malléable.

Il peut arriver que l'on ait à placer des fils de trolley dans des galeries rocheuses dépourvues de boisage. L'isolateur diffère alors un peu en ce qui concerne son mode d'attache. Le patin est remplacé par un boulon de scellement dont la longueur est, en général, de 20 centimètres (fig. 333).

§ 7. — AMÉNAGEMENT DES TERMINUS DES LIGNES

En son terminus une ligne aérienne doit être ancrée avec le plus grand soin. En général on prend appui sur deux poteaux du modèle le plus résistant que l'on ait à sa disposition.

Nous avons représenté sur la figure 334 l'ancrage d'une ligne désaxée

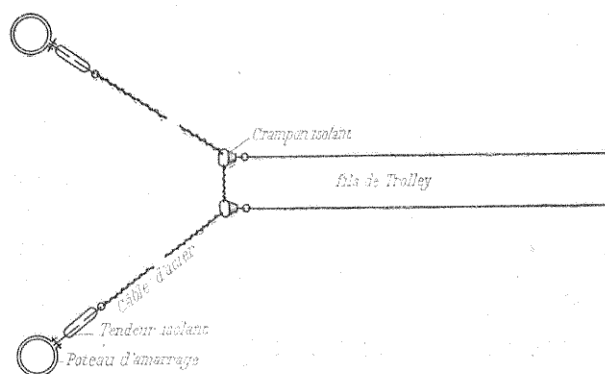


Fig. 334. — Aménagement d'un terminus de ligne aérienne.

à double fil ; ce cas est celui qui se présente aujourd'hui le plus souvent dans la pratique. Les deux poteaux sont placés aussi symétriquement que possible par rapport aux fils de trolley, afin qu'ils travaillent de la même façon. Au sommet de chacun des poteaux, on place des colliers supportant chacun un fil tendeur constitué par un câble d'acier ayant au moins un centimètre de diamètre. Ces fils tendeurs viennent s'amarrer sur les extrémités des fils de trolley par l'intermédiaire de boules isolantes ; il est même préférable d'employer des crampons isolants spéciaux (fig. 335) qui sont capables de résister à un plus grand effort.

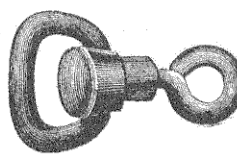


Fig. 335. — Crampon isolant pour terminus de ligne.

Les boucles de ces deux crampons, sur lesquelles sont attachés les fils tendeurs, sont également réunies entre elles par un bout de câble d'acier qui les maintient à l'écartement voulu. Par suite de la grande



Fig. 336. — Tendeur à vis.

largeur de la boucle de ces crampons spéciaux on peut faire facilement les différentes ligatures (fig. 334).

Le double isolement se réalise en intercalant un brooklyn sur chaque fil tendeur, au point où il est fixé au collier.

Les brooklyns ne permettent qu'un serrage de 7 centimètres qui est

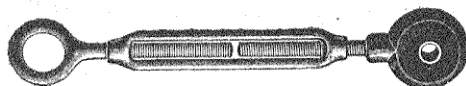


Fig. 337. — Tendeur isolé.



Fig. 338. — Tendeur isolé monté sur son collier.



Fig. 339. — Tendeur à double isolement.

insuffisant dans la plupart des cas. Il est préférable de faire usage de tendeurs à vis (fig. 336). On fabrique même des tendeurs dont l'une des tiges filetées est munie d'un œil isolé (fig. 337). C'est sur cet œil isolé que l'on enfle le boulon du collier (fig. 338). Ce tendeur permet de retendre le fil d'environ 16 centimètres.

Il existe également des tendeurs terminés à leurs deux extrémités par des poulies en porcelaine (fig. 339). Ces tendeurs permettent de réaliser le double isolement sans avoir recours à aucune autre pièce isolante.

CHAPITRE VI

AIGUILLAGES ET CROISEMENTS

§ 1. — AIGUILLAGES

Les aiguilles pour ligne aérienne se définissent de la même façon que les aiguilles de voie.

On appelle aiguille *à droite* une aiguille desservant une voie bifurquant vers la droite lorsqu'on la prend en pointe.

De même une aiguille est dite *à gauche* lorsqu'elle donne naissance à une voie se dirigeant vers la gauche.

Dans ces deux cas la voie primitive continue toujours en ligne droite.

Enfin, on appelle aiguille en Y une aiguille donnant naissance à deux voies symétriquement inclinées par rapport au tronc commun qui finit alors aux pointes d'aiguilles.

Les quelques exemples d'aiguilles que nous allons citer se rapportent seulement au fil rond employé avec des trolleys à roulette.

Nous dirons quelques mots, un peu plus loin, au sujet des principaux types d'aiguilles employées lorsqu'on fait usage du fil en 8 ou bien lorsque le trolley est remplacé par l'archet de prise de courant.

a) Aiguilles pour ligne aérienne axiale. — Les aiguilles pour ligne aérienne axiale sont les plus simples. Par suite de l'orientation immuable de la roulette de trolley par rapport à la perche, on n'a pas à redouter les échappements de cette roulette par suite des rotations intempestives autour de son axe vertical.

L'aiguille employée presque toujours dans le cas du fil axial comporte trois gouttières à l'intérieur desquelles on amarre les trois brins des fils de trolley. La surface extérieure de ces trois gouttières sert de chemin de roulement pour la roulette du trolley (fig. 339 bis-342).

Les trois gouttières sont interrompues avant leur jonction de façon à permettre le passage des flasques de la roulette. Avant l'interrup-

tion des gouttières, le fond de ces dernières est incliné de manière que la roulette porte par ses bords et non par sa gorge. Grâce à cette disposition le galet roule sans choc sur le fond de l'aiguille et reprend de même la gouttière correspondante à la nouvelle voie.

Comme on peut facilement s'en rendre compte, la roulette n'est plus

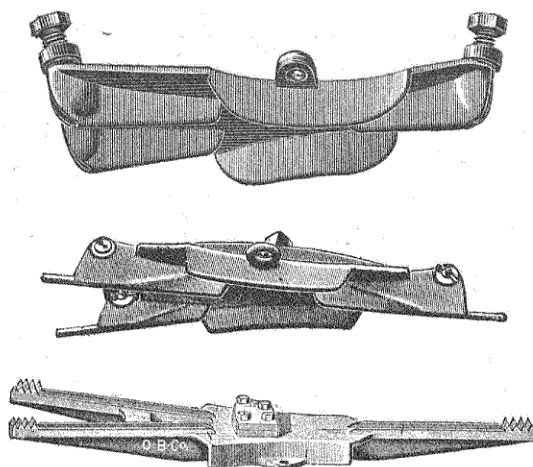


Fig. 339 bis, 340 et 341. — Aiguilles pour fil axial.

maintenue latéralement lors du passage de la partie sans gouttières. Le guidage est obtenu au moyen de deux cloisons verticales qui emprisonnent la roulette.

Le serrage des fils de trolley s'opère au moyen de vis de pression

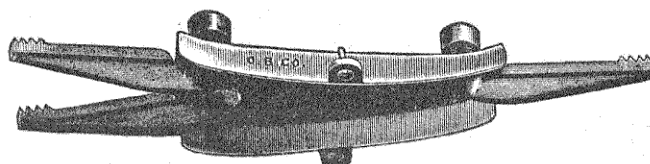


Fig. 342. — Aiguille pour fil axial.

placées à l'entrée des gouttières ou bien aux points où ces dernières sont interrompues.

Les aiguilles sont supportées au moyen de fils transversaux que l'on fixe à deux anneaux venus de fonte avec la pièce. Le double isolement est réalisé en intercalant sur chacun de ces fils une boule isolante et un brooklyn.

Les aiguilles pour fil axial doivent être placées de manière à ce que

la voiture soit déjà engagée sur la voie détournée lorsque la roulette du trolley s'engage dans l'aiguille. Il est en effet indispensable que la

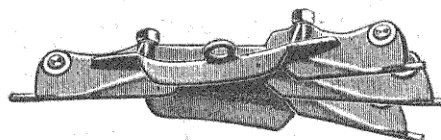


Fig. 343. — Aiguille triple pour fil axial.

roulette soit guidée suivant la nouvelle direction. Ceci ne s'applique, bien entendu, qu'aux aiguilles prises en pointe.

b) Aiguilles pour fil désaxé. — La construction des aiguilles pour lignes aériennes désaxées est beaucoup plus délicate que celle des aiguilles de lignes axiales. La poulie du trolley étant mobile autour d'un axe vertical, il en résulte que l'on ne peut pas abandonner cette dernière un seul instant. La solution par gouttières interrompues n'est donc plus applicable dans ce cas.

On peut résoudre le problème de deux façons.

On peut conserver le système des gouttières mais en plaçant dans l'espace vide une palette formant aiguille (fig. 344) que l'on manœuvre

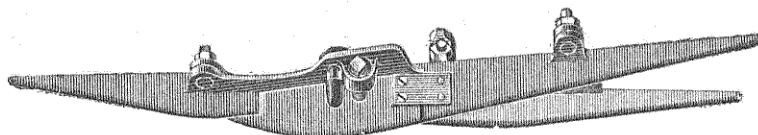


Fig. 344. — Aiguille à palette mobile pour fil désaxé.

au moyen d'un renvoi descendant le long du poteau. Cette palette forme ressort de manière à s'orienter automatiquement dans une direction choisie quand on supprime la tension du fil de renvoi.

Une autre disposition consiste à guider le trolley dans la solution de continuité des gouttières au moyen de rainures dans lesquelles roulent les bords des flasques de la roulette. Le croisement des rainures se fait alors tout naturellement sans que la roulette soit abandonnée à elle-même, si ce n'est au passage des rainures correspondant à la direction opposée (fig. 345). Le peu de largeur de ces rainures diminue beaucoup les chances de déraillement de la roulette.

Lorsque la disposition de la voie et le fort désaxement de la ligne rendent cette disposition insuffisante, on peut avoir recours à un autre type construit d'après le même principe, mais dans lequel les bords de

la roulette ne rencontrent aucune solution de continuité (fig. 346). Les entrées des rainures sont ouvertes ou bouchées par le mouvement d'un levier à contrepoids mobile autour d'un axe horizontal. De ce levier partent deux tiges verticales qui font sortir ou rentrer les pièces desti-

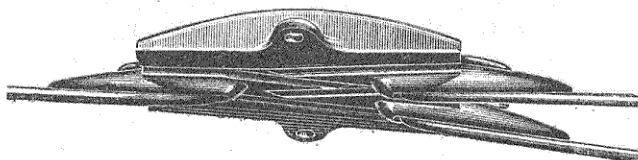


Fig. 345. — Aiguille fixe pour fil désaxé.

nées à obstruer les rainures. Le levier se manœuvre au moyen d'un renvoi de sonnette installé le long d'un poteau.

Les aiguilles pourvues d'un appareil de manœuvre constituent toujours une sujétion. Elles nécessitent la présence d'un agent spécial à

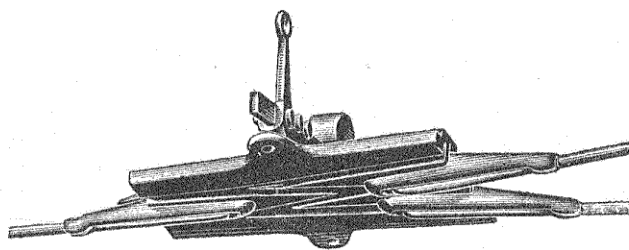


Fig. 346. — Aiguille fixe pour fil désaxé.

l'appareil, à moins que l'on ne charge le receveur de cette manœuvre. Comme il est généralement obligé de faire lui-même l'aiguille de la voie, on ne peut guère lui en demander davantage.

D'ailleurs, lorsque les aiguilles aériennes sont judicieusement placées, on peut parfaitement se passer de dispositifs de manœuvre à moins que le désaxement ne soit particulièrement grand. En règle générale, et lorsqu'il s'agit d'un aiguillage pris en pointe, la roulette du trolley ne doit rencontrer l'aiguille aérienne qu'après que la voiture est déjà engagée dans l'aiguillage de la voie.

§ 2. — CROISEMENTS

a) **Croisements pour lignes axiales et désaxées.** — Les lignes aériennes de tramways peuvent se croiser à angle droit ou suivant un angle quelconque. Dans le premier cas on trouve des croisements fixes

en une seule pièce, mais il n'en est pas de même pour les angles aigus. On trouve bien quelques croisements à angle très aigus dits « en diagonale » mais la plupart du temps on est conduit à employer des croisements à angle variable.

Les croisements fixes à angle droit sont établis sur le même principe que les aiguilles avec cette différence qu'il y a quatre gouttières au lieu de trois (fig. 347 et 348). Il y a une solution de continuité

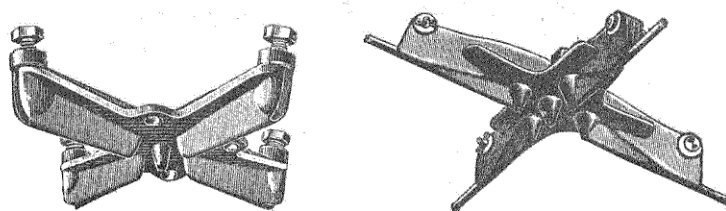


Fig. 347 et 348. — Croisement fixe pour fil axial.

entre les quatre gouttières qui permet le passage de la roulette dans les deux sens. Pendant la traversée de cette solution de continuité, les bords de la roulette roulent sur la plaque de support du croisement. Un petit cône venu de fonte au point théorique d'intersection des quatre gouttières sert à guider la roulette pendant son passage. C'est le seul moyen que l'on ait trouvé pour assurer le guidage dans ce genre de croisements, car il est bien évident que l'on ne peut avoir recours aux

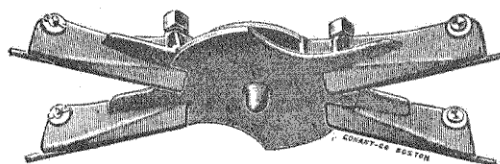


Fig. 349. — Croisement pour angle aigu.

cloisons verticales que nous avons vu employer dans les aiguilles. Ce mode de guidage n'est, d'ailleurs, pas parfait, mais il assure néanmoins un service satisfaisant pourvu, toutefois, que l'on ne fasse pas usage du trolley Dickinson.

Lorsque l'on a affaire à une traversée sous un angle quelconque, il faut avoir recours aux croisements ajustables à angle variable. On peut alors disposer les gouttières du croisement exactement suivant l'angle désiré (fig. 350 et 351). Les gouttières d'une ligne sont fixes tandis que celles de l'autre ligne peuvent pivoter autour du centre de l'appareil.

Comme nous l'avons déjà dit il existe des croisements fixes pour les

angles aigus. Ces croisements sont dits « en diagonale ». La figure 349 représente un de ces appareils dans lequel on a conservé la disposition des quatre gouttières avec plan de roulement intermédiaire. Cet appa-

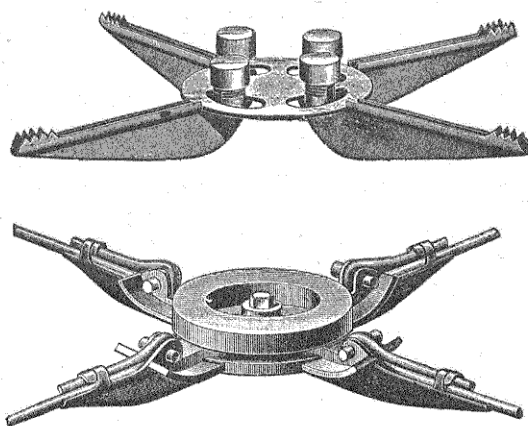


Fig. 350 et 351. — Croisements ajustables pour fil rond.

reil n'est possible que pour le trolley axial car le trolley Dickinson dérailerait infailliblement en raison de l'importance de l'espace dépourvu de guidage.

Dans les cas où l'on fait usage de ce dernier trolley, il convient

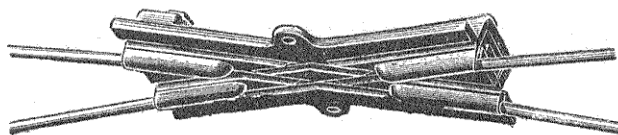


Fig. 352. — Croisement aigu pour fil torsadé.

d'employer des croisements dans lesquels sont pratiquées des gorges, pour les bords de la roulette (fig. 352).

— Les croisements à angles droits sont généralement supportés par les fils de trolley eux-mêmes. Les croisements à angle aigu sont parfois soutenus par des fils transversaux.

b. Croisements des réseaux. — Il arrive assez fréquemment que les lignes de deux compagnies différentes se croisent. Il faut alors réaliser un croisement qui assure l'isolement des deux réseaux sans qu'il en résulte, pour l'un d'eux, aucune solution de continuité.

L'appareil représenté sur la figure 353 répond à ce double besoin,

Il présente, de plus, l'avantage de ne pas rendre nécessaire le sectionnement des fils de trolley.

Ce croisement comporte une gouttière interrompue pour l'une des

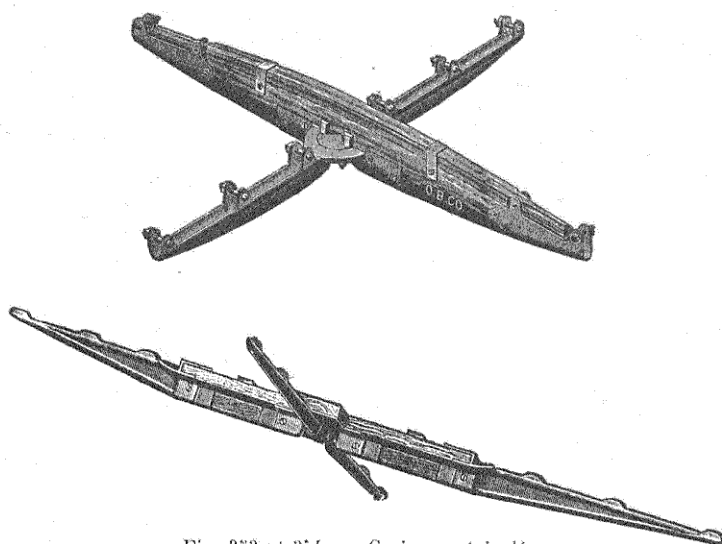


Fig. 353 et 354. — Croisement isolé.

lignes. Sur la plaque médiane se trouve placée une pièce de bois pouvant pivoter autour d'un axe. Cette pièce de bois supporte deux palettes en bois paraffiné sur lesquelles viennent rouler les trolleys de

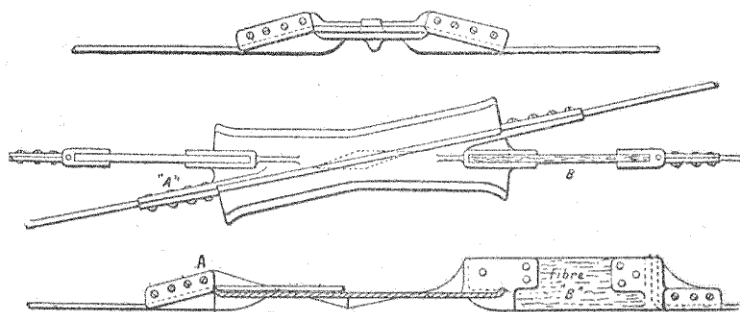


Fig. 355. — Croisement isolé pour angle aigu.

la seconde ligne. Ces palettes sont, de plus, revêtues de peinture isolante. Le fil de trolley de cette seconde ligne passe dans une gorge pratiquée dans la partie supérieure de la pièce de bois. Cette gorge est recouverte d'une bande de bois. Lorsque cette bande de bois est mise

en place par dessus le fil au moyen de deux étriers, on peut faire passer au-dessus d'elle le fil de trolley de la première ligne.

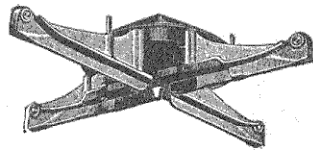


Fig. 356. — Croisement ajustable et isolé Anderson.

Ce croisement isolant est ajustable suivant l'angle voulu.

Un autre appareil remplissant le même but est le croisement de réseaux dit « Anderson ». Il ressemble au précédent en ce sens qu'il présente une ligne isolée de la première au moyen d'une pièce isolante de support. La pièce

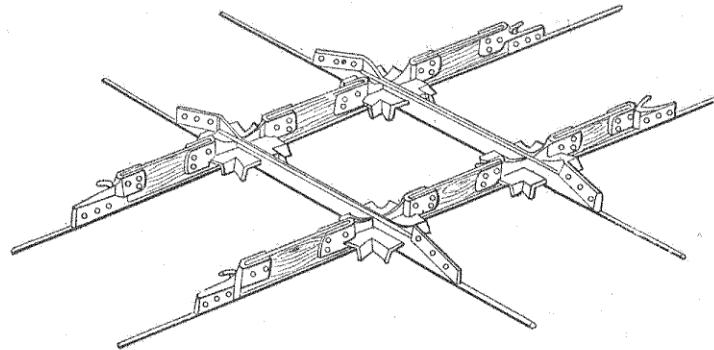


Fig. 357. — Croisement isolé pour lignes à double fil.

isolante est préservée de la pluie et des intempéries par une sorte

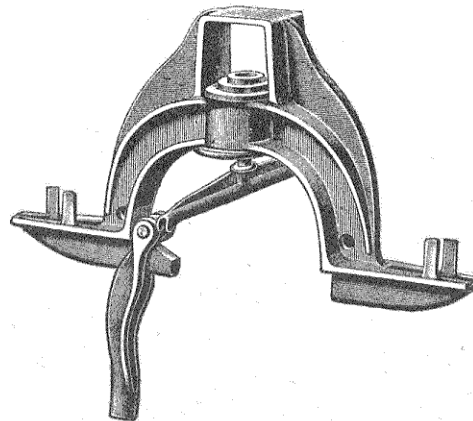


Fig. 358. — Croisement isolé à pont mobile.

de chapeau en fibre qui recouvre tout le centre de l'appareil (fig. 356).

On obtient ainsi une isolation plus parfaite entre les deux lignes mais par contre on se trouve dans l'obligation de sectionner les deux fils de trolley.

La figure 355 représente un croisement isolé pour lignes faisant entre elles un angle très aigu.

On fabrique également des croisements isolés pour deux lignes à double fil (fig. 357). L'isolation des pièces métalliques entre elles est obtenu au moyen de plaques de fibre.

Depuis quelque temps on construit des croisements isolés basés sur

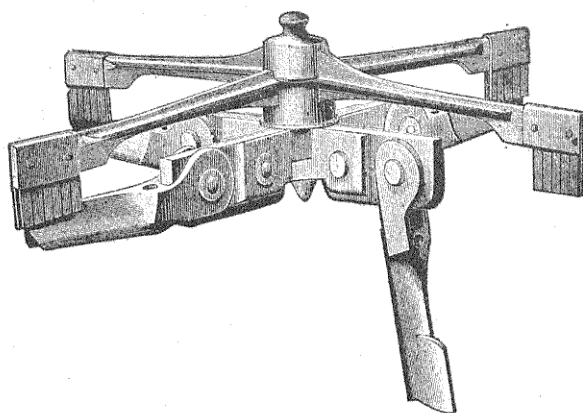


Fig. 359. — Croisement isolé à couteaux mobiles pour isolement temporaire.

un principe tout différent. Le croisement se compose d'un support en forme d'U renversé (fig. 358). Au fond de l'U se trouve un isolateur portant une oreille qui soutient le fil d'une des lignes. Le fil de la ligne perpendiculaire est soudé aux deux extrémités des branches de l'U. Le trolley, parcourant ce dernier fil, fait remonter une pièce mobile refermant les deux branches de l'U. Après le passage de la roulette cette pièce retombe de manière à dégager le passage du trolley sur la ligne perpendiculaire. Comme on peut le voir, il est nécessaire que la circulation se fasse toujours dans le même sens.

La figure 359 représente un croisement à couteaux mobiles permettant d'isoler une ligne de l'autre en cas d'accident. Cet appareil est d'un emploi peu fréquent. On préfère, en effet, avoir recours à des interrupteurs de sectionnement pour obtenir le même résultat.

CHAPITRE VII

MODE DE SUSPENSION DU FIL EN 8

La suspension du fil en 8 s'opère au moyen d'isolateurs ordinaires. On peut utiliser les clochettes ou les modèles « Cap and Cone ».

Les oreilles sont par contre d'un type différent. Le poids du fil en 8 étant notablement supérieur à celui du fil rond, il en résulte qu'on se trouve dans l'obligation d'employer des pinces présentant une plus grande résistance. La disposition du fil en 8 permet d'ailleurs de réaliser facilement ce renforcement. Les oreilles du fil en 8 sont rarement soudées. On préfère avoir recours à des dispositifs permettant un serrage énergique.

L'oreille à charnière, que nous avons déjà décrite à propos du fil rond, constitue l'un des meilleurs moyens de suspension du fil en 8 (fig. 360). Nous rappellerons seulement que cette oreille constitue une

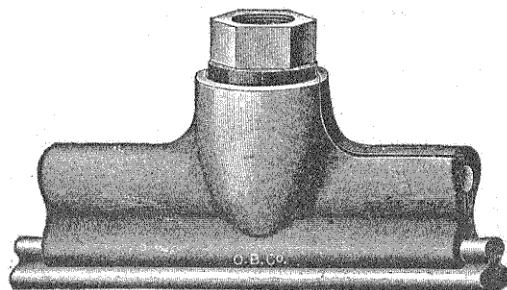


Fig. 360. — Oreille à charnière pour fil en 8.

véritable pince saisissant la boucle supérieure du fil entre deux mâchoires. Le serrage est obtenu au moyen d'un cône qui tend à écarter les parties opposées aux mâchoires. L'enfoncement du cône est obtenu tout naturellement lorsqu'on visse l'oreille sur l'isolateur.

Le même résultat est obtenu d'une manière différente au moyen de l'oreille représentée figure 361. Cette oreille se compose d'un support

en fonte malléable qui se fixe au boulon isolant de toutes les suspensions.

Ce support porte une large gorge en forme de V dans laquelle peu-

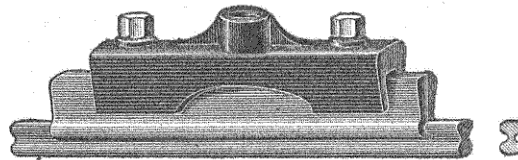


Fig. 361. — Oreille à coins pour fil en 8.

vent glisser deux griffes en acier étamé ayant extérieurement la forme de coins.

On pince la boucle supérieure du fil entre les griffes qu'on fait glisser, en suivant le fil, jusque dans la gorge en V du support. Sous le poids du fil, les griffes descendent dans le V et serrent le fil d'autant plus énergiquement que le poids est plus fort.

Avec cette oreille la pose du fil est très rapide. Bien que le soudage paraisse à peu près inutile on peut cependant le faire avec facilité puisque les griffes sont étamées.

Lorsque le fil est en place on serre les deux vis à tête à six pans de façon à éviter que la poussée de bas en haut qui se produit au passage de la roulette ne fasse remonter les griffes et ne provoque, par suite, leur desserrage.

Ce type d'oreille est certainement très pratique. Il a seulement l'inconvénient d'être plus lourd et plus cher que le précédent.

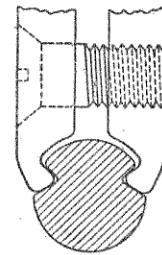


Fig. 362. — Oreille à vis pour fil en 8.

Les oreilles dans lesquelles le serrage est obtenu au moyen de vis



Fig. 363. — Oreille à rivets pour fil en 8.

s'emploient également avec le fil en 8 (fig. 362). Elles ont toutefois une plus grande longueur et un plus grand nombre de vis que celles dont on fait usage pour le fil rond.

Lorsque le fil doit être soudé on peut, à la rigueur, faire usage d'oreilles

ordinaires dont on rabat les bords au marteau sur la boucle supérieure. Il est bien évident que par suite du grand poids du fil, les oreilles doivent avoir une longueur supérieure à celle qui est nécessaire pour le fil rond.

L'usage de ces dernières oreilles n'est pas à recommander pour le

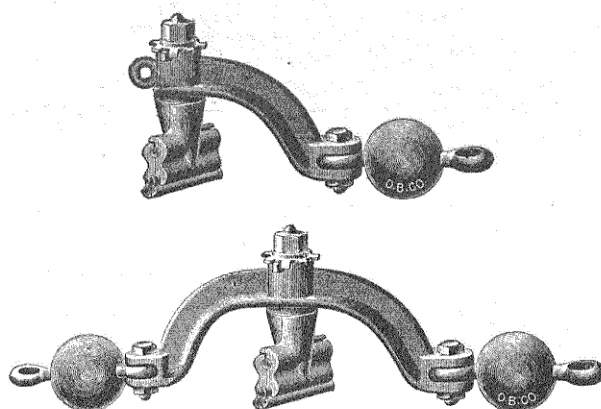


Fig. 364 et 365. — Suspensions à boules isolantes pour fil en 8.

fil en 8 car le montage devient alors très pénible et très délicat. De plus, les oreilles n'ont pas toujours la résistance voulue pour supporter le grand poids du fil.

Dans le but de porter remède à cet inconvénient, on emploie quel-

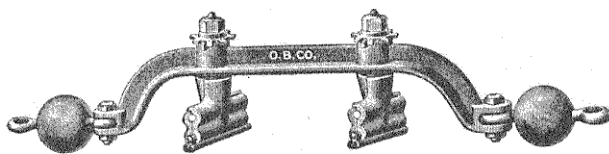


Fig. 366. — Suspension pour double fil en 8.

quefois des oreilles dans lesquelles le fil est consolidé au moyen de rivets en acier qui le traversent de part en part (fig. 363).

La nécessité de percer des trous dans le fil après le rabattage des lèvres de l'oreille rend ce procédé coûteux et peu pratique.

Lorsque l'on fait usage de fils transversaux, l'emploi des isolateurs ordinaires conduirait à un ensemble ayant une hauteur exagérée. Le fil manquerait par suite de stabilité.

Il y a avantage, en pareil cas, à adopter un boulon ordinaire se

vissant directement sur le support à branches. La partie isolante est alors constituée par une ou deux boules isolantes suivant le cas. Les figures 364 et 365 représentent cette disposition pour des suspensions

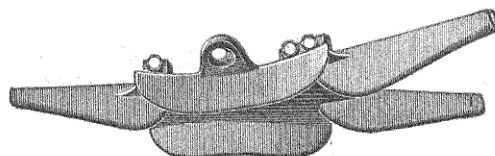


Fig. 367. — Aiguille pour fil en 8.

à un fil tandis que la figure 366 montre comment on peut appliquer le même principe dans le cas de deux fils parallèles.

Les aiguilles que l'on emploie avec le fil en 8 présentent les mêmes dispositions que celles dont on fait usage avec le fil rond (fig. 367).

Le mode d'amarrage du fil est plus pratique qu'avec le fil rond. Le fil en 8 est en effet plus rigide et reste toujours dans le même plan horizontal sans pliure, ce qui rend la pose très facile.

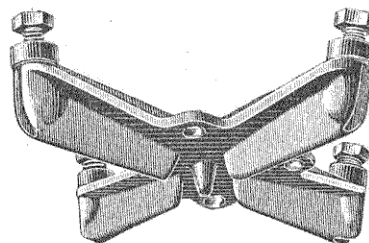


Fig. 368. — Croisement fixe pour fils en 8.

Les fils sont maintenus en place au moyen de vis horizontales ou verticales à pointeau qui pénètrent dans le fil de cuivre.

Les figures 368, 369 et 370 montrent l'application du même principe à des croisements.

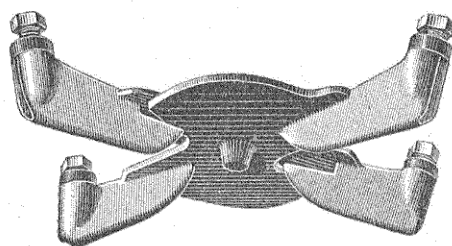


Fig. 369. — Croisement ajustable pour fils en 8.

Dans le cas d'un croisement il peut arriver que l'une des lignes soit constituée par un fil rond tandis que l'autre se compose d'un fil en 8. Le croisement ajustable dont nous voyons les dispositions sur la figure 371 est d'un emploi très pratique dans ce cas particulier.

Il présente, de plus, l'avantage de ne pas nécessiter le sectionnement des deux fils.

Le serrage des fils dans les gouttières est obtenu au moyen de vis de pression agissant sur des sabots. La longueur de ces vis se com-

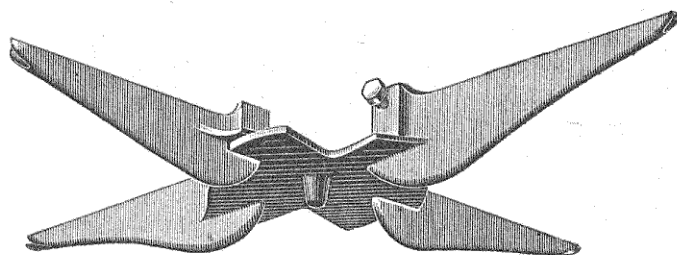


Fig. 370. — Croisement ajustable pour fils en 8.

bine de manière à pouvoir utiliser indifféremment les deux genres de fils.

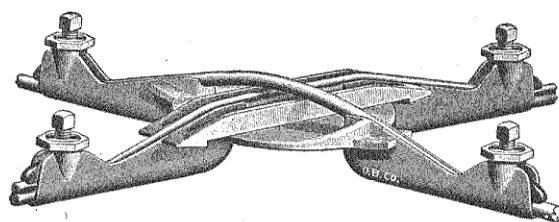


Fig. 371. — Croisement pour fil rond et fil en 8.

La mise en place de cet appareil se fait très rapidement sans qu'il soit nécessaire de faire aucune soudure.

Lorsqu'il s'agit d'isoler entre elles deux lignes qui se croisent, on peut utiliser des croisements isolés analogues à ceux que nous avons décrits à propos du fil rond. Ils se prêtent indistinctement à l'emploi des deux genres de fils.

CHAPITRE VIII

MODE DE SUSPENSION DES LIGNES A ARCHET

Le matériel de ligne employé lorsque l'on fait usage de l'archet diffère sensiblement de celui que nous avons vu jusqu'à présent.

La forme même de l'archet s'oppose, en effet, à ce que l'on fasse usage des pièces des lignes ordinaires ; il devient alors indispensable que le frotteur ne rencontre aucune pièce saillante de chaque côté des oreilles.

Il résulte de cette sujétion que les isolateurs à une ou à deux branches doivent subir une transformation complète dans leur mode de suspension. Nous avons vu que les branches étaient habituellement recourbées de manière à ramener dans le même plan le fil de trolley et le fil transversal.

Cette disposition qui, seule, peut assurer à l'isolateur un état d'équilibre stable dans les courbes, doit être abandonnée lorsque l'on fait usage de l'archet. Les branches sont horizontales et aussi longues que possible afin d'augmenter la stabilité (fig. 372).

Il est bien évident que cette disposition serait inacceptable en

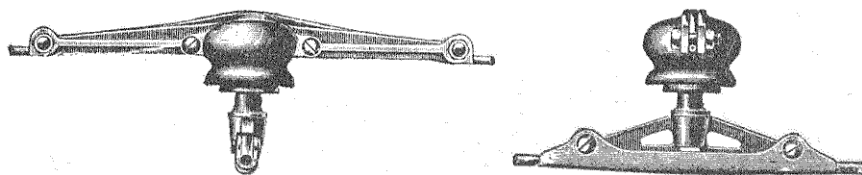


Fig. 372. — Isolateur de suspension pour ligne à archet.

courbe où l'oreille vissée sur l'isolateur est soumise à un effort horizontal considérable.

MM. Siemens et Halske ont tourné la difficulté à l'aide de l'artifice suivant :

Supposons que l'on ait à installer une suspension à une branche en

un point d'une courbe. La tige du boulon isolant porte immédiatement au-dessous de la partie isolante de la suspension un trou dans lequel on enfle le fil de trolley (fig. 373 et 374). Ce trou étant situé sensible-

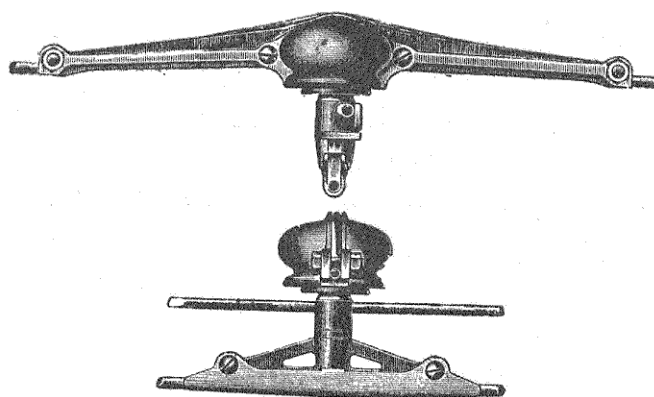


Fig. 373. — Isolateur à fil auxiliaire pour courbes.

ment dans le même plan horizontal que le point d'attache *d* du fil transversal, il en résulte que l'équilibre ne sera pas compromis, quel que soit l'effort horizontal exercé par le fil de trolley. De chaque côté

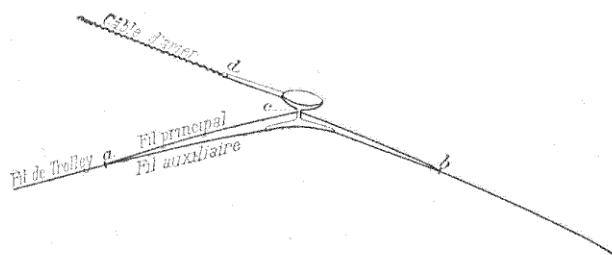


Fig. 374. — Schéma de l'installation du fil auxiliaire.

de l'oreille, et à environ 60 centimètres, on vient fixer sur le fil principal un fil auxiliaire qui servira de fil de contact au moment du passage de l'archet. Ce fil auxiliaire, qui est pincé dans l'oreille, n'est pour ainsi dire pas tendu ; il ne peut donc exercer aucune action sur l'équilibre de l'isolateur. Cet artifice est employé d'une manière générale toutes les fois que le fil de trolley peut déterminer un effort horizontal dans les suspensions.

Les isolateurs Siemens diffèrent de ceux que nous avons examinés à propos de lignes à trolley en ce sens qu'ils se composent de deux parties assemblées suivant un plan diamétral (fig. 373). Ces deux

flasques en fonte malléable ou en bronze viennent embrasser un cham-

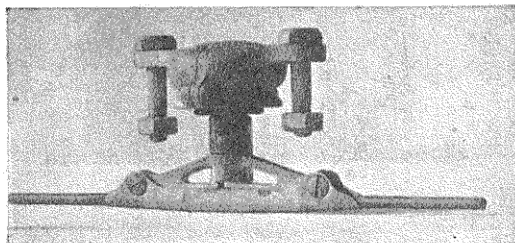


Fig. 373. — Suspension pour dépôts.

pignon supportant l'organe de serrage du fil. Ce champignon est isolé de la boîte par une enveloppe en ébonite.

Les tendeurs brooklyns dont fait usage la Société Siemens pour ses

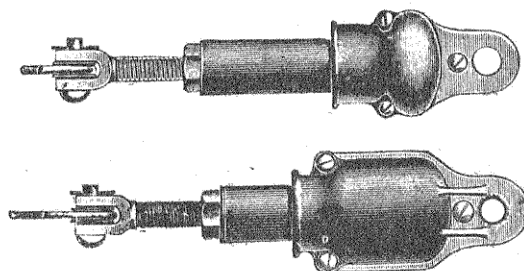


Fig. 376. — Brooklyn Siemens.

lignes à archet sont établis suivant les mêmes principes (fig. 376).

L'organe de suspension du fil n'est plus constitué par une oreille, mais par un patin dont la forme a été étudiée spécialement afin qu'il

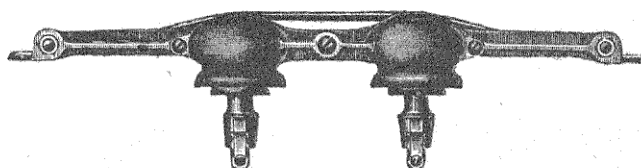


Fig. 377. — Suspension double.

ne se produise pas de chocs et d'étincelles au passage de l'archet (fig. 372 et 378).

Comme on peut s'en rendre compte sur la figure 378, ce patin se compose de deux parties assemblées par deux vis qui obligent le fil à

s'incurver légèrement. Le frottement de l'archet se produit alors sur la partie comprise au-dessous du fil.

Nous avons vu à propos du tracé des lignes à archet qu'il était

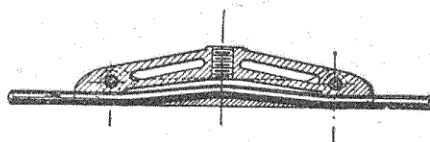


Fig. 378. — Coupe verticale d'un patin de serrage.

indispensable d'établir le fil aérien suivant une ligne brisée, afin de répartir l'usure sur toute la longueur de l'archet.

Cette disposition du fil de travail en zigzag rend la pose assez délicate, car on s'expose à dépasser le désaxement permis par l'archet. Dans le but de rendre le réglage de la ligne plus facile, on a construit des chariots spéciaux que l'on fait rouler sur les rails de la voie et qui permettent d'obtenir, du premier coup, le résultat désiré (fig. 379).

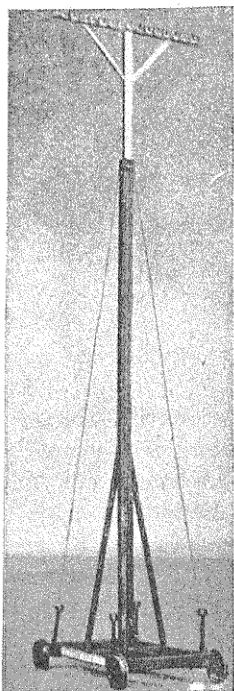


Fig. 379.
Chariot de réglage pour
ligne à archet.

Ces chariots portent en leur milieu un mât vertical, extensible, muni en son sommet d'une traverse horizontale portant des divisions.

En faisant passer cette traverse sous le fil, on voit tout de suite si le désaxement a été convenablement observé et si le fil reste dans les limites permises par l'archet.

Les aiguillages des lignes à archet diffèrent également de ceux des lignes à trolley. Il n'existe, en réalité, pas d'aiguilles proprement dites dans le matériel de ligne pour archet. L'aiguille est remplacée par la disposition suivante (fig. 380).

Au droit du point où doit se trouver l'aiguille, on place une suspension spéciale (fig. 381 et 382) permettant d'introduire le fil de trolley principal dans une ouverture pratiquée dans le support de patin, comme il vient d'être dit pour les courbes.

Le passage de l'archet se fait sur un fil auxiliaire, également comme pour les courbes. Dans l'ouverture on introduit, de même, un second fil de trolley provenant de la voie

déviée et venant ensuite s'amarrer sur un mur ou sur un poteau

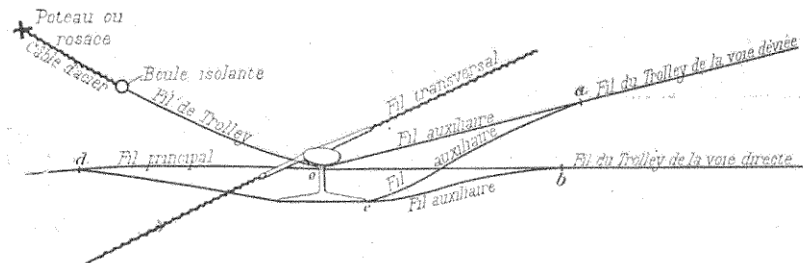


Fig. 380. — Schéma de l'aménagement d'un aiguillage.

avec intercalation d'organes isolants (boule et brooklyn). Du patin

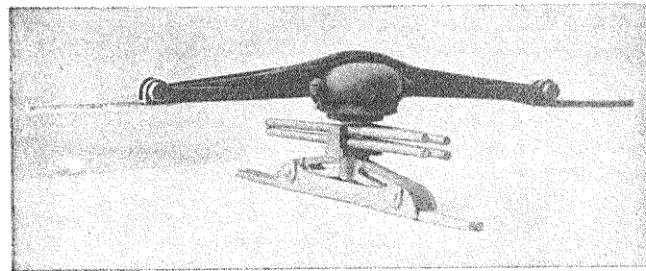


Fig. 381. — Suspension pour aiguillage.

on fait partir un second fil auxiliaire qui vient se raccorder avec le

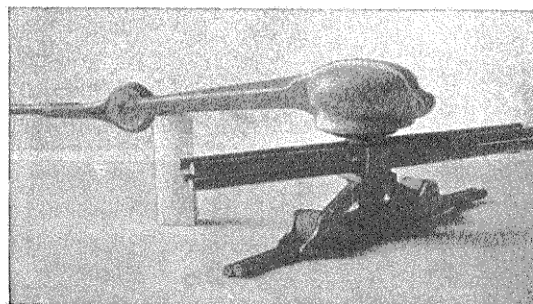


Fig. 382. — Suspension à simple branche pour aiguillage.

second fil de trolley. On crée de la sorte, une aiguille sans avoir recours à aucun appareil spécial.

Le patin de ces suspensions est seul d'un type spécial puisqu'il doit serrer deux fils au lieu d'un seul.

Ce qui vient d'être dit pour un aiguillage double peut aussi bien s'appliquer à un aiguillage triple. Il suffit alors d'enfiler trois fils de travail au lieu de deux et de combiner convenablement les fils auxiliaires.



Fig. 383. — Mode d'attache du fil auxiliaire sur le fil principal.

Il est nécessaire, pour qu'il ne se produise pas d'étincelles, que le raccordement des fils auxiliaires avec les fils principaux se fasse sans ressaut. Dans ce but, on emploie pour constituer les fils auxiliaires des fils tout

préparés portant à leurs extrémités des pattes en forme d'U que l'on soude sur le fil principal. On réalise également la liaison au moyen d'une plaque de cuivre repliée et soudée (fig. 383).

CHAPITRE IX

MONTAGE DES LIGNES AÉRIENNES

§ 1. — OUTILLAGE

Le montage des lignes aériennes nécessite un outillage assez varié que nous allons décrire avec quelques détails, en raison de son caractère spécial.

a) **Voitures de montage.** — L'auxiliaire le plus utile du monteur de ligne aérienne est, sans contredit, la voiture de montage qui lui permet de travailler commodément à 7 mètres de hauteur sans danger et sans perte de temps.

La voiture-échelle se compose généralement d'une sorte de chariot aux quatre coins duquel sont fixés des montants inclinés supportant une plate-forme à leur partie supérieure. Les montants sont convenablement entretoisés entre eux au moyen de barres horizontales et diagonales (fig. 384, 385 et 386).

La partie inférieure du pylône ainsi constitué est généralement pourvue d'un revêtement en planches avec toit ; on peut ainsi disposer d'une sorte de cabine qui est très commode pour l'emmagasinement du matériel (fig. 385). L'accumulation de matériel pesant dans cette cabine a, de plus, l'avantage d'abaisser le centre de gravité du véhicule dont la stabilité naturelle laisse généralement fort à désirer.

Une échelle placée à poste fixe à l'arrière ou sur le côté de la voiture

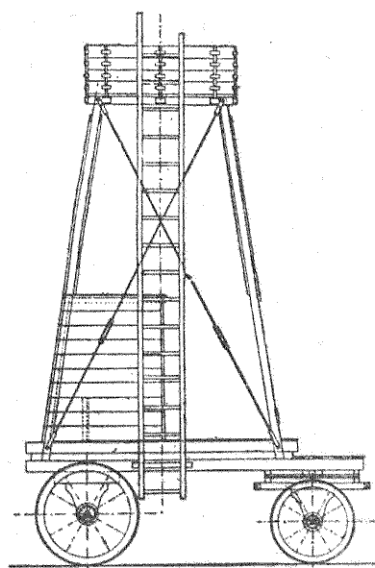


Fig. 384. — Voiture de montage.

permet d'accéder facilement à la plate-forme supérieure. Cette plate-forme est généralement munie de deux rallonges qui peuvent se rabattre sur les montants lorsque leur emploi est inutile. On les main-

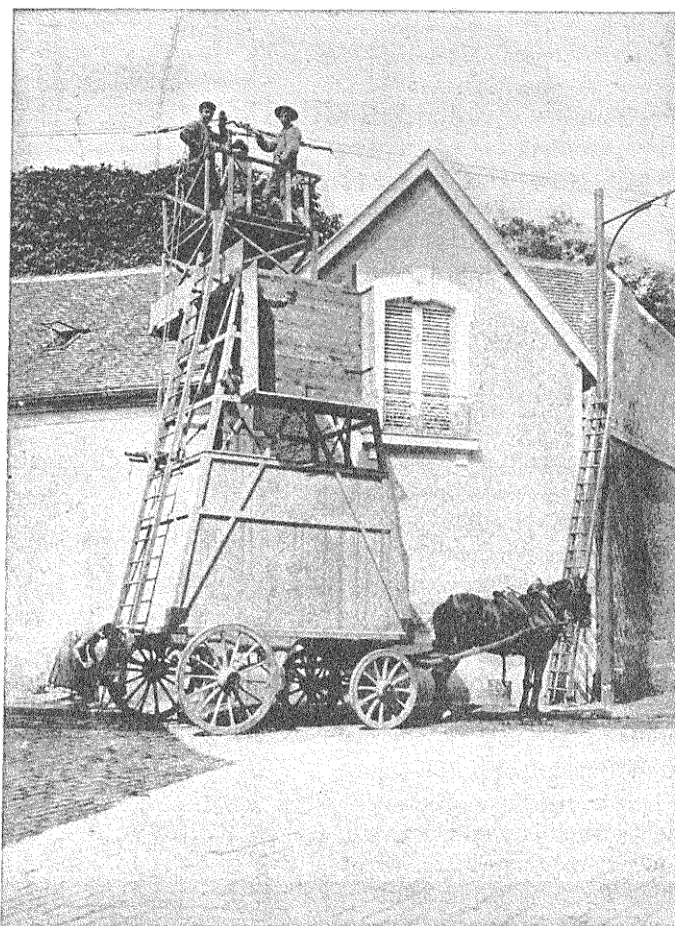


Fig. 385. — Voiture de montage.

tient en place au moyen de deux contrefiches en fer lorsque la voiture ne peut se rapprocher suffisamment du point où l'on désire accéder.

Il est prudent de munir la plate-forme supérieure de garde-corps que l'on peut enlever, au besoin, pour effectuer certains travaux.

L'inconvénient des voitures-échelles des types précédents réside dans leur grande hauteur, qui s'oppose à leur passage sous les ponts et sous les fils télégraphiques. De plus, leur remisage est souvent difficile et

l'on se trouve parfois dans l'obligation de leur faire passer la nuit sur la voie publique.

Dans le but de remédier à cet inconvénient, on a construit des voi-

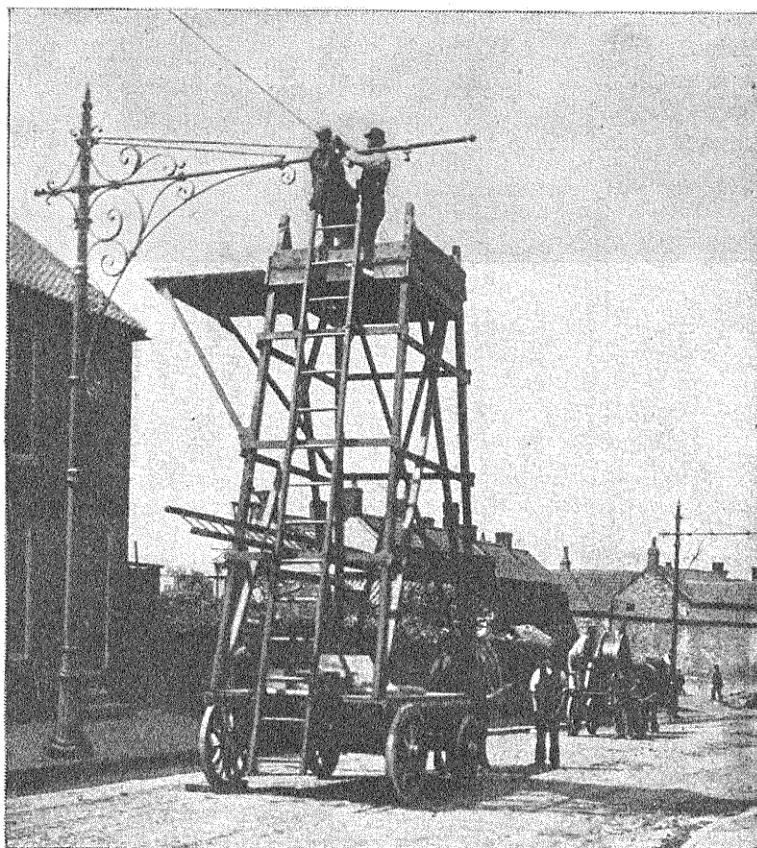


Fig. 386. — Voiture de montage.

tures-échelles dont la plate-forme supérieure peut se lever ou s'abaisser suivant les besoins.

La figure 388 représente la voiture-échelle Trenton établie suivant ce principe. Elle peut, de plus, être démontée et emballée de manière à diminuer les frais de transport.

La partie supérieure de l'échafaudage peut être déplacée verticalement au moyen d'une chaîne passant sur des poulies et s'enroulant sur un tambour en fer forgé fixé sous le châssis de la caisse.

Ce tambour est mis en mouvement au moyen d'un engrenage per-

mettant à un seul homme d'élever facilement et rapidement la partie supérieure de l'échafaudage. Cet engrenage est muni d'un frein à cliquet grâce auquel on peut abaisser l'échafaudage sans faire descendre les ouvriers qui sont sur la plate-forme supérieure. Il existe au sommet de l'échafaudage une plate-forme tournante qui est assujettie au centre de la tour par un tenon central.

Le mouvement de rotation se fait sur des galets convenablement disposés à la partie supérieure.

Lorsque l'échafaudage est abaissé et que la plate-forme supérieure

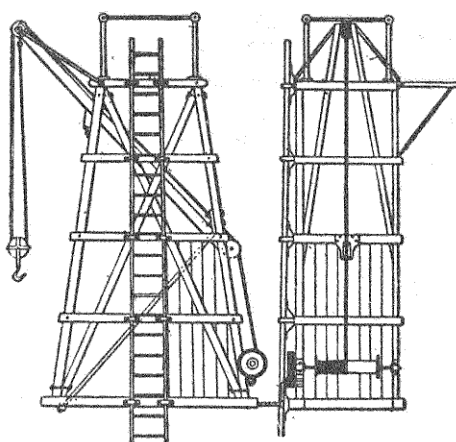


Fig. 387. — Voiture de montage à grue.

est rendue parallèle à la caisse on peut faire circuler rapidement la voiture sans crainte de la voir verser.

La plate-forme supérieure rotative permet, de plus, de réparer une ligne de trolley sans interruption de service, car les voitures peuvent passer librement à côté du chariot de montage pendant que les ouvriers travaillent sur le porte-à-faux (fig. 388).

Les parties avant et arrière de l'échafaudage sont munies de traverses qui servent d'échelles.

Cette voiture est certainement très pratique, mais elle a l'inconvénient de coûter un prix relativement élevé. Elle coûte, en effet, environ 3 000 francs tandis que les types ordinaires peuvent être construits pour 1 500 à 1 800 francs.

La figure 389 représente une voiture de montage que l'on peut facilement replier pour le passage sous les ponts ou pour le remisage.

La voiture représentée figure 390 offre les mêmes avantages que la voiture Trenton, car elle permet de donner à la plate-forme supérieure

des hauteurs variables. Les quatre montants qui supportent la plateforme peuvent s'incliner et déterminent, avec la base et avec cette dernière, un parallélogramme dont on peut faire varier les angles. L'in-

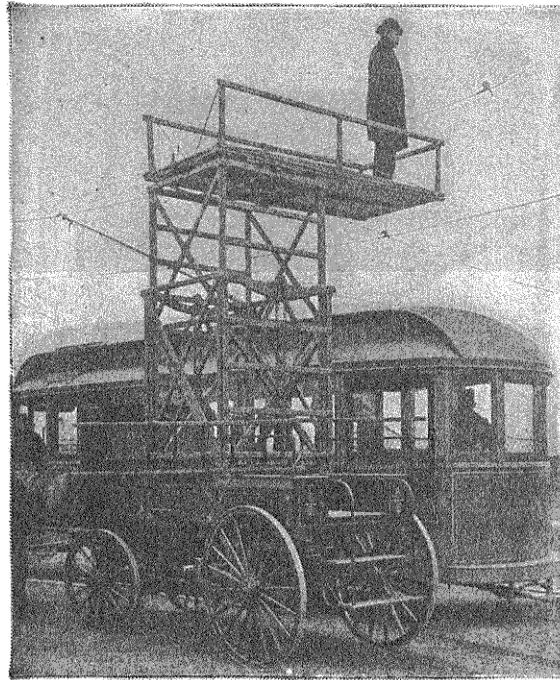


Fig. 388. — Voiture Trenton à hauteur variable.

clinaison des montants est obtenue au moyen de chaînes actionnées par un petit treuil.

Nous avons vu à propos des poteaux qu'il pouvait être commode d'utiliser une voiture-échelle suffisamment résistante et munie d'une grue pour leur mise en place dans les trous.

A cet égard la voiture-échelle représentée sur la figure 387 remplit parfaitement le but.

Sa construction est extrêmement robuste; une forte poutre constitue la volée de la grue; à l'avant du chariot se trouve placé un treuil à tambour qui permet à deux hommes de soulever une charge d'une tonne.

On utilise également, au cours des opérations de montage des lignes aériennes, les échelles extensibles, montées sur roues, dont il est fait un usage courant dans les corps de sapeurs-pompiers (fig. 391).

Ces échelles à coulisses permettent d'accéder à des points où l'on ne peut songer à faire venir une voiture de montage.

Les échelles simples à coulisse sont aussi d'un emploi très courant. Elles constituent le seul moyen de montage des lignes aériennes lorsque l'état des lieux s'oppose d'une manière absolue à l'emploi des voitures de montage ou des échelles roulantes.

b) Dévidoirs. — On reçoit généralement le fil de trolley enroulé sur des bobines en bois. La longueur ainsi enroulée n'est jamais inférieure

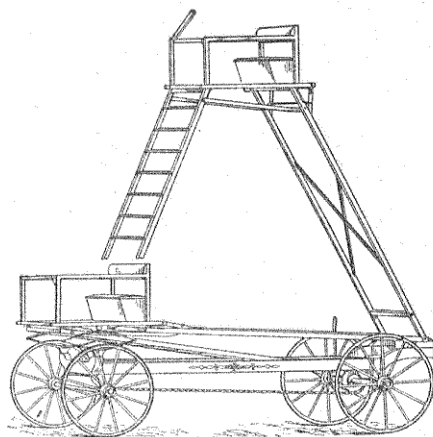


Fig. 389. — Voiture-échelle pliante.

à 500 mètres et ne dépasse guère 800 mètres. Il y a intérêt, en effet, à réduire au minimum le nombre des raccords de fil de trolley ; d'autre part on se trouve limité par les conditions de poids et d'encombrement. Le déroulement de ce fil s'effectue au moyen d'appareils spéciaux appelés *dévidoirs*.

Un bon dévidoir doit permettre de dérouler simultanément deux bobines de fil de trolley lorsque la ligne aérienne comprend deux fils parallèles. La mise en place des bobines et leur enlèvement doivent se faire très facilement. La tension du fil que l'on déroule doit pouvoir être facilement réglée au moyen de freins puissants. Il est nécessaire que ces derniers soient capables de bloquer la bobine lorsqu'on arrête le dévidoir.

Les dévidoirs sont souvent constitués par des appareils grossiers que l'on improvise sur les chantiers. On peut prendre un camion ordinaire sur lequel on installe une sorte de bâti pour les bobines. Ce bâti est

facilement construit avec des madriers que l'on entretoise convenablement (fig. 392).

Les deux bobines peuvent être placées l'une après l'autre.

La partie la plus délicate réside dans le frein. La meilleure solution

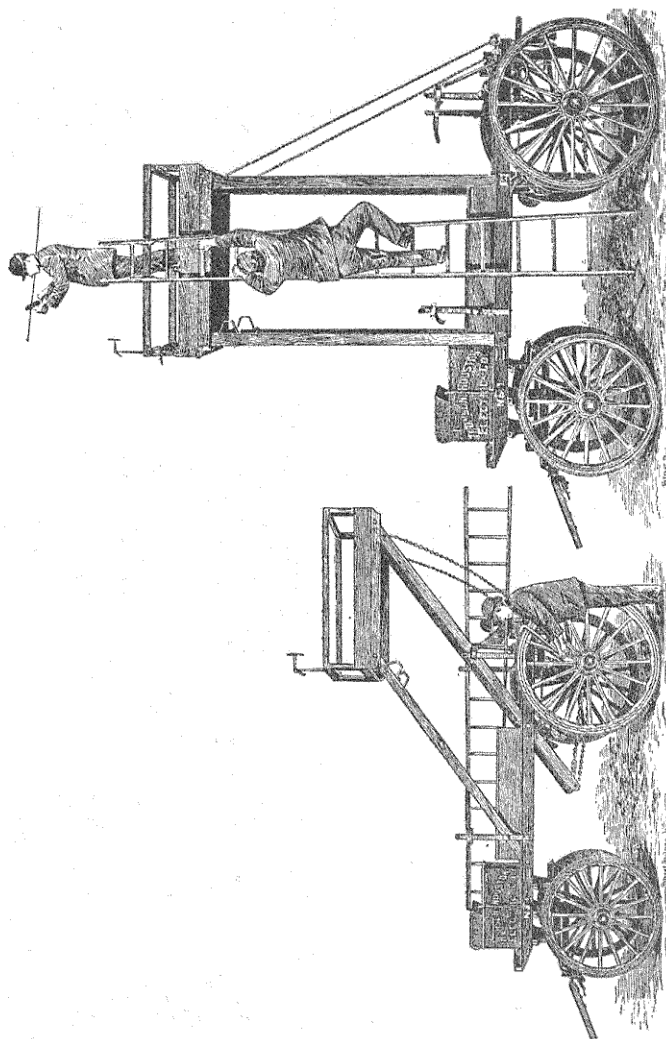


Fig. 390. — Voiture de montage à hauteur variable.

consiste dans l'emploi du frein à ruban agissant sur une poulie calée sur l'arbre de la bobine.

Disons en passant que les bobines ne sont pas livrées avec un axe, elles portent simplement un trou carré dans lequel on enfle l'axe du

dévidoir qui est pourvu en son milieu d'une portée carrée correspondante.

L'inconvénient des dévidoirs montés sur camion réside dans la diffi-

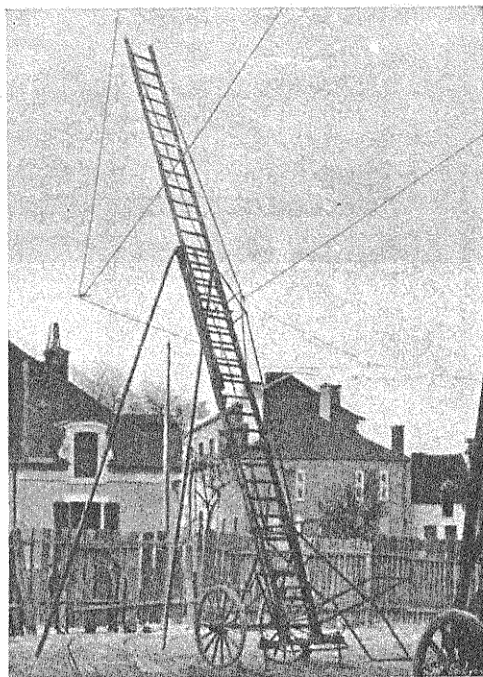


Fig. 391. — Échelle roulante extensible.

culté que l'on éprouve à mettre en place les bobines, qui pèsent de 400 à 500 kilogrammes.

Nous avons eu l'occasion d'employer un dévidoir, d'un modèle tout

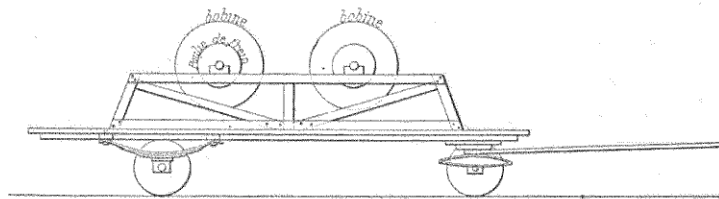


Fig. 392. — Dévidoir sur camion.

différent, dans lequel cet inconvénient était pour ainsi dire complètement supprimé.

Avant tout, ce dévidoir ne comporte aucun camion. Il se compose de deux trains mobiles autour d'un crochet d'attelage, à la façon d'une pièce d'artillerie. Toutefois, ces trains se réduisent ici aux roues, à leurs essieux et à la carrosserie la plus simple qu'il soit possible de trouver pour les maintenir en place (fig. 393).

Pour introduire une bobine, on enlève la roue opposée à la poulie de frein; on enfle ensuite la bobine sur l'essieu dont le corps a une section carrée. Cette opération est des plus faciles puisque l'essieu n'est guère plus élevé que le trou carré de la bobine. On remet ensuite en

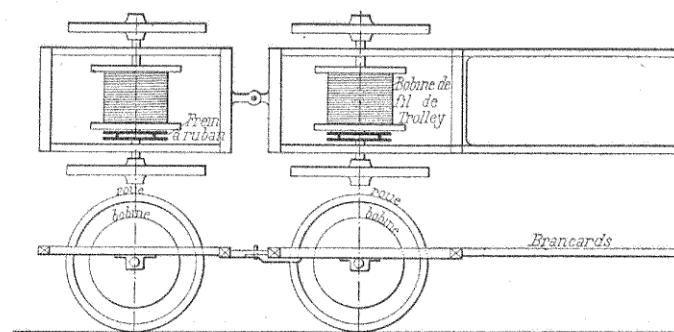


Fig. 393. — Autre type de dévidoir.

place la roue et l'on enfonce dans l'essieu la clavette qui la maintient en place.

On exécute la même opération pour le second train que l'on assemble ensuite avec le premier. L'avant-train porte des brancards permettant d'atteler un cheval qui est suffisant dans la plupart des cas pour opérer le déroulement des fils.

Lorsque la pente est très forte ou lorsque le terrain est très mauvais il est indispensable d'avoir recours à un cheval de renfort que l'on attelle devant le premier.

c) **Outillage de pose de ligne aérienne.** — Le montage d'une ligne aérienne nécessite un certain nombre d'outils et d'engins spéciaux.

Celui dont on fait usage le plus fréquemment est le *crampon* que les Anglais et les Américains appellent le *clamp* (fig. 394-397) et qui sert à tendre les fils de trolley.

Le crampon se compose essentiellement de deux plaques d'acier que l'on peut appliquer fortement l'une contre l'autre au moyen de plusieurs vis. L'une des plaques porte un crochet ou mieux un anneau.

Les deux plaques sont échancrées suivant une ou deux rainures de manière à pouvoir pincer le fil de trolley sans l'abîmer.

Lorsque les vis sont convenablement serrées, on peut exercer sur l'anneau un effort de traction de plusieurs centaines de kilogrammes, de manière à donner à la ligne aérienne le degré de tension voulu.

Il est indispensable d'avoir à sa disposition un grand nombre de crampons, car on est amené à en abandonner provisoirement une assez grande quantité le long de la ligne aérienne, dans toutes les parties qui ne sont pas complètement terminées.

Lorsque l'on a à exercer sur le fil de trolley des efforts de tension relativement faibles (par exemple lorsque l'on veut faire pénétrer le

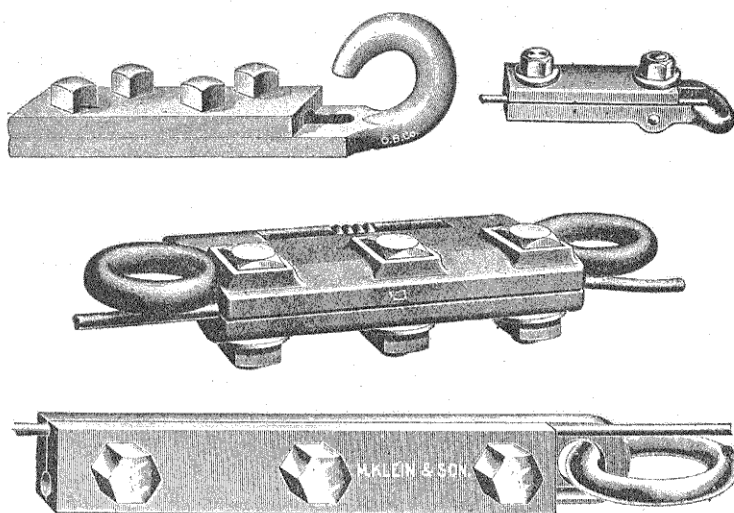


Fig. 394, 395, 396 et 397. — Crampons (Clamps).

fil dans les oreilles des isolateurs) on peut avantageusement faire usage de crampons dans lesquels le serrage est obtenu par le fait même de l'effort longitudinal exercé sur le fil lui-même. Tous ces appareils sont basés sur la rotation d'une mâchoire excentrée qui coince le fil ; cette rotation est obtenue par le fait même de la tension exercée sur la corde fixée à l'appareil (fig. 398 et 399).

Lorsque l'on a à faire des jonctions de fils de trolley, on peut faire usage de l'outil représenté sur la figure 400 ; cet outil se compose de deux paires de mâchoires pouvant coulisser le long de deux tubes de guidage. Une tige filetée à ses deux extrémités, dans deux sens différents, permet de rapprocher ou d'éloigner les deux mâchoires sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à aucun cliquet ou appareil d'arrêt pour les immobiliser.

Cet appareil est certainement très commode mais il a l'inconvénient

d'être un peu délicat et de résister assez mal aux très fortes tensions qui se produisent parfois sur les lignes aériennes.

On peut construire soi-même un appareil qui est peut-être moins

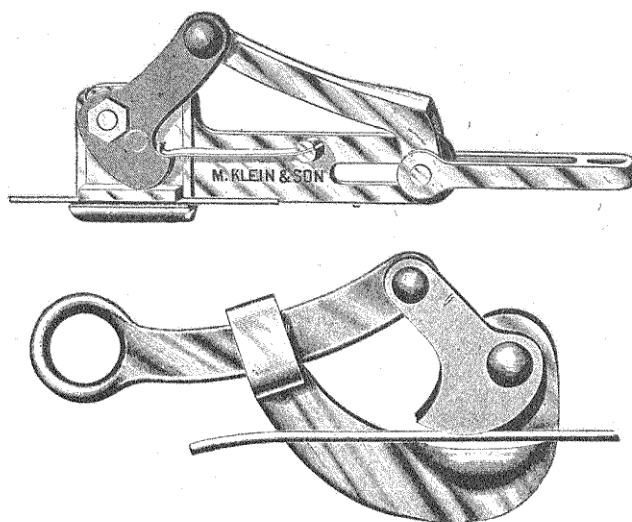


Fig. 398 et 399. — Crampons à serrage automatique.

commode à manier, mais qui est certainement plus résistant. Il suffit pour cela de forger deux pièces en forme de balancier (fig. 401 et 402). Au centre de ces balanciers on dispose une plaque que l'on peut

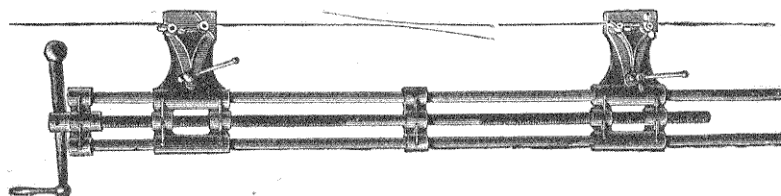


Fig. 400. — Outil pour raccorder les fils de trolley.

serrer avec des boulons. Cette plaque joue le rôle du *clamp* dont on se sert couramment pour tendre le fil. Dans ce but, on ménage dans les deux pièces en contact la rainure nécessaire pour éviter l'écrasement du fil.

Les extrémités des deux balanciers sont terminées par des crochets. On réunit les deux extrémités de ces balanciers au moyen de tendeurs ou de palans. En agissant sur les deux palans simultanément on rapproche ou on éloigne les deux balanciers. Comme le fil est pincé au

milieu de chacun de ces balanciers, on comprend facilement que l'on puisse rapprocher les deux brins du fil que l'on veut assembler.

Il est bon que les balanciers ne soient pas trop courts, afin qu'il soit possible de travailler commodément entre les deux palans. Il ne faut

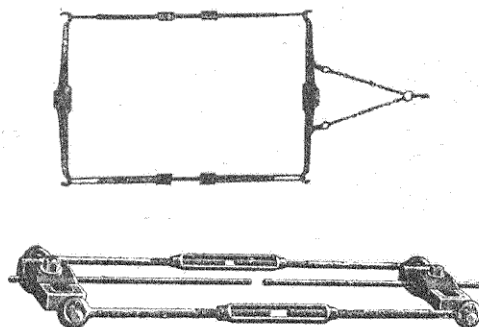


Fig. 401 et 402. — Outils pour raccorder les fils de trolley.

pas non plus qu'ils soient trop longs parce que le moment de flexion qui se produirait pendant la tension serait exagéré et nécessiterait une trop grande section du métal.

Dans un grand nombre de cas, on ne fait usage d'aucun appareil spécial pour jonctionner les fils de trolley. On se contente d'employer un fort palan agissant sur les deux fils à réunir au moyen de deux crampons.

La figure 403 représente un outil qui permet de mettre facilement en

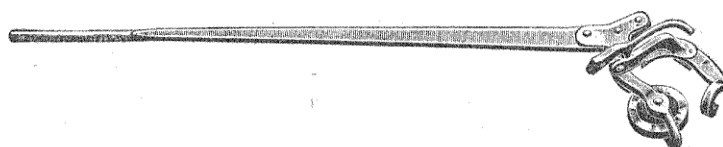


Fig. 403. — Outil pour la mise en place des isolateurs à crochets.

place les isolateurs qui se fixent sur les fils transversaux au moyen de crochets, sans qu'il soit nécessaire de les sectionner.

Lorsqu'il s'agit de faire des ligatures en forme de torsade, l'outil que l'on voit sur la figure 404 peut être avantageusement utilisé. On place la boucle sur le fil qui doit rester rectiligne et on agit sur le manche de l'outil de manière à entraîner la partie qui doit être repliée en torsade autour de la première partie du fil.

On obtient assez facilement le même résultat en faisant usage d'une pince à gaz d'assez grandes dimensions (fig. 405).

Lorsque l'on a à couper des fils de trolley ou des fils transversaux, on se sert de cisailles américaines qui ont une très grande puissance.

Les fers à souder ordinaires font également partie de l'outillage du monteur de lignes aériennes. Pour la soudure des oreilles, on fabrique



Fig. 404. — Outil pour faire les torsades.

des fers pourvus d'une rainure qui embrassent le fil. La rainure est suivie de près par deux pans coupés de manière à rendre le fil bien accessible (fig. 406).

Dans certains cas, il est avantageux de faire des soudures à la cuiller.



Fig. 405. — Pince à gaz.

Dans ce cas, un petit réchaud doit être joint à l'outillage précédent.

Il y a également des circonstances où l'on est amené à faire usage des lampes à souder.

Enfin, il est bon de posséder plusieurs mouffles, car on en fait un



Fig. 406. — Fer à souder pour fil de trolley.

fréquent usage pendant le montage des lignes aériennes.

L'outillage strictement indispensable pour monter une ligne aérienne peut être choisi ainsi qu'il suit :

- 1 dévidoir ;
- 1 voiture de montage ;
- 1 échelle à coulisse ;
- 1 appareil tendeur pour faire les jonctions de fils ;
- 30 crampons (clamps) ;
- 2 crampons à excentriques se serrant par tension de la corde ;
- 3 mouffles à cordes ;
- 6 cordages à main ;
- 2 fers à souder (inutiles si l'on soude à la cuiller) ;
- 1 réchaud au charbon de bois pour les fers ;
- 1 soufflet ;

- 1 marmite à fondre ;
- 1 cuiller à fondre ;
- 1 bouteille en plomb pour esprit de sel ;
- Soudures, bougies, sel ammoniac ;
- 1 cuvette en tôle pour ramasser les soudures qui tombent pendant le soudage ;
- 1 lampe à souder ;
- 1 cisaille américaine ;
- 1 pince coupante ;
- 2 pinces universelles ;
- 2 pinces à gaz ;
- 3 marteaux ;
- 2 burins ;
- 2 bédanes ;
- 2 poinçons ;
- 1 lime demi-ronde bâtarde de 12 pouces ;
- 1 lime plate à main demi-douce de 12 pouces ;
- 1 scie à métaux ;
- 2 clefs à molettes de 30 ;
- 2 clefs à molettes de 25 ;
- 1 vilebrequin avec mèches ;
- Vrilles ;
- 1 tournevis ;
- 1 ciseau à bois ;
- 2 maillets ;
- 1 appareil à percer les poteaux ;
- 1 cliquet ;
- 1 décamètre ;
- 1 étau à griffes ;
- 1 étau à main ;
- 1 seau ;
- 1 burette à huile ;
- 1 cisaille de ferblantier ;
- 1 cordeau ;
- 1 fil à plomb ;
- 1 scie à main égoïne ;
- 1 serpe d'élagueur ;
- 1 pot à peinture ;
- 1 pinceau ;
- Toile émeri ;
- 1 chevalet de réglage (quand il s'agit d'une ligne à archet) ;
- 1 appareil redresseur (pour les lignes où l'on emploie le fil au lieu du câble pour fils transversaux).

La serpe d'élagueur est indispensable, car on se trouve souvent dans l'obligation de faire disparaître des branches gênantes, bien que l'élagage proprement dit soit habituellement fait par les soins de l'administration des ponts et chaussées, s'il s'agit d'une ligne construite en France.

Une seconde voiture de montage est presque indispensable pour le montage d'une ligne un peu importante.

On peut également ajouter à l'outillage précédent un dynamomètre permettant d'évaluer la tension de la ligne (fig. 407). Toutefois, à

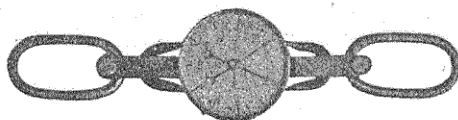


Fig. 407. — Dynamomètre pour ligne aérienne.

notre avis, l'œil exercé d'un homme du métier vaut mieux que tous les instruments les plus perfectionnés.

§ 2. — OPÉRATIONS DE MONTAGE D'UNE LIGNE AÉRIENNE

a) **Pose des consoles.** — Il est prudent de ne commencer le montage d'une ligne aérienne qu'après s'être assuré que les poteaux tiennent suffisamment bien. Lorsque ces derniers sont scellés à la chaux, il faut attendre pendant douze ou quinze jours si l'on ne veut pas avoir de mécomptes au moment de la tension de la ligne. Dans le cas du scellement au ciment de laitier ou, ce qui vaut mieux encore, au ciment de Portland, on peut commencer les opérations de montage au bout de cinq à six jours.

Il est du reste facile de s'assurer que le scellement d'un poteau est suffisant. En cherchant à l'ébranler à la main par des poussées rythmées, on voit parfaitement la base se desceller si le béton n'a pas suffisamment fait prise. Il ne faut pas, bien entendu, abuser de ce procédé; si on l'étendait à tous les poteaux avant que la prise ne soit suffisante, le seul résultat obtenu serait le descellement général.

Lorsque l'on estime que la solidité des poteaux est suffisante, on peut commencer sans retard le montage des consoles. On en profite pour mettre préalablement en place les parties décoratives du poteau. Les embases sont généralement en deux pièces et peuvent se mettre en place après coup. Par contre, les bagues décoratives doivent s'enfiler par le sommet du poteau. De même, la pièce décorative qui s'enfonce à la partie supérieure du poteau doit être placée en même temps

que la console, afin d'éviter une main-d'œuvre supplémentaire qui augmente bien inutilement le prix de revient de la ligne.

Le montage des consoles et des pièces décoratives s'effectue au moyen de la voiture de montage.

On répartit préalablement les différentes consoles au pied de chaque poteau au moyen d'un camion que l'on fait passer peu de temps avant la voiture-échelle. Il ne faut pas déposer ces différentes pièces trop à l'avance, afin de ne pas s'exposer aux réclamations des habitants ; on peut, de plus, avoir des pièces faussées ou brisées par les enfants ou par les chiffonniers, qui font volontiers main-basse sur les pièces métalliques qu'ils trouvent sur la voie publique. De plus, le dépôt de pièces sur les trottoirs peut rendre obligatoire leur éclairage lorsqu'elles sont susceptibles de causer des accidents.

Lorsque la voiture-échelle arrive devant un poteau, on accroche un palan au sommet du poteau, ce qui est facile puisque la tête du poteau n'est pas encore en place. Il suffit, en effet, de fixer le crochet du palan sur la tranche du tube supérieur.

On agit alors sur le palan et la console est amenée au niveau qu'elle doit occuper. Les ouvriers placés sur la plate-forme supérieure l'appliquent sur le poteau et mettent en place les demi-colliers s'il s'agit d'une console en fonte. On serre ensuite les boulons réunissant les demi-colliers mobiles aux demi-colliers des consoles après s'être assuré que le tube-console est bien à la hauteur voulue.

Pour cela, on fait pendre un fil à plomb de la longueur fixée par les règlements et qui est de 7 m. 50 pour les environs de Paris. Il faut avoir soin de placer son extrémité à l'emplacement du tube qu'occuperont les isolateurs, car le bombement de la chaussée pourrait conduire à des erreurs si l'on mesurait la hauteur en un point quelconque du tube-console.

Lorsque cette hauteur est bien déterminée, on serre à fond les différents écrous maintenant en place la console et le tube-console.

On enfonce ensuite, à coups de marteau, le bouchon en fonte qui sert d'ornement à l'extrémité du tube-console.

Il est indispensable que ce bouchon soit solidement enfoncé, car sous l'influence des vibrations transmises à la console par le passage des trolleys, le bouchon pourrait tomber sur la chaussée et occasionner, au moment de sa chute, de graves accidents.

Lorsqu'il s'agit de consoles en acier composées de colliers et de tubes droits ou cintrés, on commence par mettre en place le collier inférieur, puis le collier supérieur. On vient ensuite emboîter le tube console et le tube cintré formant contre-fiche dans les trous des colliers qui leur sont destinés. Lorsque le réglage en hauteur est terminé, on serre à fond toutes les vis de pression maintenant les tubes dans les colliers.

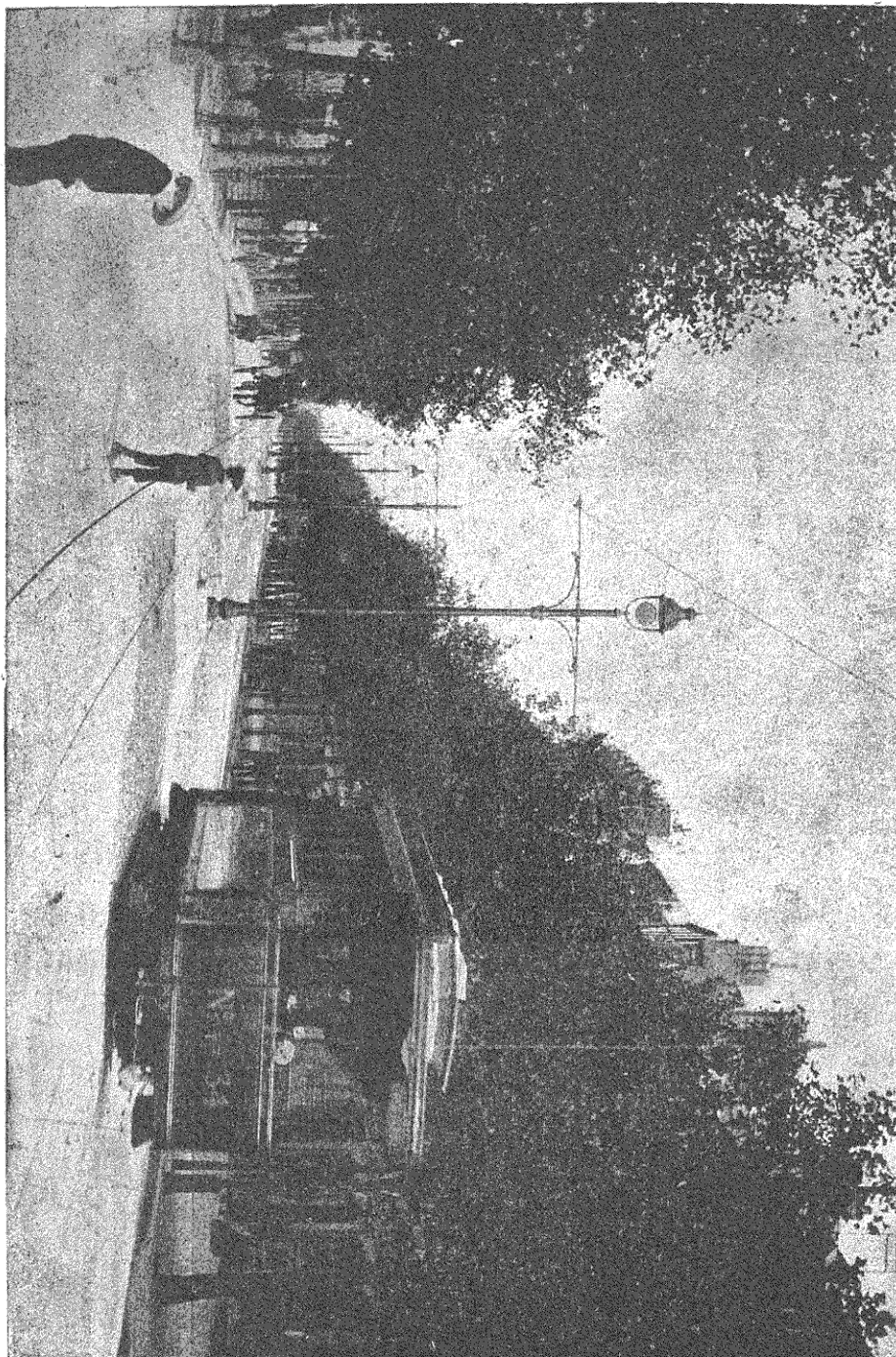


Fig. 408. — Ligne aérienne axiale sur consoles doubles.

Avant de quitter le poteau, on met en place la pièce décorative formant la tête.

Il est également avantageux de fixer en même temps sur les consoles les isolateurs dépourvus d'oreilles qui serviront à soutenir le fil de trolley.

Lorsqu'il s'agit de clochettes, l'opération est des plus simples et doit absolument avoir lieu en même temps que le montage de la console.

Dans le cas où l'on fait usage de la suspension élastique, qui est d'un montage beaucoup plus long, il peut être avantageux d'avoir une seconde voiture de montage suivant la première avec une équipe chargée uniquement de la mise en place des isolateurs.

Lorsque l'on fait usage des fils transversaux, on prépare d'abord ces derniers au niveau du sol et on ne les met en place que lorsque toutes les ligatures sont terminées. On se rend compte aisément, en opérant au niveau du sol, du désaxement que l'on donne au fil de trolley par rapport à la voie. On intercale les isolateurs à deux branches, les boules isolantes et les brooklyns. Lorsque toute cette besogne préparatoire est terminée, on fixe l'une des extrémités du fil au boulon du collier de l'un des poteaux et l'on opère ensuite de même pour le côté du fil portant le brooklyn ou le tendeur.

Ces opérations peuvent, à la rigueur, s'effectuer avec une simple échelle, grâce au tendeur qui permet de travailler sur un fil médiocrement tendu. Avant de quitter l'échelle, on visse à fond le brooklyn de manière à obtenir une tension convenable du fil transversal.

Lorsqu'on fait usage d'isolateurs à crochets, la pose est encore plus simple, puisqu'ils ne se mettent en place que lorsque le fil transversal est déjà monté.

Les fils transversaux, que l'on emploie dans les courbes, se préparent d'avance de la même manière. Leur installation est fort simple quand il s'agit de lignes désaxées, mais il n'en est pas de même pour les lignes axiales, où l'on se trouve dans l'obligation de constituer un polygone ne s'écartant pas de l'axe de la voie.

La régularité du fonctionnement des trolleys dépend alors uniquement du soin apporté dans l'installation de ces fils transversaux.

Lorsque tous les isolateurs sont mis en place, on peut commencer à dérouler les fils du trolley. Les oreilles ne se visseront dans les isolateurs que lorsque le fil aura été tendu.

b) Déroulement des fils de trolley. — Avant de procéder à l'opération du déroulement, il faut commencer par amarrer les fils sur les poteaux d'ancrage. Le mieux est de réaliser tout de suite la disposition que nous avons indiquée à propos des terminus de lignes. On attache l'extrémité des deux fils sur le dispositif d'amarrage provisoire ou défi-

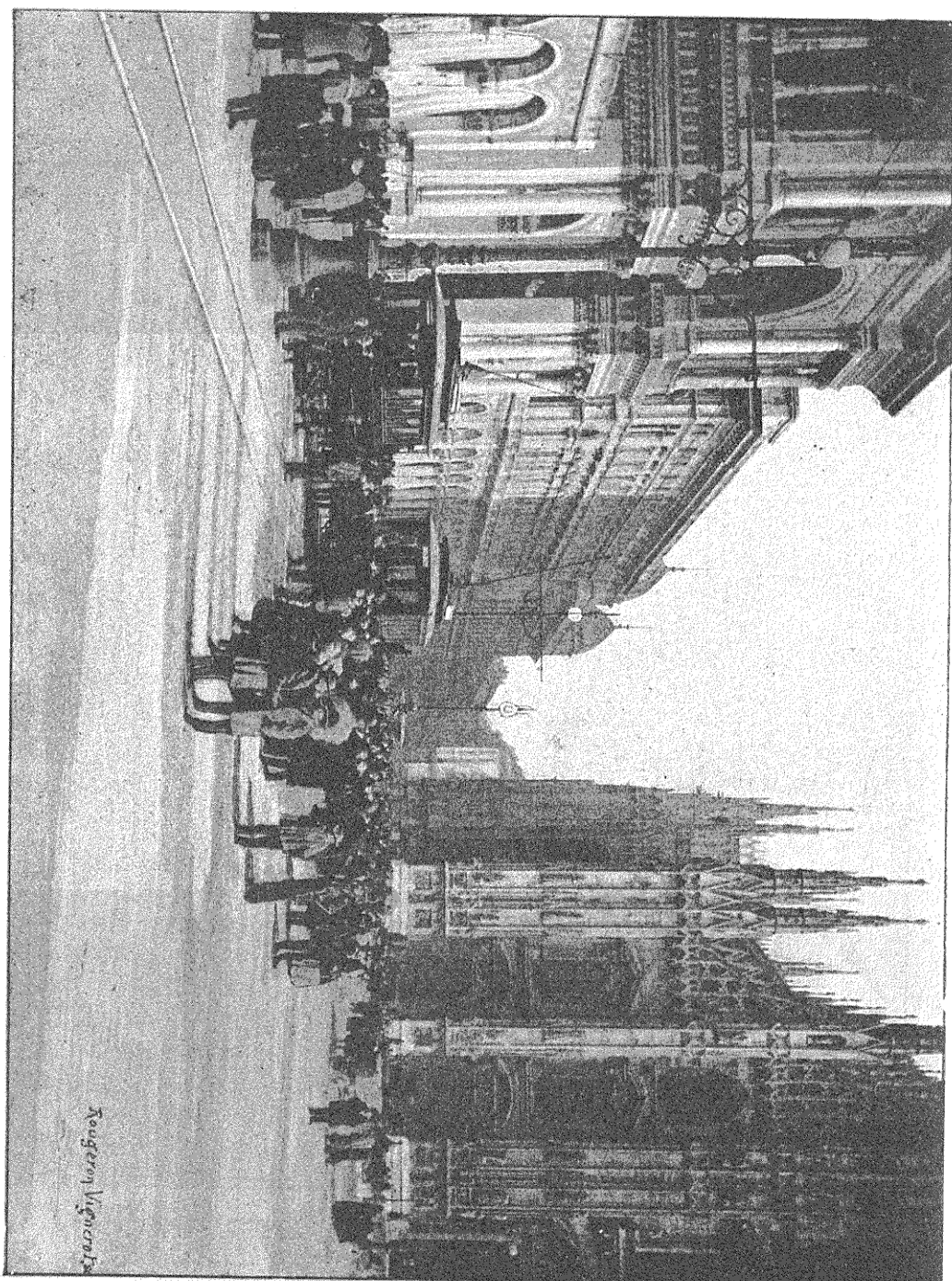


Fig. 409. — Ligne aérienne axiale sur consoles doubles (Place du Dôme, Milan).

nitif et on commence ensuite le déroulement en faisant avancer lentement le cheval attelé au dévidoir. Lorsqu'on a dépassé la première console d'une certaine longueur, on prend les dispositions nécessaires

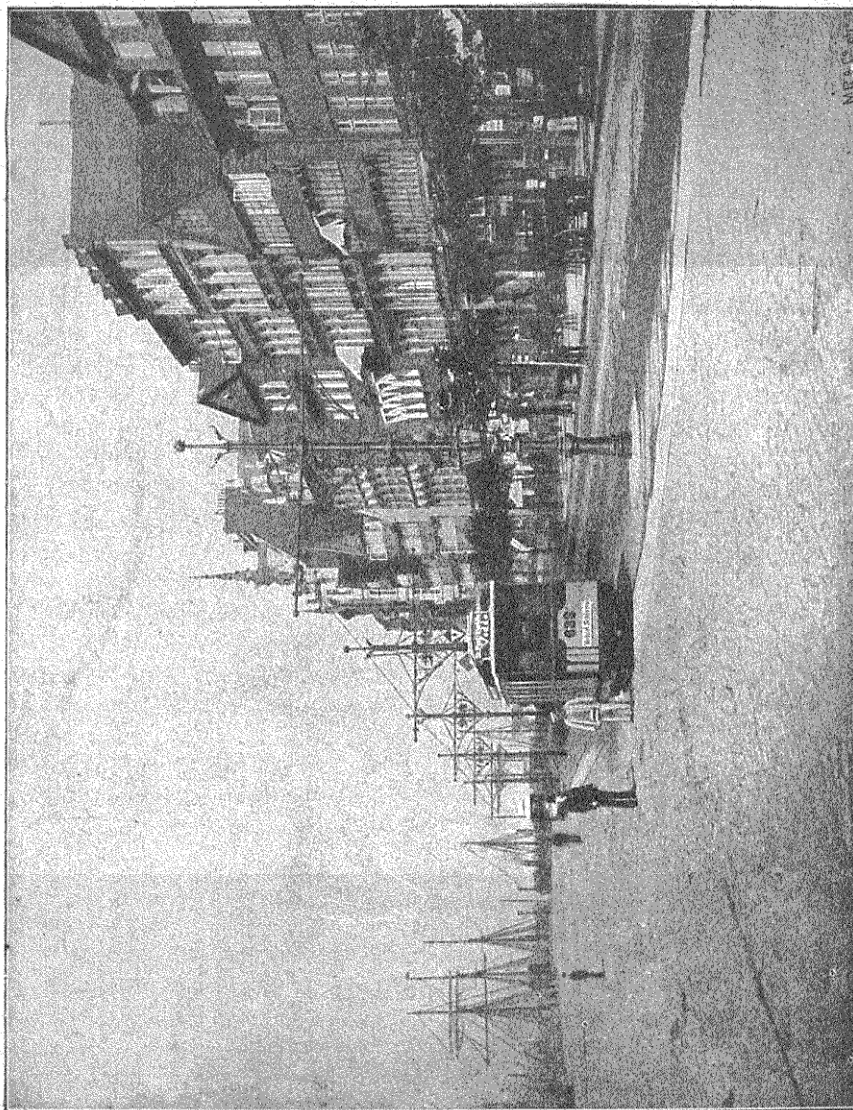


Fig. 410. — Ligne aérienne sur consoles doubles (Quais de Hambourg).

pour attacher les fils à cette console. On fait venir la voiture-échelle et, au moyen de cordes, on relève les deux fils qui traînent par terre ; on les fait ensuite reposer sur les garde-corps de la voiture-échelle.

On attache aux isolateurs, dépourvus d'oreilles, des boucles en gros fil de fer qui servent à suspendre provisoirement les fils de trolley.

A partir de ce moment, la voiture-échelle suivra constamment le

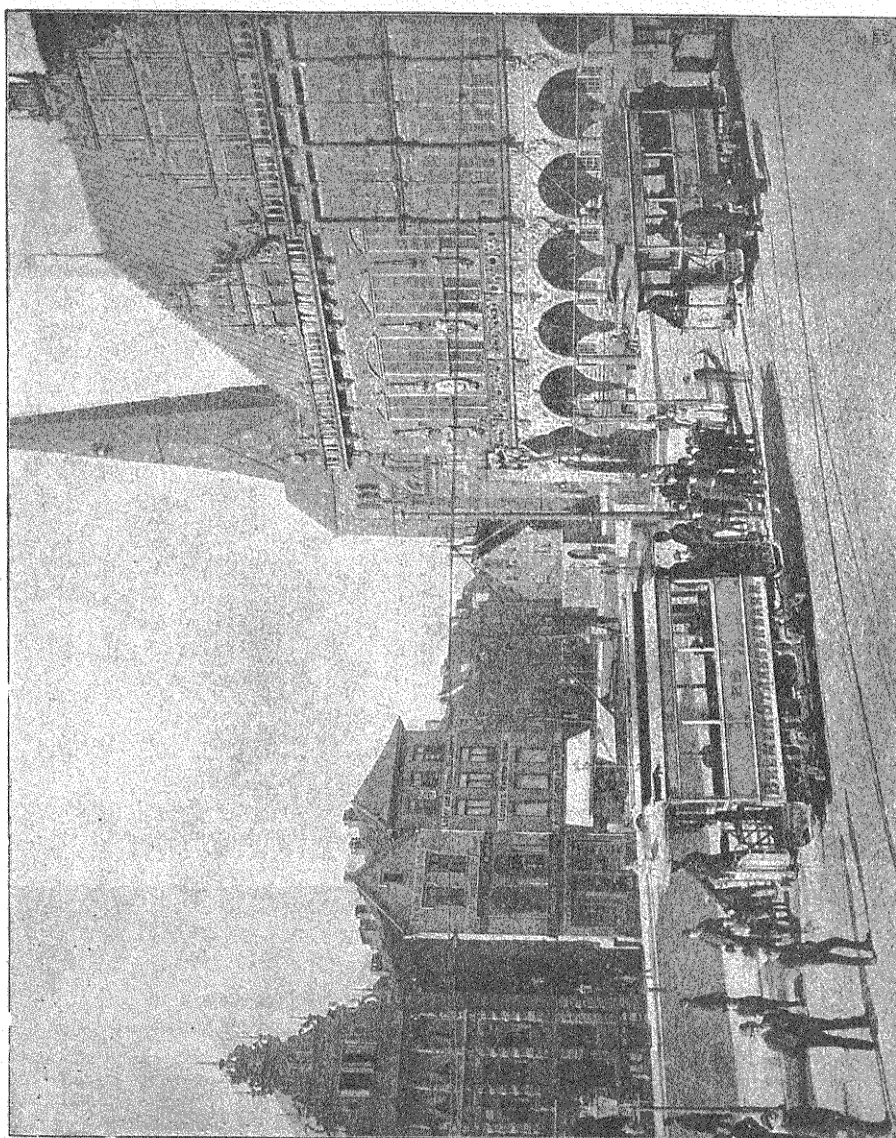


Fig. 410 bis. — Ligne aérienne sur fils transversaux (Place de l'Hôtel-de-Ville, Brème).

dévidoir à une trentaine de mètres en arrière, les fils glissant toujours sur les balustrades. A chaque console, on placera des crochets provisoires en fil de fer qui soutiendront le fil de trolley.

Pendant cette opération il est très important qu'il y ait constamment un homme au frein de chacune des deux bobines. Le frein permet

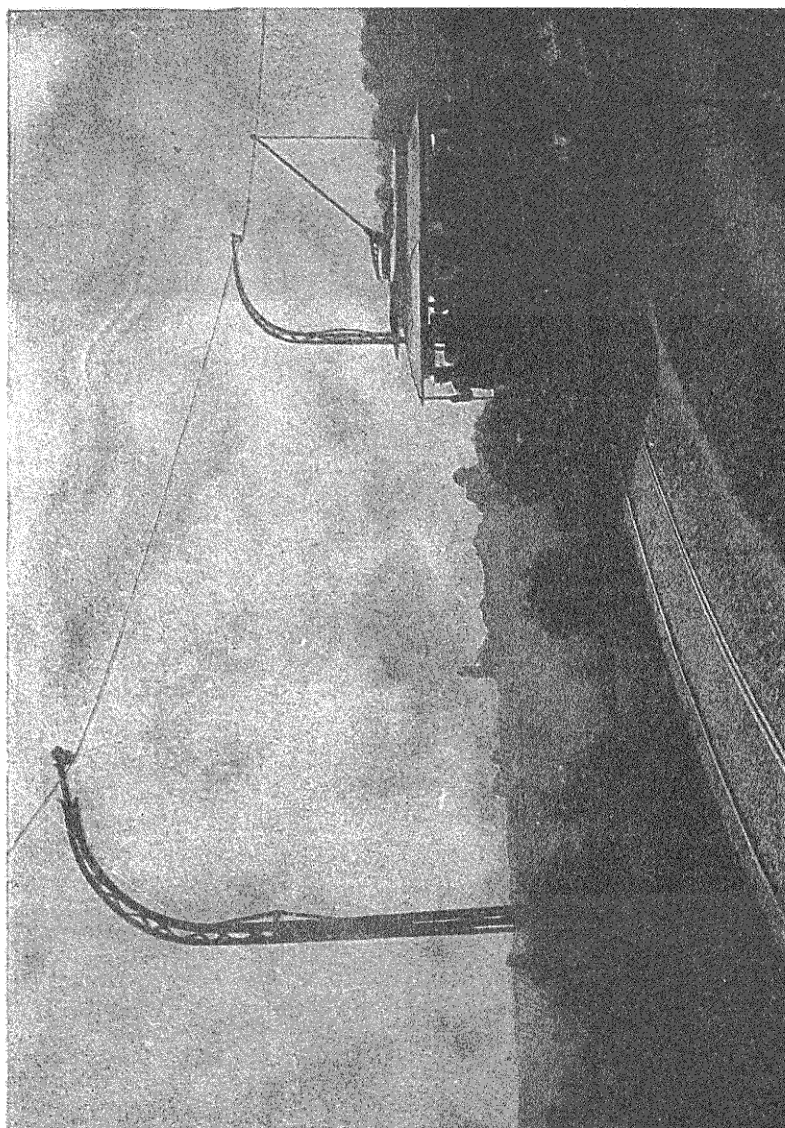


Fig. 410 lev. — Ligne aérienne sur poteaux courbes en treillis.

d'éviter que les bobines ne tournent avec une vitesse folle, même lorsque le dévidoir est arrêté. Il permet aussi de donner une première tension aux fils de trolley.

Cette tension est légère, bien entendu, car les flèches entre les poteaux sont alors considérables. Lorsque la vitesse de déroulement n'est pas régulière il se produit sur le fil des bosses qui sont difficiles

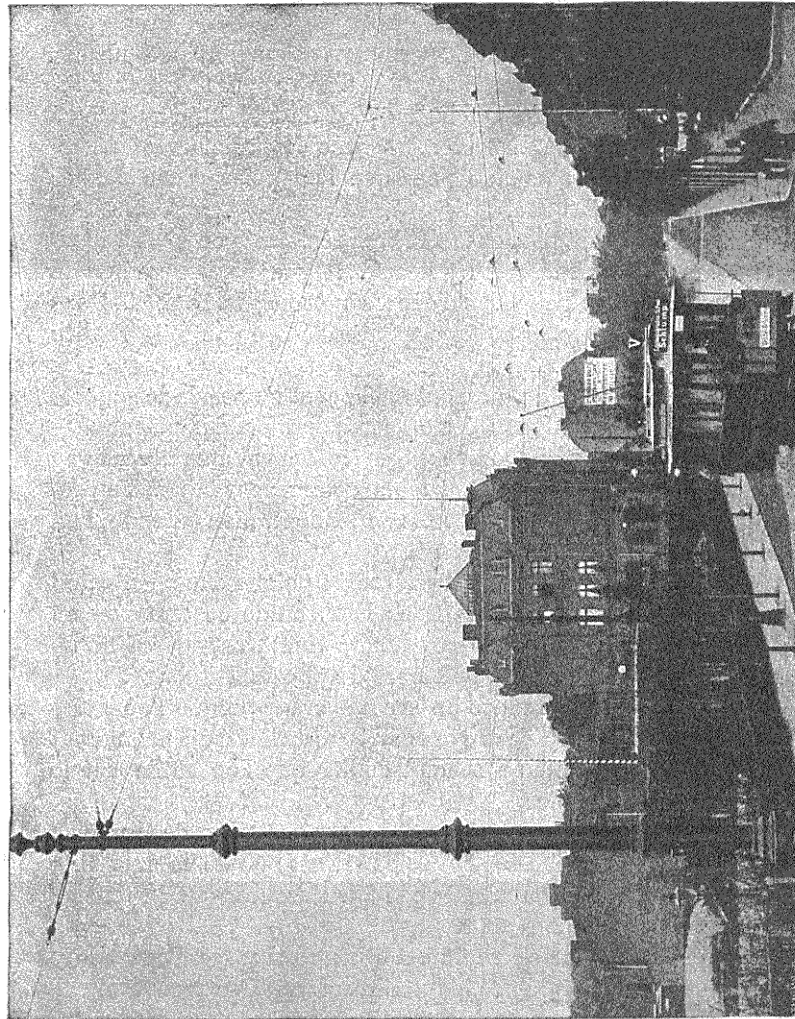


Fig. 411. — Ligne aérienne axiale sur fils transversaux.

à faire disparaître dans la suite. Il peut même se produire des coques pouvant entraîner la rupture.

Lorsqu'on a déroulé 500 à 600 mètres il faut procéder à la tension de la partie déroulée avant de faire avancer de nouveau le dévidoir.

Pour pouvoir tendre les fils, il faut, avant tout, avoir à sa disposition un point d'appui solide. On ne peut utiliser, dans ce but, un poteau de

la ligne, parce qu'il céderait fatalement sous l'effort considérable qu'il aurait à supporter.

Bien souvent, cependant, on ne peut utiliser d'autres points d'appui que les poteaux. On n'a alors d'autre ressource que de les haubanner provisoirement.

On réunit la tête du poteau sur lequel on veut amarrer la ligne à la tête du poteau suivant au moyen d'un câble d'acier pour fil transversal. On réunit la tête de ce second poteau au pied du troisième au moyen d'un autre câble d'acier. On obtient alors avec le premier poteau un point d'appui suffisamment solide pour que l'on puisse sans danger effectuer la tension de la ligne.

Lorsque les routes sont pourvues d'arbres résistants on peut utiliser ces derniers pour haubanner les poteaux. Il y a seulement lieu de prendre des précautions pour que l'écorce ne soit pas abîmée. Dans ce but, on interpose entre le câble d'acier et l'arbre une toile repliée plusieurs fois.

Quand le terrain est solide, on peut également se servir de piquets fortement enfoncés pour attacher les câbles de renfort des poteaux.

Lorsque le poteau sur lequel on veut provisoirement amarrer la ligne est suffisamment consolidé, on peut alors commencer la tension proprement dite des fils de trolley. Ces fils se tendent, bien entendu, l'un après l'autre et non pas simultanément.

A une dizaine de mètres avant d'arriver au poteau d'amarrage, on serre sur le fil un crampon (clamp). Dans l'anneau de ce crampon on passe un câble d'acier dont l'autre extrémité vient s'engager dans un collier que l'on place à la partie supérieure du poteau d'ancrage.

Sur le câble métallique on place un second crampon que l'on serre énergiquement. On engage dans l'anneau le crochet d'un palan dont l'autre crochet est fixé à un second collier que l'on enfle sur le poteau au-dessus du premier.

On agit alors régulièrement et sans secousse sur la corde du palan et l'on voit la ligne se tendre peu à peu. Il est bon de la surveiller pendant toute cette opération afin de pouvoir s'assurer que la tension est régulière sur toute la longueur.

Lorsque le degré de tension voulu est obtenu on cesse d'agir sur le palan et on tend à la main la partie du fil d'acier qui se trouve située au delà du crampon d'attache du palan. On fait la ligature nécessaire autour du collier du poteau et l'on détend ensuite tout doucement le palan ; à partir de ce moment l'effort qu'il supportait se trouve totalement reporté sur le fil d'acier. On peut donc enlever le clamp du fil d'acier ainsi que le collier sur lequel on a frappé le palan. Le fil se trouve alors tendu d'une manière définitive.

On reproduit la même opération pour le second fil en le munissant



Fig. 441 bis. — Ligne acheminée à archet.

également d'un crampon et on fait l'amarrage sur le poteau au moyen d'un autre fil d'acier.

On a construit des dynamomètres que l'on peut intercaler entre le moufle et le collier lorsqu'on exécute la tension (fig. 407). On peut alors fixer avec précision le degré de tension que l'on désire donner à la ligne aérienne.

Les monteurs exercés ne font cependant presque jamais usage de cet appareil. L'aspect des flèches suffit amplement à les renseigner.

Lorsque les deux fils sont tendus, on peut continuer le déroulement de la ligne ; au bout d'un parcours de même longueur on exécute un second amarrage dans les mêmes conditions. On continue ensuite de la même manière jusqu'au terminus de la ligne.

c) **Mise en place des oreilles.** — Pendant que l'on termine le déroulement de la ligne, une seconde équipe peut très bien commencer la mise en place et la soudure des oreilles sans qu'il soit nécessaire d'attendre le moment où la ligne sera tendue jusqu'au bout. Cela n'est, naturellement, possible que si l'on peut disposer d'une seconde voiture de montage.

On fait avancer la voiture sous la première console et l'on enlève le crochet de fil de fer soutenant provisoirement le fil de trolley sous l'isolateur. Le fil repose alors sur les balustrades de la voiture-échelle. On visse l'oreille sur l'isolateur et l'on soulève ensuite le fil de manière à le faire entrer dans la rainure que porte l'oreille à sa partie inférieure. On rabat ensuite les bords de l'oreille sur le fil au moyen de deux marteaux dont l'un sert simplement d'enclume.

On exécute ensuite la même opération pour le second fil.

Il est très facile de faire entrer le fil dans les oreilles placées en alignement droit, mais il n'en est pas de même dans les courbes. Il est bon, dans ce cas, de ne pas soutenir les fils dans des boucles en fil de fer accrochées à l'isolateur, car cette disposition ne leur assure pas une position fixe par suite du grand effort horizontal. Il vaut mieux appuyer le fil sur le corps de l'isolateur qui sera capable de résister à l'effort horizontal. On peut, de plus, assurer le fil dans cette position en faisant une petite boucle avec du gros fil de fer.

Lorsqu'on fait usage d'oreilles à gorge latérale, l'introduction du fil est beaucoup plus facile mais nécessite toujours, cependant, les efforts de plusieurs hommes.

Lorsque la tension de la ligne est définitive, on peut commencer la soudure des oreilles. Cette opération peut se faire au fer ou à la cuiller. Le premier procédé semble préférable en ce sens qu'il assure une soudure beaucoup plus régulière que lorsque cette dernière est simplement coulée.

On fait chauffer les fers sur un réchaud au pied de la voiture de montage. Lorsque le fer est convenablement chauffé, on l'étame après

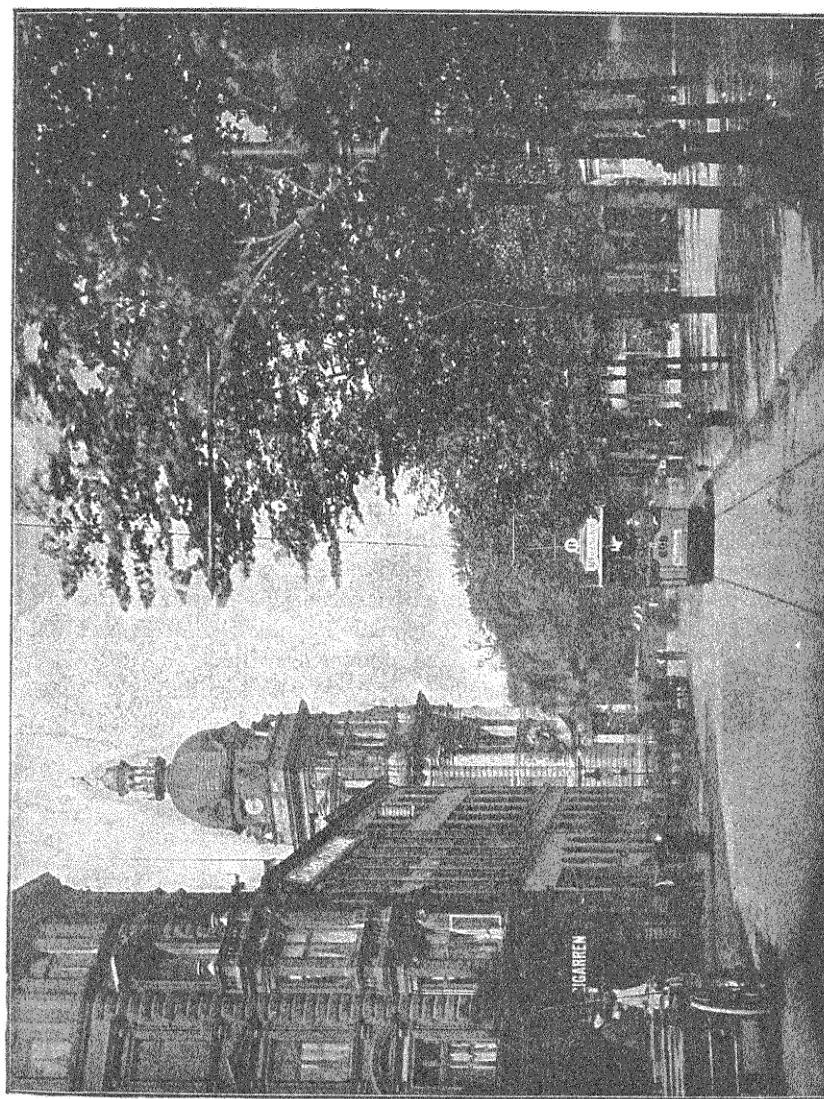


Fig. 411 *ter*. — Ligne aérienne à archet.

l'avoir frotté sur un morceau de sel ammoniac et on le fait monter en haut de la voiture-échelle au moyen d'une petite corde.

On enduit ensuite d'esprit de sel le fil et les bords de l'oreille et l'on

H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

23

appuie le fer sous le fil en engageant ce dernier dans la rainure. On frotte ensuite la partie à étamer avec un morceau d'étain jusqu'à ce que le métal ait pénétré convenablement entre le fil et l'oreille.

Il est nécessaire de n'employer pour ce travail qu'un ouvrier habile et connaissant bien son métier.

Lorsque la soudure est terminée on passe sur le fil et sur l'oreille une éponge imbibée d'eau ordinaire qui refroidit le fil tout en enlevant les dernières traces d'esprit de sel.

On donne ensuite quelques coups de lime sur les bords de l'oreille afin de régulariser le chemin parcouru par la roulette du trolley.

Une bonne précaution consiste à placer sur la plate-forme de la voiture-échelle une cuvette en tôle dans laquelle tombent les gouttes de soudure qui coulent pendant l'opération. On évite ainsi d'abîmer la voiture et l'on peut, de plus, utiliser l'étain qui, sans cette précaution, serait perdu.

d) Raccords de jonction des fils de trolley. — Lorsqu'une bobine de fil de trolley est épuisée, on l'enlève du dévidoir et on la remplace par une bobine pleine. On peut faire une jonction provisoire entre les deux fils au moyen d'un *clamp* à deux rainures.

L'assemblage définitif peut se faire par deux procédés. On peut faire le raccord dans la partie du fil située entre deux poteaux au moyen de *fuseaux de raccord*. On peut aussi raccorder les fils au droit d'une console en se servant d'une oreille spéciale appelée *oreille de jonction*.

Nous allons examiner, d'abord, le premier procédé.

Nous prendrons comme exemple le fuseau de jonction représenté sur les figures 412 et 413. Les deux extrémités des fils de trolley à

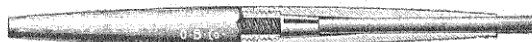


Fig. 412. — Fuseau de jonction à chapeaux coniques.

jonctionner sont coiffées d'une sorte de chapeau portant à l'intérieur des rainures dont la section est en forme de dents de scie. A l'extérieur



Fig. 413. — Coupe d'un fuseau à chapeaux coniques.

ce chapeau est conique ; une section pratiquée suivant un plan passant par l'axe du cône permet à ce chapeau de s'appliquer sur le fil lorsqu'on exerce une pression sur sa surface extérieure.

Cette pression se produit tout naturellement quand on rétablit la tension des fils de trolley. Le chapeau conique s'applique contre les parois internes du fuseau, qui sont également coniques, et les rainures intérieures s'enfoncent dans le fil qui se trouve ainsi pris dans une mâchoire. L'opération de jonction est donc des plus simples puisqu'il suffit d'enfoncer les deux extrémités des fils de trolley dans le fuseau et de rétablir ensuite progressivement la tension des fils en supprimant peu à peu la tension des palans ou en tournant la vis de l'outil serre-fil que nous avons décrit à propos de l'outillage. Un ressort à boudin se trouve parfois intercalé entre les deux chapeaux afin de faciliter l'opération du coincement de ces derniers. Sans ce ressort il peut arriver que les chapeaux coniques ne s'appliquent pas sur les surfaces coniques du fuseau ; le fil est alors exposé à glisser à l'intérieur des mâchoires sans que ces dernières entrent en action. Comme on peut s'en rendre compte, ce système de jonction ne nécessite aucune soudure.

Les fuseaux appartenant au système précédent sont évidemment d'un emploi très pratique, mais ils ne valent pas, à notre avis, les dispositifs dans lesquels la soudure est utilisée. L'opération de jonctionnement est certainement moins rapide, mais le travail est incontestablement plus durable.

Les fuseaux dont on fait alors usage sont pourvus d'un évidement intérieur qui débouche à la surface avant d'avoir atteint le milieu (fig. 414 à 416). On enfonce chacune des extrémités des fils dans les



Fig. 414. — Fuseau à soudure.

deux orifices ; les fils débouchent ensuite par les deux fenêtres. On les coupe quelques centimètres après leur sortie et on recourbe sur la paroi extérieure du fuseau toute la partie qui fait saillie à l'extérieur. On obtient ainsi une sorte de crochet qui empêche le fil de sortir du



Fig. 415 et 416. — Fuseaux à soudure.

fuseau. On procède ensuite au soudage du fuseau en employant le procédé que nous avons indiqué à propos des oreilles.

Certains modèles de fuseaux ne comportent qu'une fenêtre centrale (fig. 416) et sont par suite percés de part en part. On procède de la même façon que pour les fuseaux à deux fenêtres, avec cette différence que les deux fils sortent par une fenêtre unique.

D'autres fois le fuseau porte en plus de la fenêtre centrale une série de fenêtres sur toute sa longueur. Cette disposition a pour but de permettre une meilleure introduction de la soudure, mais, à notre avis, elle présente plus d'inconvénients que d'avantages, car elle affaiblit inutilement le fuseau.

Lorsqu'il s'agit de jonctionner les extrémités de deux fils en 8 on emploie des tubes de jonction et non plus des fuseaux (fig. 417).



Fig. 417. — Tube de jonction pour fil en 8.

Ces tubes ont intérieurement une section très légèrement supérieure à celle du fil. Ils portent à leur partie supérieure une série de vis de pression terminées en pointe qui pénètrent dans le fil. Entre chaque vis se trouve une fenêtre par

laquelle on peut couler la soudure. L'intérieur du tube doit, bien entendu, être préalablement étamé. La partie inférieure présente une paroi aussi mince que possible afin qu'il n'y ait pas de ressauts trop prononcés au passage de la roulette du trolley.

Il existe des pièces de raccord qui découvrent complètement la partie inférieure du fil sur laquelle glisse la roulette. La fixation se fait alors au moyen de rivets qui traversent les fils de part en part (fig. 418).

Nous venons de voir les différents systèmes de fuseaux de jonction



Fig. 418. — Raccord de jonction à rivets pour fil en 8.

qui sont les plus employés. Il nous reste maintenant à indiquer de quelle manière il faut procéder pour les mettre en place.

Les deux fils à réunir bout à bout sont assemblés provisoirement au moyen d'un *clamp* à deux rainures. Le moyen le plus simple pour faire la jonction définitive consiste à exagérer momentanément la tension de la ligne en avant et en arrière du point où l'on veut travailler.

Pour cela on serre sur le fil deux crampons, l'un en avant, l'autre en arrière du point où l'on travaille et au moyen de deux palans, accrochés à un point fixe, on exagère la tension dans les deux sens.

On obtient alors une petite longueur de fil sans tension. On peut donc exécuter commodément les différentes opérations que comporte chaque système de fuseau. On commence par enlever le clamp à deux rainures qui, jusqu'à ce moment, avait maintenu les deux fils assemblés. On les coupe convenablement et on les enfle dans le fuseau ; on fait ensuite la soudure s'il y a lieu. Lorsque l'opération est terminée, on

diminue peu à peu l'effort exercé par les palans et l'on rétablit ainsi la tension continue du fil.

Lorsqu'on dispose d'un appareil spécial dans le genre de ceux que nous avons décrits à propos de l'outillage, il devient inutile de retendre provisoirement la ligne en avant et en arrière. On pince les fils dans les mâchoires qui leur sont destinées après avoir écarté suffisamment les deux pièces portant ces mâchoires. On serre la vis, ou bien on agit sur les deux tendeurs, jusqu'à ce que la tension disparaisse dans la partie des fils comprise entre les deux mâchoires.

On procède alors comme précédemment ; on enlève le clamp et on coupe convenablement les deux fils, après quoi on termine la pose du fuseau. On desserre alors la vis, ou les tendeurs, de manière à reporter peu à peu sur le fuseau l'effort qui avait été supporté temporairement par l'appareil de pose.

Nous allons maintenant examiner le second procédé qui consiste à faire l'assemblage au moyen d'une oreille spéciale, dite oreille de jonction, qui est vissée au boulon isolant d'un isolateur ordinaire.

Certaines de ces oreilles sont basées sur le même principe que les useaux de raccord à chapeaux coniques (fig. 419).

Ces chapeaux fendus jouent le rôle de mâchoires enserrant le fil

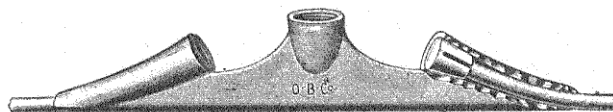


Fig. 419. — Oreille de jonction.

d'autant plus énergiquement que la tension de ce dernier fil est plus forte. L'inconvénient de ce genre d'oreilles réside dans l'affaiblissement produit dans le fil par les gorges en dents de scie que portent les chapeaux sur leur surface intérieure.

Ces mâchoires peuvent entamer le fil au point de compromettre sa solidité.

La figure 420 représente un autre type d'oreille dans lequel les extrémités des fils sont maintenues par des vis de pression. Aux extrémités de l'oreille se trouvent des petits épanouissements qui permettent d'enserrer le fil en attendant que la soudure soit faite.

D'autres oreilles analogues ne portent pas de vis de pression (fig. 421) mais les lèvres des gouttières existent sur tout le passage des fils. On rabat ces lèvres au marteau comme dans les oreilles ordinaires.

Les oreilles pour fil en 8 sont constituées d'une manière analogue.

On peut voir sur les figures 422 et 423 l'adaptation du même principe à ce genre de fil.

Il se présente parfois des cas où l'on se trouve dans l'obligation

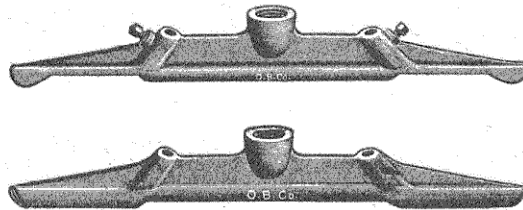


Fig. 420 et 421. — Oreilles de jonction à souder.

d'opérer la réunion d'un fil en 8 avec un fil rond. On peut alors faire usage de l'oreille représentée sur la figure 424. Le fil rond est maintenu

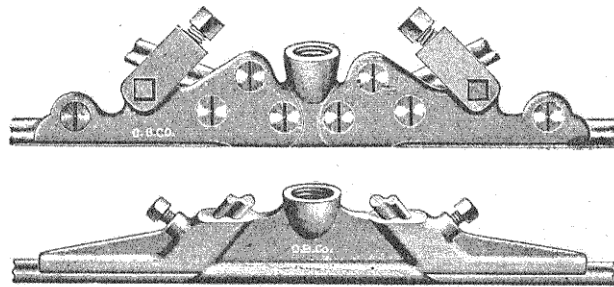


Fig. 422 et 423. — Oreilles de jonction pour fil en 8.

en position grâce à la soudure, tandis que le fil en 8 est assujéti dans la gorge qui le contient au moyen de rivets.

La mise en place de toutes ces oreilles s'effectue en employant les



Fig. 424. — Oreille de jonction pour fil rond et fil en 8.

mêmes procédés que pour la pose des fuseaux. Il faut, avant tout, supprimer la tension dans la partie du fil sur laquelle on veut intercaler l'oreille de jonction. Quand l'opération est terminée on rétablit la tension progressivement.

e) **Amarrage des lignes aériennes.** — Lorsqu'une ligne aérienne est

montée sur des consoles, la rupture du fil de trolley peut amener les plus graves dégâts pour ces dernières. Quand on a employé des consoles en fonte et quand les colliers ont été serrés convenablement, il ne faut pas s'étonner, en cas de rupture, de voir ces consoles se briser comme du verre et toute la ligne aérienne s'effondrer sur la chaussée.

Dans tous les cas, lorsque les consoles résistent, elles tournent autour

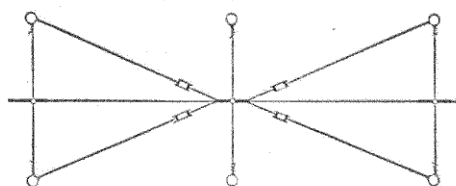


Fig. 425. — Plan d'un amarrage de ligne.

du poteau ; pendant ce mouvement de rotation les colliers se fendent s'ils sont en acier, les oreilles se couchent, etc.

On a, dans la suite, beaucoup de peine à rétablir les choses en état, surtout si les oreilles sont soudées.

La rupture des fils de trolley peut se produire facilement pendant les



Fig. 426 et 427. — Tendeurs pour amarrage de ligne.

grands froids lorsque la ligne a été tendue en été. Elle peut être, également, le fait de la malveillance ou du vol. Il arrive assez fréquemment, surtout dans la banlieue de Paris, que l'on constate le matin que des longueurs plus ou moins considérables de fil de trolley ont disparu pendant la nuit. Le fil de ligne aérienne pesant environ un demi-kilo-



Fig. 428. — Oreille pour jonction de feeder.

gramme par mètre courant peut évidemment tenter la cupidité des voleurs.

Le meilleur moyen que l'on ait trouvé jusqu'à présent pour remédier à ce genre d'accident consiste dans l'amarrage des lignes aériennes en des points plus ou moins rapprochés.

Nous avons vu qu'au moment de la tension d'une ligne aérienne on

faisait des amarrages provisoires au fur et à mesure de l'avancement du dévidoir. On est conduit à faire, dans la suite, des amarrages permanents en des points judicieusement choisis.

Un amarrage consiste à réunir l'extrémité d'une console au poteau précédent et au poteau suivant au moyen de haubans en fil ou câble d'acier pourvus chacun d'un tendeur à vis (fig. 425). L'effort exercé sur l'extrémité d'une console se trouve alors appliqué sur le poteau voisin qui peut résister à un certain effort. Il se courbera peut-être d'une manière anormale mais il résistera, dans tous les cas, beaucoup mieux que la console elle-même qui ne présente aucune résistance.

Ces amarrages présentent par contre un inconvénient. Les fils tendeurs amarrés à l'extrémité de la console forment des angles aigus dans lesquels peuvent se prendre les têtes des trolleys quand, par malheur, les roulettes viennent à déraper. Il peut alors en résulter l'arrachement du trolley ou de la console. Il ne faut donc pas répandre ces amarrages à profusion comme le font certains monteurs.

f) **Jonction des feeders.** — Le fil de trolley est alimenté en différents

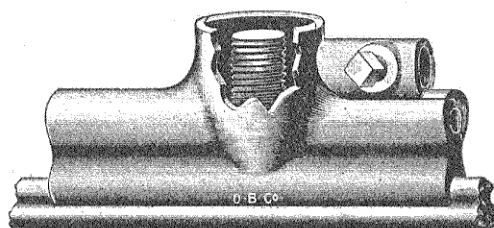


Fig. 429. — Oreille pour jonction de feeder (fil en 8).

points de sa longueur par des feeders. Ces feeders se branchent sur le fil au moyen d'oreilles spéciales dites de feeders (fig. 428 et 429).

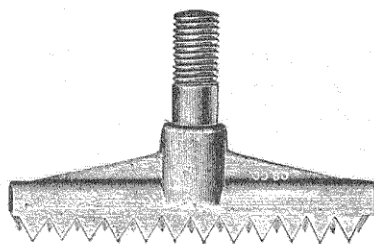


Fig. 430. — Raccord de feeder.

Ces oreilles sont constituées de la même façon que les oreilles ordinaires. Elles portent, en plus, à leur partie supérieure une douille verticale ou horizontale dans laquelle le fil d'alimentation est maintenu au moyen de vis de pression. La figure 428 représente l'un des types les plus couramment employés dans cet ordre d'idées.

Lorsque le fil de trolley affecte la section en 8, on peut employer

avantageusement l'oreille à mâchoires portant une douille venue de fonte avec le reste de la pièce (fig. 429).

Lorsqu'on ne dispose pas d'oreilles spéciales pour faire le raccord du feeder, on peut souder sur le fil une oreille ordinaire à côté de l'oreille de suspension ; on vient ensuite faire la soudure du feeder sur cette oreille.

On peut également remplacer cette dernière oreille par un raccord

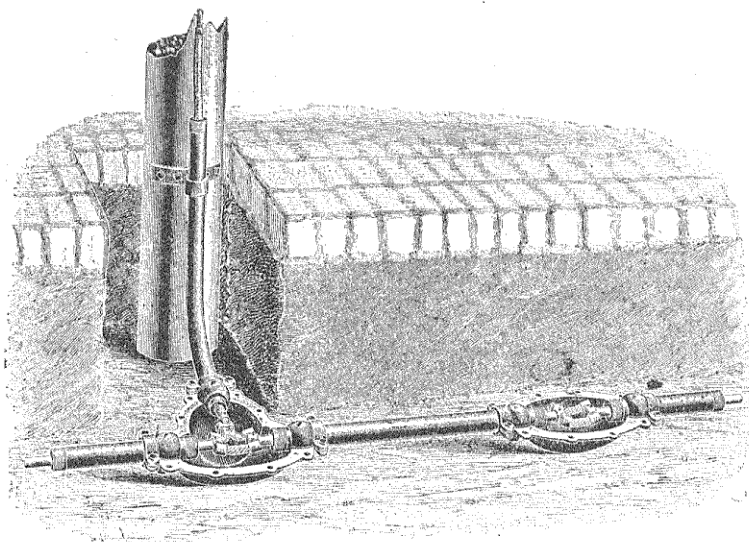


Fig. 431. — Boîte de jonction pour raccord de feeder souterrain avec la ligne aérienne.

de forme spéciale que l'on soude sur le fil de trolley (fig. 430). Ce raccord porte une douille ou une pièce filetée pour la jonction avec le fil d'alimentation.

La figure 431 représente la disposition que l'on adopte généralement pour le raccordement d'un feeder souterrain avec la ligne aérienne. On peut faire passer le conducteur à l'extérieur ou à l'intérieur du poteau. Cette dernière disposition est la meilleure, car le conducteur est alors hors de l'atteinte des passants.

CHAPITRE X

PARAFOUDRES

Les lignes aériennes de prise de courant doivent être protégées contre les décharges atmosphériques au moyen d'appareils spéciaux que l'on appelle parafoudres.

Ces parafoudres se comportent comme de véritables soupapes de sûreté ; elles livrent passage vers la terre à la décharge à haute tension tout en s'opposant à l'écoulement au sol du courant normal d'alimentation.

En réalité ce n'est pas la ligne aérienne que l'on cherche à protéger, car la foudre ne pourrait pas lui occasionner des dégâts bien importants. Elle se créerait bien vite un passage par les poteaux en détruisant quelques boulons isolants dont le remplacement serait facile dans la suite. Ce sont, en somme, les machines électriques de la station centrale que l'on cherche à soustraire aux décharges atmosphériques.

On place habituellement des parafoudres dans la station génératrice, mais cette précaution est insuffisante et il y a lieu de répartir des parafoudres tout le long de la ligne à des distances variant de 500 à 1 200 mètres, en rase campagne. A l'intérieur des villes les parafoudres n'ont pas besoin d'être aussi rapprochés et l'on se contente souvent de n'en mettre que tous les 1 500 à 2 000 mètres.

Un bon parafoudre doit mettre la ligne à la terre aussitôt que la décharge s'est produite. Les deux phénomènes doivent être simultanés sans quoi la foudre trouve passage en un autre point et les machines sont alors très sérieusement exposées.

En second lieu, la mise à la terre doit cesser aussitôt après la décharge atmosphérique.

Enfin, le parafoudre doit être prêt à recevoir une nouvelle série de décharges survenant immédiatement après la première.

Il existe actuellement un assez grand nombre d'appareils basés sur des principes différents et réalisant plus ou moins bien ces différentes conditions. Ces parafoudres peuvent se classer de la manière suivante :

- 1° Parafoudres à disques isolés ;
- 2° Parafoudres à solénoïde ;
- 3° Parafoudres à souffleur magnétique ;
- 4° Parafoudres à arc refroidi ;
- 5° Parafoudres à coupe-circuits fusibles ;
- 6° Parafoudres à cornes divergentes.

§ 1. — PARAFOUDRES A DISQUES ISOLÉS

L'un des parafoudres les plus simples appartenant à cette catégorie est constitué par un empilage de rondelles de fer étamées et séparées par des feuilles de mica dont le diamètre est légèrement supérieur à celui des disques (fig. 432). Le disque supérieur est en communication constante avec la ligne à protéger tandis que le disque inférieur est relié à la terre d'une manière permanente. L'ensemble des disques est entièrement recouvert par une cloche en porcelaine qui les préserve de la pluie tout en laissant pénétrer librement l'air à la partie inférieure.

Les disques sont enfilés sur un cylindre isolant en fibre. Le serrage se fait au moyen d'un boulon également en fibre se vissant sur le cylindre.

Lorsqu'une décharge atmosphérique atteint la ligne, un arc jaillit entre la première et la seconde rondelle par les bords extérieurs, en contournant le disque de mica dont le diamètre est légèrement supérieur. Le même phénomène se produit de proche en proche jusqu'à la dernière rondelle, qui est en communication avec la terre.

La décharge atmosphérique peut alors s'écouler librement dans le sol. Le supplément de diamètre donné aux disques en mica a pour but d'augmenter la longueur d'étincelle entre deux disques consécutifs, afin que le courant normal de la ligne ne puisse entretenir l'arc après le passage de la décharge atmosphérique.

L'avantage de ce parafoudre réside dans l'absence de mécanisme ou d'organes capables de dérangement. On lui a reproché cependant d'offrir une assez grande résistance au passage de la décharge, et de rendre possible le passage de cette dernière par l'un des points faibles de la ligne.

§ 2. — PARAFOUDRES A SOLÉNOÏDE

Dans la classe des appareils à solénoïde, le type le plus connu est le parafoudre Garton (fig. 433 et 434).

Ce parafoudre se compose essentiellement de deux crayons de charbon placés dans le prolongement l'un de l'autre et séparés par un inter-

valle d'un millimètre et demi. Le crayon inférieur est relié d'une

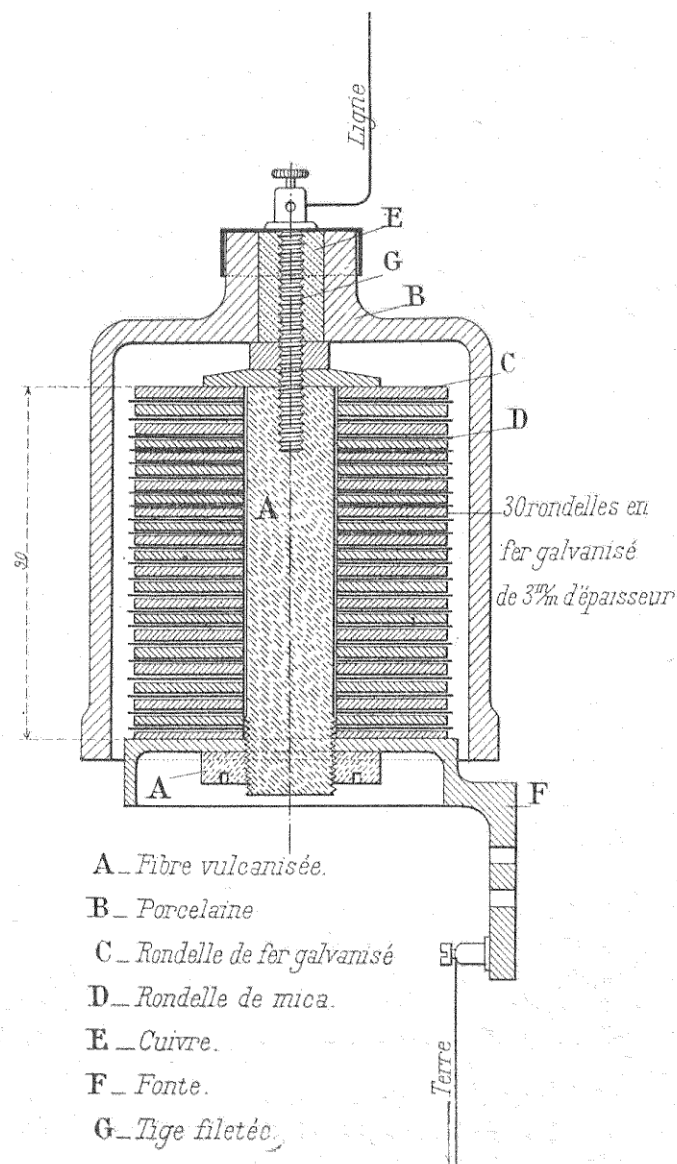


Fig. 432. — Parafoudre à disques isolés.

manière permanente avec la terre, tandis que le crayon supérieur est en communication habituelle, mais non constante, avec la ligne.

Le crayon supérieur est surmonté d'un tube isolant sur lequel est enfilée une bobine recouverte d'un fil fin isolé qui est connecté en dérivation sur les deux extrémités d'une résistance en charbon branchée sur la ligne à protéger. En déplaçant le curseur N par rapport à la borne fixe M, on peut faire varier la résistance et réaliser le réglage du solénoïde.

A l'intérieur du tube isolant se trouve un petit cylindre de fer doux reposant normalement sur le crayon supérieur et muni, à sa partie supérieure, d'une tige de cuivre en relation constante avec la ligne au moyen d'un câble souple.

Le fonctionnement de ce parafoudre est très simple. Lorsque la décharge atmosphérique se produit, la résistance de l'air entre les deux crayons de charbon est

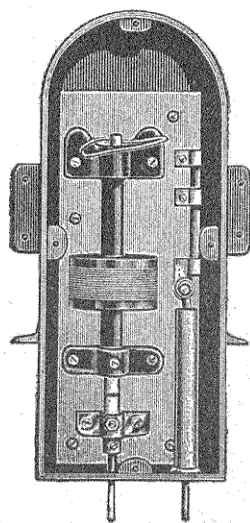


Fig. 433.
Parafoudre Garton.

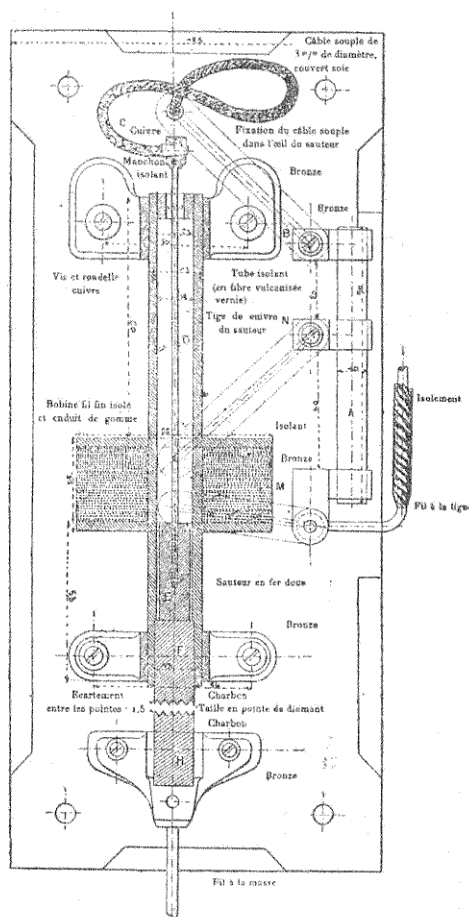


Fig. 434.
Coupes du parafoudre Garton.

vaincue et l'arc se forme, mettant la ligne instantanément à la terre.

En même temps, le cylindre de fer doux est violemment attiré en raison du courant qui vient de traverser la bobine, par suite de la différence de potentiel qui existe entre les deux extrémités de la résistance en charbon.



Fig. 435.

Parafoudre Siemens.

Le cylindre en fer doux ne reposant plus sur le crayon supérieur de charbon, il en résulte que la communication avec ces deux crayons se trouve coupée. Le solénoïde n'étant plus traversé par un courant, puisque ses deux extrémités reviennent au même potentiel, cesse d'attirer le cylindre de fer doux, qui retombe sur le crayon de charbon. L'appareil se trouve alors, de nouveau, prêt à

fonctionner si la décharge n'est pas encore entièrement passée.

Comme on peut facilement s'en rendre compte, tout le principe de l'appareil se trouve basé sur la présence de la résistance en charbon A qui, par suite de la légère différence de potentiel qu'elle crée, permet à un courant dérivé de traverser le solénoïde.

Le cylindre en fer doux fonctionne jusqu'à ce que le potentiel de la ligne ait repris sa valeur normale. L'arc est donc continuellement rompu, ce qui fait que l'appareil lui-même est moins exposé à être brûlé.

L'écartement des crayons de charbon se règle suivant la tension normale de la ligne que l'on veut protéger.

La Société Siemens et Halske construit un parafoudre basé sur un principe analogue. Le courant de la ligne amorcé par un coup de foudre passe à la terre par l'intermédiaire d'un plongeur en fer qui repose sur le fond d'une boîte en fonte remplie d'huile. Ce plongeur, attiré par un solénoïde, fait office d'interrupteur et coupe le courant (fig. 435 et 436). L'inconvénient de ces parafoudres à huile réside dans la surveillance continue qu'ils nécessitent. Il faut, en effet, changer l'huile toutes les fois qu'ils ont fonctionné. Cette surveillance continue est bien difficile à obtenir pour des appareils répartis le long des lignes.

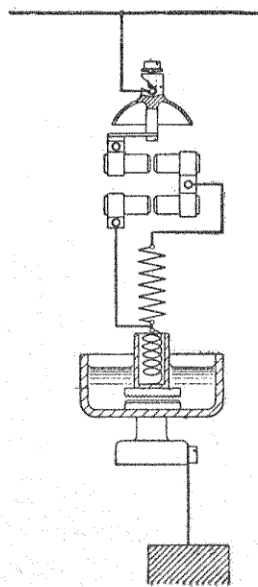


Fig. 436. — Schéma du parafoudre Siemens.

§ 3. — PARAFOUDRES A SOUFFLEUR MAGNÉTIQUE

Nous prendrons comme type de parafoudre à souffleur magnétique un appareil construit par la Société alsacienne de constructions mécaniques, et semblant donner de bons résultats (fig. 437-440).

Le parafoudre proprement dit se compose de trois pièces métalliques placées l'une à la suite de l'autre et présentant deux intervalles. La pièce intermédiaire A (fig. 438) est solidement fixée dans une gar-

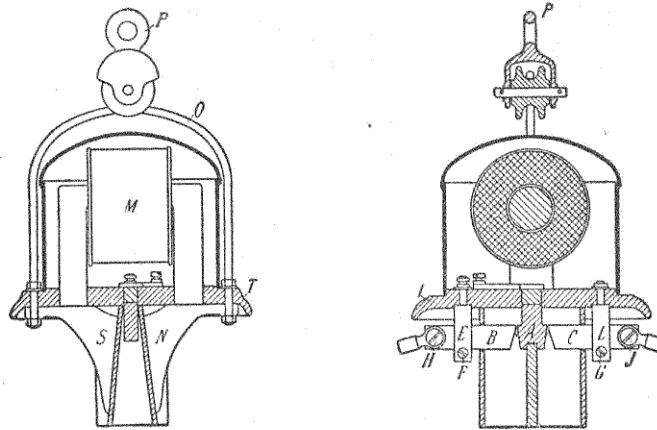


Fig. 437 et 438. — Coupes du parafoudre à souffleur magnétique de la Société Alsacienne.

niture; les deux pièces extrêmes B et C peuvent, au contraire, être facilement remplacées. Ces pièces sont fortement serrées dans leurs supports E et L au moyen des écrous F et G. La mise en circuit se fait au moyen de deux brides fixées aux bornes H et I que portent les pièces métalliques B et C.

Les deux intervalles sont placés dans le champ d'un électro-aimant puissant (fig. 437) dont les pôles sont N et S et dont la bobine d'excitation M est reliée aux pièces métalliques A et B; elle est donc montée en dérivation sur l'un des intervalles.

Les intervalles et les pôles de l'électro-aimant se trouvent au-dessous d'un plateau en ambroïne T; la bobine est située au-dessus de ce plateau. L'ensemble est protégé contre la poussière et l'humidité par un chapeau en substance isolante.

Tout l'appareil est supporté par un étrier O suspendu à un anneau P dont il est isolé (fig. 437-439).

Le fonctionnement de ce parafoudre se comprend aisément si l'on se reporte à la figure schématique 440.

Tandis que le courant dû à la foudre peut se rendre à la terre par le chemin le plus direct, le courant de la machine, qui lui succède de

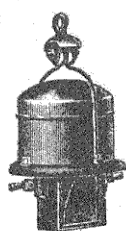


Fig. 439. — Parafoudre à souffleur magnétique.

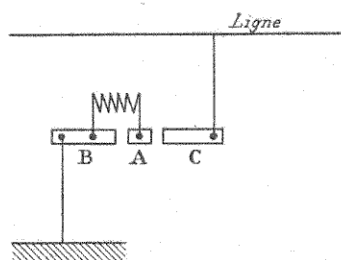


Fig. 440. — Schéma du parafoudre à souffleur magnétique de la Société Alsacienne.

près, se divise en deux parties dont l'une franchit l'intervalle séparant les pièces métalliques A et B, et l'autre traverse la bobine de l'électro-aimant. Le flux magnétique qui en résulte souffle l'arc hors des deux intervalles et coupe ainsi le courant venant de la machine.

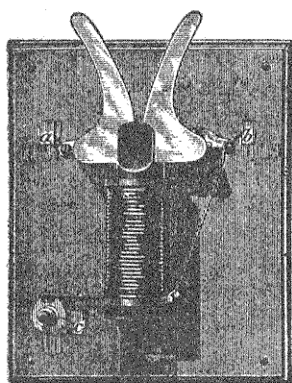


Fig. 441. — Parafoudre Elihu Thomson à souffleur magnétique.

Cet appareil offre donc à la foudre un chemin sans induction; de plus, il ne possède pas de partie mobile, ce qui est certainement un avantage.

Le parafoudre construit pour être installé directement à l'extérieur doit être suspendu de manière à ce que l'espace situé sous lui reste libre dans un rayon de 50 centimètres; l'appareil est, en effet, disposé pour que l'arc soit soufflé vers le bas (fig. 439).

Lors de la mise en circuit du parafoudre, la pièce C fixée à la borne L doit être reliée à la ligne, et la pièce B fixée à la borne E doit être reliée à la terre (fig. 440).

Ce parafoudre peut être employé pour des tensions allant jusqu'à 750 volts, c'est-à-dire supérieures à celles que l'on emploie habituellement en traction électrique.

Le parafoudre Elihu Thomson, qui est antérieur au précédent et dont

le fonctionnement est basé sur un principe analogue, est représenté sur la figure 441. Il se compose d'un électro-aimant comprenant entre ses deux pôles deux croissants métalliques isolés entre eux. Le circuit

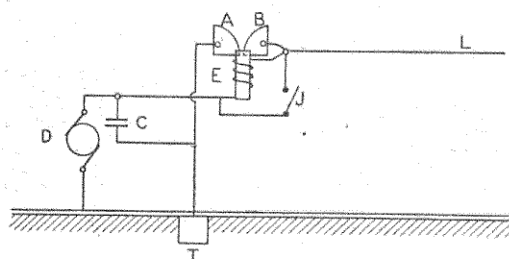


Fig. 442. — Schéma du parafoudre Thomson.

de l'électro-aimant est relié d'une part à la ligne et de l'autre à l'un des croissants. La terre est reliée à l'autre croissant (fig. 442).

Sous l'influence d'un coup de foudre, l'arc jaillit entre les parties rapprochées des croissants, mais aussitôt, il est soufflé par l'électro-aimant ; il s'élève alors en s'allongeant et finit par se rompre.

§ 4. — PARAFOUDRES A ARC REFROIDI

Le parafoudre *non-arc* de Wurts est le prototype du parafoudre à arc refroidi. Il est basé sur les principes suivants :

1° Une décharge traverse une surface non conductrice, telle que du

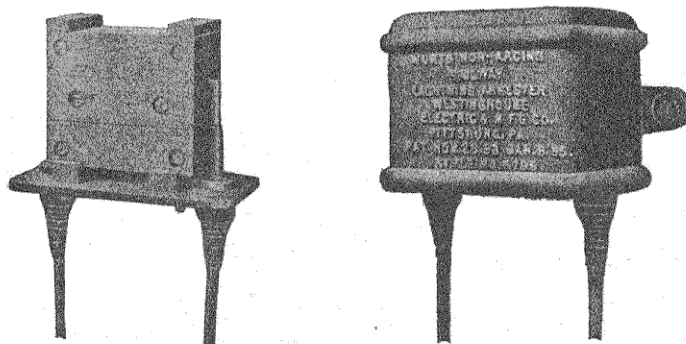


Fig. 443 et 444. — Parafoudre Wurts à arc refroidi.

verre ou du bois, plus facilement qu'un égal espace d'air ;

2° La décharge passe plus aisément si les surfaces non conductrices portent des traces de charbon à leur surface ;

3° La persistance de l'arc étant souvent causée par la présence en vase clos de vapeurs métalliques provenant des électrodes, il y a lieu de chercher à diminuer ces vapeurs le plus possible.

Le parafoudre de Wurts est constitué par deux électrodes métalliques

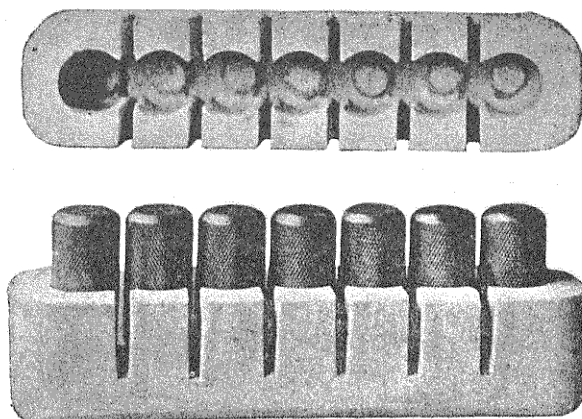


Fig. 445. — Parafoudre de Wurts pour courants alternatifs à haute tension.

placées à quelques centimètres l'une de l'autre. Ces deux électrodes sont serrées entre deux pièces en bois de gaïac au moyen de vis. Les

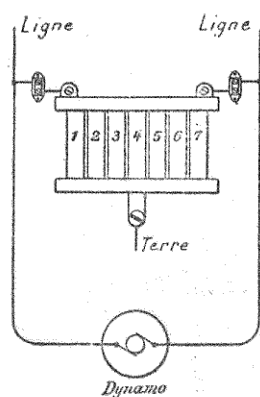


Fig. 446. — Schéma du montage d'un parafoudre Wurts pour courants alternatifs.

parties des pièces de gaïac comprises entre les électrodes portent des rainures carbonisées facilitant le passage de la décharge.

En temps normal, les deux électrodes sont suffisamment isolées l'une de l'autre, car la résistance des pièces de gaïac est d'environ 50 000 ohms. Lorsque la ligne est atteinte par une décharge atmosphérique, un arc s'établit entre les deux plateaux de gaïac, qui se trouvent situés à une faible distance l'un de l'autre. Cet arc est refroidi et cesse presque aussitôt.

Comme on peut facilement s'en rendre compte, il ne peut plus se produire de vapeurs métalliques, puisque l'arc jaillit entre deux pièces de bois et non entre les deux électrodes elles-mêmes. La présence des rainures carbonisées sur l'un des blocs de gaïac a simplement pour but de rendre le passage de la décharge plus facile.

On peut voir sur la figure 443 les dispositions adoptées pour un para-

loudre de poteau. Les deux blocs sont vissés l'un contre l'autre et l'on aperçoit à droite le fil communiquant avec l'une des électrodes. L'appareil est renfermé dans une boîte en fonte absolument étanche (fig. 444).

Lorsqu'il s'agit de protéger des feeders à haute tension, on peut utiliser d'autres parafoudres du même inventeur basés sur un principe analogue.

Ces parafoudres sont constitués par une série de cylindres placés côte à côte, sans se toucher, dans une monture isolante (fig. 445).

Les cylindres extrêmes sont en communication avec les deux fils de la ligne, tandis que le cylindre central est en communication avec la terre (fig. 446). Ces cylindres sont fabriqués avec un métal spécial

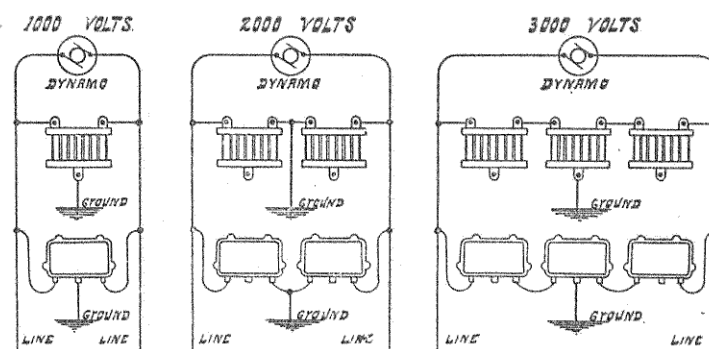


Fig. 447, 448 et 449. — Schéma de montage des parafoudres Wurts pour différentes tensions.

(alliage de cuivre et de zinc) peu favorable à la persistance de l'arc ; ils portent sur toute leur surface une sorte de quadrillage qui a pour but de multiplier les arêtes facilitant le passage de la décharge.

Il y a donc une série d'espaces d'air entre les cylindres en communication avec la ligne et avec le sol. Il en résulte que l'arc s'éteint aussitôt après le passage de la décharge atmosphérique.

Lorsque la tension de la ligne atteint 2000 volts, on dispose deux parafoudres en série et on branche le fil de terre sur le fil qui les réunit. Pour une tension de 3000 volts, on fait usage de trois parafoudres (fig. 447-449).

§ 5. — PARAFOUDRES A COUPE-CIRCUITS FUSIBLES

Les parafoudres à coupe-circuits fusibles permettent de réduire au minimum la distance séparant les deux organes entre lesquels jaillit l'arc provenant de la décharge atmosphérique. On augmente ainsi la sensibilité du parafoudre, à la condition, toutefois, de réduire égale-

ment au minimum la résistance du conducteur de mise à la terre. Comme dans tous les parafoudres, l'électricité statique sera détournée vers la terre d'autant plus facilement que l'impédance présentée par le circuit général sera plus grande.

Le fonctionnement d'un parafoudre à coupe-circuits s'explique de lui-même. La décharge atmosphérique jaillit entre deux pièces très rapprochées. Par suite de ce rapprochement, le courant normal de la ligne entretiendrait fatalement l'arc amorcé par la foudre si l'on n'intercalait pas un coupe-circuit fusible ayant pour but de supprimer la mise à la terre après la décharge. La ligne n'étant plus protégée après la fusion du plomb, il faut donc qu'un nouveau coupe-circuit vienne immédiatement et automatiquement se substituer au précédent.

Nous prendrons comme type de parafoudre à coupe-circuits l'appareil connu en Amérique sous le nom de parafoudre « Ajax » (fig. 452 et 453).

Le coupe-circuit (fig. 450) se compose de deux morceaux de fil de



Fig. 450. — Élément de parafoudre à coupe-circuits fusibles.

laiton ayant chacun une longueur de 7 à 8 centimètres. Ces deux fils sont disposés l'un à côté de l'autre, sans se toucher, sur une étendue d'environ 2 centimètres et demi.

C'est entre les deux portions de fil en regard l'une de l'autre que se produit l'arc au moment de la décharge atmosphérique.

Les deux fils sont maintenus l'un à côté de l'autre dans un petit tube en verre au moyen de deux petits tampons en cire ; ces tampons de cire réalisent une fermeture hermétique, tout en assurant l'isolement des deux fils. Grâce à cette disposition, on est assuré que les *déchargeurs* sont maintenus propres et secs jusqu'au moment où ils ont à fonctionner.

Les extrémités des fils sont enfilées dans des bouchons en caoutchouc qui n'ont d'autre but que de maintenir les coupe-circuits dans l'enveloppe ondulée, en porcelaine ou en ébonite, qui leur sert de support. Les extrémités nues des fils sont saillies à travers le support et sont mises en contact avec la ligne et avec le sol comme l'indique la figure 451.

De l'autre côté du support ondulé en porcelaine se trouve placée deux montures métalliques réunissant les extrémités de tous les coupe-circuits. L'une de ces montures forme deux mâchoires saisissant les

extrémités des fils (à gauche de la figure). L'autre monture a une section en forme d'U. C'est à l'intérieur de cette gouttière verticale que viennent aboutir les autres extrémités des coupe-circuits sans toutefois la toucher. Les extrémités des fils ne peuvent être mises en communication avec la gouttière (situées à droite de la figure) que par l'intermédiaire d'une boule en charbon qui vient fermer le circuit.

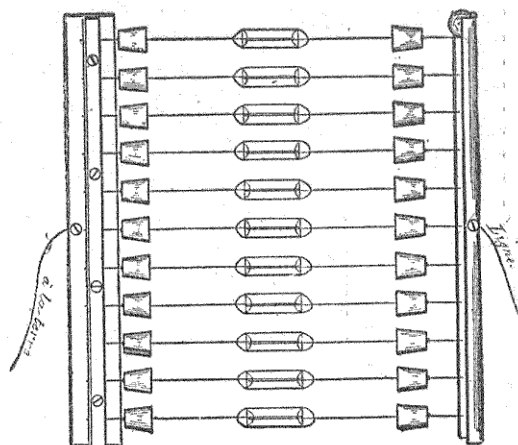


Fig. 451. — Parafoudre « Ajax » à coupe-circuits fusibles.

Dans ces conditions, le parafoudre du sommet se trouve seul relié à la borne de la ligne et par conséquent il est le seul qui puisse être influencé par la décharge de la foudre.

Dans le cas où la ligne possède une tension élevée, avec retour par le sol, comme cela est généralement le cas pour les circuits de chemins de fer ou de tramways à trolley simple, la décharge statique établit un court-circuit au sol par l'intermédiaire du coupe-circuit. Ce dernier se trouve alors complètement volatilisé par le courant que produisent les dynamos génératrices, ce qui permet à la boule de charbon de tomber sur le coupe-circuit suivant. Ce dernier se trouve donc automatiquement mis en circuit et prêt à recevoir une seconde décharge.

Dans le cas où il n'existe qu'une communication imparfaite avec le sol, il peut arriver que le coupe-circuit ne soit pas détruit complètement mais alors la résistance du contact avec la boule de charbon est tellement supérieure à celle du coupe-circuit lui-même que l'extrémité du fil qui supporte la boule disparaît en premier lieu et permet d'une manière certaine à la boule de tomber, même quand le plomb n'est détruit que partiellement.

Ces parafoudres, de même que ceux appartenant à d'autres systèmes, sont généralement complétés par une bobine de self-induction (fig. 452)

que l'on intercale en avant de la partie du circuit à protéger. Cette

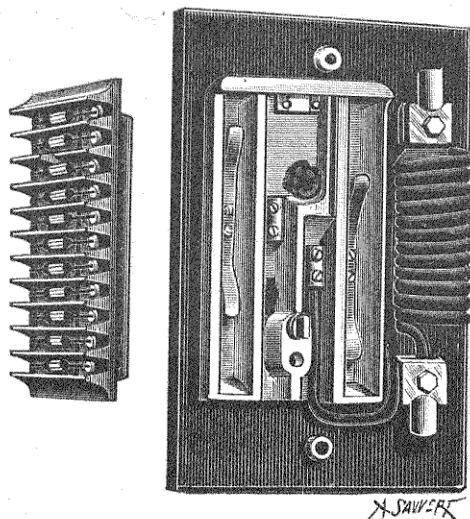


Fig. 452. — Parafoudre « Ajax » (vue antérieure et postérieure).

bobine a pour but de détourner la foudre de ce circuit par suite de sa réactance considérable et de faire passer la décharge dans le sol par l'intermédiaire du parafoudre.

Le fil de ces bobines de self-induction a une section plus ou moins grande suivant l'intensité du courant qui doit le traverser normalement.

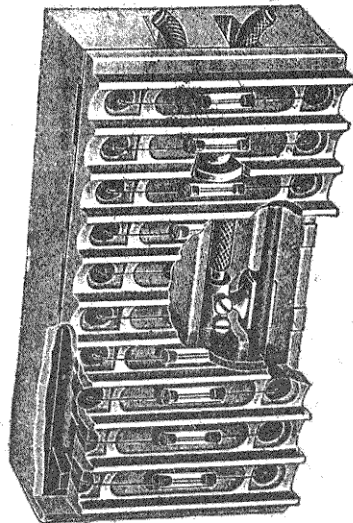


Fig. 453. — Parafoudre « Ajax » à coupe-circuits fusibles.

Les parafoudres à coupe-circuits donnent de bons résultats et suppriment les chances de mise à la terre constante, mais ils ont le grave inconvénient d'exiger une surveillance très suivie. Il faut visiter très fréquemment tous les appareils pour remplacer les coupe-circuits, s'il y a lieu, sans quoi la protection deviendrait illusoire. L'emploi de ces instruments paraît donc plus indiqué dans une station

centrale que sur des poteaux de ligne aérienne.

§ 6. — PARAFOUDRES A CORNES DIVERGENTES

Depuis quelques années on a mis en service, sur les lignes à courants alternatifs à haute tension, un parafoudre dont la construction est des plus simples et qui paraît cependant donner de très bons résultats.

Ce parafoudre se compose de deux tiges de cuivre supportées par des isolateurs en porcelaine par l'intermédiaire de calottes de serrage (fig. 454 et 455).

Les deux tiges se recourbent l'une en face de l'autre et restent voi-

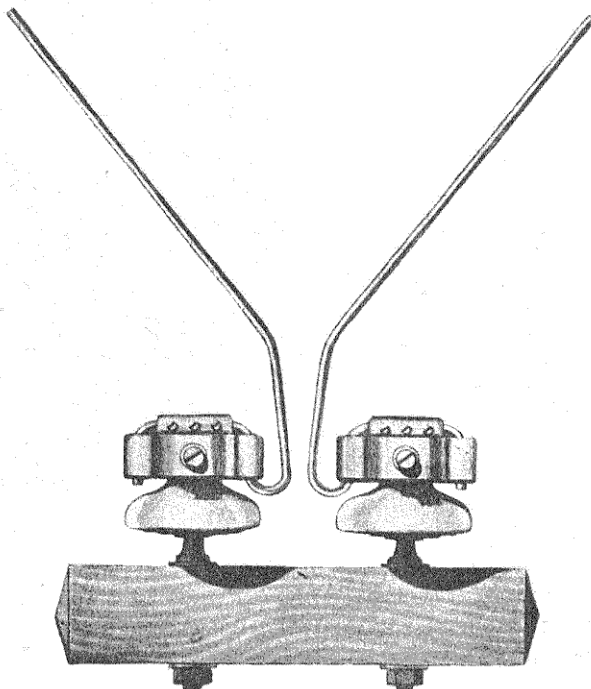


Fig. 454. — Parafoudre à cornes divergentes.

sines sur une certaine hauteur puis elles se recourbent de nouveau de manière à diverger franchement.

Le fonctionnement de l'appareil est facile à comprendre. L'une des branches est en communication constante avec la ligne et l'autre avec la terre. Au moment où la ligne subit une décharge atmosphérique, un arc se forme entre les parties voisines des deux branches et la foudre s'écoule dans le sol. Par suite de la répulsion des courants et sous

l'influence du courant d'air chaud produit par l'arc, ce dernier subit un mouvement ascensionnel très énergique (fig. 456). Par suite de la divergence des branches, l'arc franchit une distance de plus en plus grande jusqu'au moment où, impuissant à persister, il cesse de lui-même à une certaine hauteur.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, ce parafoudre n'est utilisable que pour les courants alternatifs. Lorsqu'on le monte sur une ligne à courant continu, l'arc amorcé persiste et ne subit aucun mouvement ascensionnel

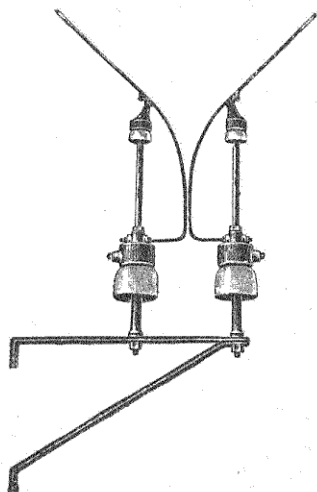


Fig. 455. — Parafoudre Siemens à cornes.

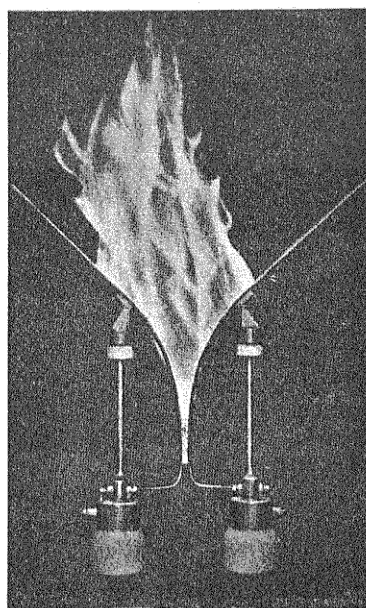


Fig. 456. — Parafoudre à cornes pendant la décharge.

le long des branches. Seule, la fusion de ces branches elles-mêmes finit par déterminer la rupture de l'arc.

On a observé également que ce parafoudre ne fonctionnait véritablement bien que sur les lignes à courants alternatifs ayant une tension au moins égale à 1 000 volts.

La distance des parties les plus voisines des deux branches varie avec la tension de la ligne à protéger. On convient, en général, d'adopter 1 millimètre par 1 000 volts, avec un minimum de 5 millimètres afin que les fortes pluies n'amorcent pas l'arc.

L'avantage de ce parafoudre réside dans sa simplicité, la rupture de l'arc n'étant provoquée par aucune commande électrique ou mécanique. On peut, de plus, le considérer comme étant pratiquement

dépourvu de self-induction. Les branches de cuivre ne sont pas sensiblement affectées par la flamme de l'arc et peuvent durer longtemps. Elles nécessitent tout au plus un léger nettoyage de temps en temps.

Ce parafoudre donne de bons résultats. On lui a reproché, cependant de couper parfois l'arc avant que la ligne n'ait repris son potentiel normal. Quoi qu'il en soit, cet appareil est encore un de ceux qui se comportent le mieux sur les lignes à très haute tension. Il a été essayé avec succès sur des lignes à 20 000 volts.

Ces parafoudres se placent en plein air sans aucun inconvénient, mais il y a cependant lieu de prendre une précaution essentielle. Il faut

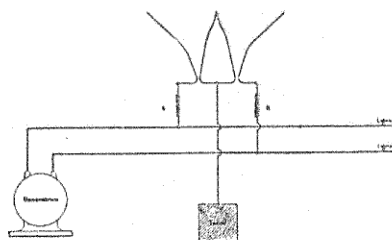


Fig. 457. — Montage d'un parafoudre à cornes sur une ligne monophasée.

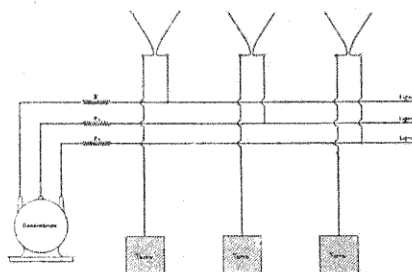


Fig. 458. — Montage d'un parafoudre à cornes sur une ligne triphasée.

absolument les éloigner d'environ 1 mètre des masses métalliques voisines; il faut également éviter qu'il y ait des corps combustibles à proximité de la flamme de l'arc.

Son emploi est particulièrement facile, sur les feeders d'alimentation à haute tension supportés par des poteaux en bois.

Dans le cas d'une ligne à deux fils ayant des potentiels différents, on construit des parafoudres analogues pourvus de trois branches. Les branches externes communiquent respectivement avec les deux fils à protéger tandis que la branche centrale est en communication permanente avec la terre (fig. 457).

Dans le cas d'un feeder triphasé on a recours à trois parafoudres à deux branches.

Chacun de ces instruments est alors connecté sur chacun des trois fils, l'une de ses branches étant à la terre (fig. 458).

Dans ce dernier cas, comme il s'agit de courants alternatifs, il faut avoir soin d'interposer entre les parafoudres et les machines des bobines de self-induction qui peuvent être constituées simplement par quelques spires de gros fil, de grand diamètre, sans noyau de fer. On diminue ainsi les chances de destruction des dynamos en assurant à la décharge un passage plus facile à travers les parafoudres qu'à travers les machines.

Quand on fait usage du parafoudre à trois branches, il faut avoir soin de placer sur les conducteurs reliant les fils de ligne aux branches extrêmes des résistances en baguettes de charbon. Cette précaution a pour but d'éviter la mise en court-circuit des dynamos.

§ 7. — OBSERVATIONS COMMUNES AUX DIFFÉRENTS SYSTÈMES

Comme nous avons pu le voir, tous les parafoudres ont leurs défauts ; aucun n'est parfait. Les parafoudres à solénoïdes sont parfois brûlés ; les parafoudres à disques ne sont pas toujours efficaces. Les appareils

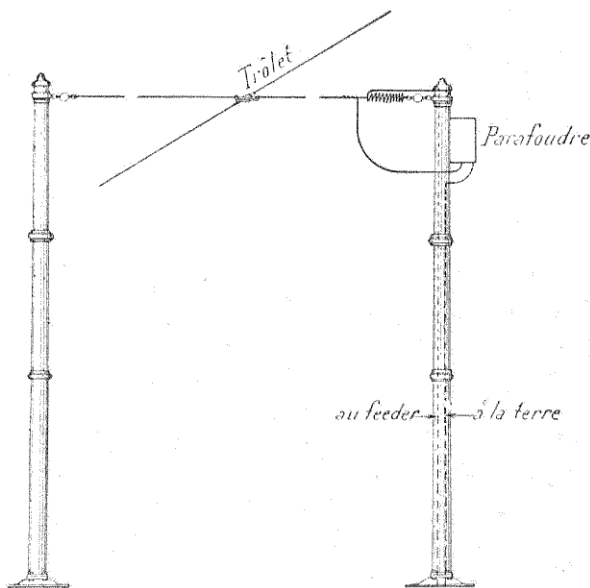


Fig. 439. — Montage d'un parafoudre sur la ligne aérienne.

à coupe-circuits exigent un grand entretien, tandis que les parafoudres à branches ne sont applicables que pour les courants alternatifs à haute tension.

L'inefficacité des parafoudres provient souvent de la défectuosité de leur communication avec le sol.

Un conducteur de mise à la terre doit avoir une surface ayant un grand développement plutôt qu'une grande section.

L'emploi d'un ruban métallique est donc tout indiqué, de préférence à un fil rond. On peut également employer, pour les communications entre le sol et les parafoudres, un conducteur composé de plusieurs

torons. Les parafoudres doivent, de plus, se trouver toujours reliés par une communication métallique directe avec une masse d'eau naturelle.

Le conducteur de mise à la terre doit avoir une section de 30 millimètres carrés au moins; sa nature est à peu près indifférente pourvu toutefois qu'il soit durable (fig. 459 et 459 bis).

Aux abords des stations centrales on peut utiliser les conduites d'eau pour réaliser la communication avec le sol à la condition, toutefois, que la continuité du circuit se trouve maintenue à travers tous les joints filetés des tuyaux.

L'une des meilleures mises à la terre est réalisée par une plaque en cuivre disposée au fond d'un puits ayant une source naturelle. On peut également employer une plaque de fer étamée d'environ 1 mètre carré de surface.

De même, il est tout indiqué d'utiliser les cours d'eau et les étangs qui se trouvent le long des lignes.

En général, on creuse un puits à une profondeur suffisante pour que l'on atteigne une nappe aquifère. Dans ce cas le conducteur de mise à la terre doit plonger dans l'eau sur une longueur de 5 mètres au moins.

Lorsque le terrain est particulièrement sec et que la nappe aquifère est impossible à trouver, il est alors préférable de réunir franchement le câble de mise à la terre avec les rails, pourvu toutefois, que ceux-ci ne soient pas trop isolés du terrain dans lequel ils sont placés.

Dans tous les cas, cette disposition peut rendre des services en attendant que les puits définitifs aient été creusés.

Après la mise en place du conducteur de mise à la terre, ces puits sont comblés avec les matériaux qui en ont été extraits.

Lorsqu'il est impossible d'atteindre une nappe d'eau, on peut également se contenter d'enfouir la plaque de terre dans du coke pulvérisé

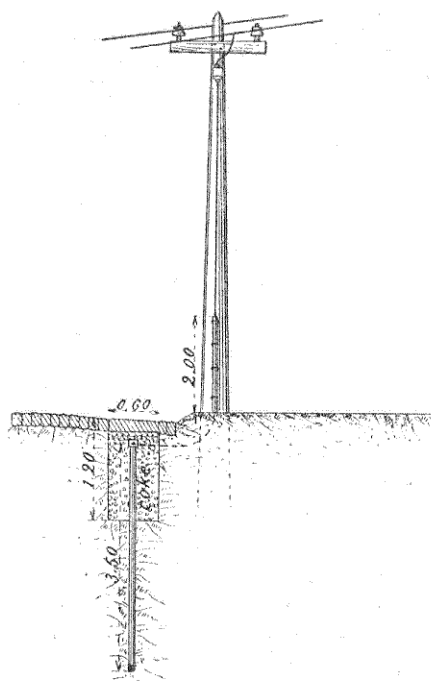


Fig. 459 bis.

Montage d'un parafoudre sur la ligne aérienne.

et comprimé, ou tout au moins dans un mélange de coke et de terre d'un volume d'environ 2 mètres cubes.

Il est préférable d'employer une plaque pour chaque parafoudre au lieu d'une plaque unique pour tous les appareils, afin d'éviter les courts-circuits qui pourraient se produire entre les parafoudres.

Il faut avoir soin de monter les conducteurs de mise à la terre en

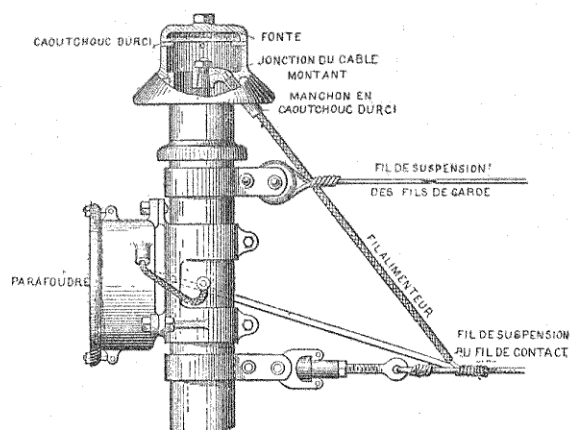


Fig. 460. — Parafoudre monté sur un poteau.

évitant autant que possible les parties courbes et anguleuses. Dans tous les cas, il faut proscrire absolument les courbes brusques.

Dans les endroits où il est à craindre que l'on puisse toucher aux fils de terre, il y a lieu de protéger ces fils, jusqu'à une hauteur convenable, par une enveloppe en bois.

Quand, par raison d'économie, on ne peut installer partout des plaques de terre, on n'en place qu'aux endroits les plus importants et on utilise aux points les moins importants environ 10 mètres de fil enroulé sur lui-même, de manière à former une masse conductrice à grande surface.

CHAPITRE XI

APPAREILS ACCESSOIRES DES LIGNES AÉRIENNES

§ 1. — ISOLATEURS DE SECTIONNEMENT

Les isolateurs de sectionnement ont pour but de diviser la ligne aérienne en sections isolées les unes des autres. Cette disposition permet, en cas d'accident, de mettre une partie de la ligne hors circuit sans qu'il en résulte une interruption sur les autres parties de la voie où circulent encore les voitures.

Les dispositions adoptées pour la construction des isolateurs de sectionnement sont assez variées.

L'un des moyens les plus simples de réaliser cet isolement consiste dans l'emploi d'un fuseau de jonction isolant. Le fuseau est pourvu en son milieu d'un cylindre d'ambroïne ; le fil est assujéti dans les parties ogivales, en faisant une boucle comme l'indique la figure 461. L'as-



Fig. 461. — Fuséau de jonction isolant.

semblage se fait ensuite en vissant les deux ogives sur la partie cylindrique. Le fuseau présente l'inconvénient d'avoir une assez grande épaisseur et de rendre le passage du trolley assez difficile.

L'un des isolateurs de sectionnement les plus simples est constitué par une plaque de fibre pourvue, en ses deux extrémités, de pièces de bronze permettant le raccordement des fils de trolley (fig. 462). A la partie supérieure se trouve un raccord en bronze permettant de visser cette oreille d'un genre spécial sur le boulon isolant d'un isolateur. Cet isolateur de sectionnement a l'avantage d'être léger et peu coûteux. Il a par contre l'inconvénient d'être construit avec une matière assez hygrométrique et, par suite, peu sûre au point de vue de l'isolement.

On obtient un meilleur isolement avec la disposition représentée sur

la figure 463. La pièce qui résiste à l'effort de traction comporte deux boulons isolants dont les têtes sont prises dans une pièce centrale se vissant sur l'isolateur. Une lame en bois paraffiné assure à la roulette du trolley un chemin continu. Une seconde traverse en bois paraffiné placée au-dessus des boulons isolants contribue à rendre l'assemblage plus rigide.

Lorsque les sections isolées les unes des autres ne sont pas alimen-

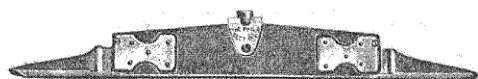


Fig. 462. — Isolateur de sectionnement en fibre.

tées chacune par un feeder, il est indispensable d'établir un fil de cuivre entre les deux extrémités de l'oreille de sectionnement. Ce fil de cuivre s'enlève rapidement lorsqu'on veut rétablir l'isolement des deux sections.

Dans le but d'établir cette conductibilité, les deux parties métalliques

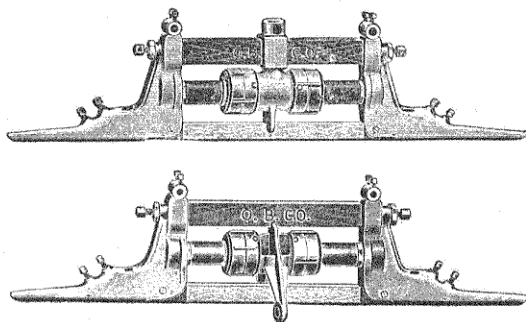


Fig. 463 et 464. — Isolateurs de sectionnement pour clochettes et pour fils transversaux.

de l'oreille portent chacune à leur partie supérieure une douille permettant l'introduction du fil de jonction.

La figure 464 représente le même isolateur de sectionnement combiné pour être suspendu par des fils transversaux. Il devient alors inutile d'avoir recours à un isolateur de suspension.

Ces deux derniers types sont construits par l'Ohio Brass Company.

La Société de l'Ambroïne a adopté un isolateur de sectionnement pourvu de quatre boulons isolants (fig. 467).

Dans ce dernier type les axes des boulons et l'axe du fil se trouvent dans un même plan horizontal. Il en résulte qu'il ne se développe dans

la pièce aucun effort de flexion sous l'influence de la tension des fils de trolley. Par contre la forme en bateau de la pièce de guidage du trolley semble rendre les dérapages de ce dernier plus faciles.

La maison Bisson, Bergès et C^{ie} construit également un isolateur de

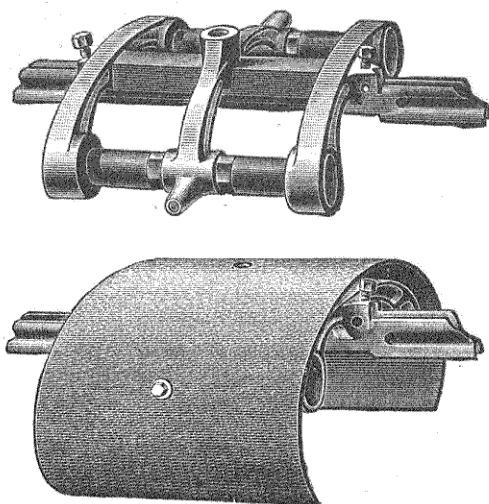


Fig. 465 et 466. — Isolateur de sectionnement avec et sans toit protecteur.

sectionnement à quatre boulons isolants, réalisant les mêmes conditions, tout en conservant à la roulette du trolley un chemin rectiligne. Une latte en bois paraffiné sert de guidage à la roulette.

Le dispositif d'attache des fils de trolleys est par contre un peu

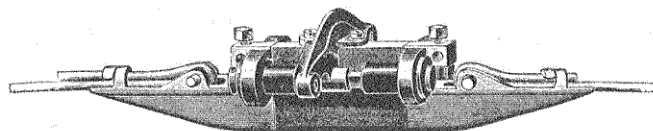


Fig. 467. — Isolateur de sectionnement.

moins robuste que dans les autres types que nous avons examinés précédemment (fig. 463).

Dans le but de garantir les pièces isolantes de la pluie on munit habituellement cet isolateur d'une feuille de tôle recourbée formant toit (fig. 466).

La figure 468 représente le type de la *Johns Company*. Les oreilles servant à l'amarrage des deux fils sont fixées au moyen de boulons sur une pièce de bois paraffiné. La pièce centrale qui permet de visser

l'isolateur sur le boulon d'une suspension porte à sa partie inférieure un guidage pour la roulette du trolley.

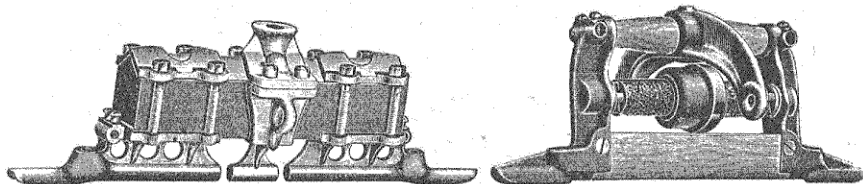


Fig. 468 et 469. — Isolateurs de sectionnement.

La *Gesellschaft für strassenbahnbedarf*, de Berlin, construit un isolateur de sectionnement dans lequel la partie isolante est constituée

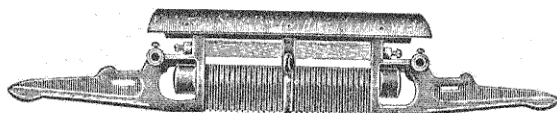


Fig. 470. — Isolateur de sectionnement à rondelles isolantes.

par un ensemble de rondelles de matière isolante (eburine) et de rondelles de cuivre alternées (fig. 470).

Les isolateurs de sectionnement, que la Société Siemens et Halske

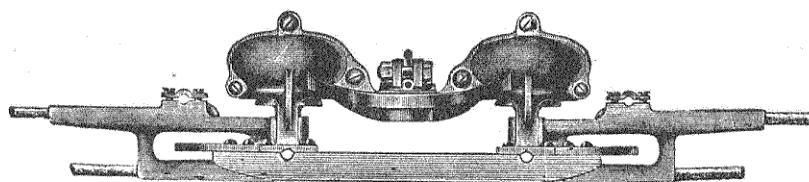


Fig. 471. — Isolateur de sectionnement pour lignes à archet.

emploie pour ses lignes à archet, affectent la forme représentée sur la figure 471. La matière isolante employée est l'ébonite.

§ 2. — INTERRUPTEURS DE SECTIONNEMENT

Dans le cas où l'on désire pouvoir rétablir ou supprimer facilement le courant sur une section de ligne, il y a avantage à remplacer le fil mobile réunissant les extrémités de l'isolateur de sectionnement par un interrupteur que l'on peut manœuvrer commodément.

Ces interrupteurs de sectionnement se placent habituellement sur

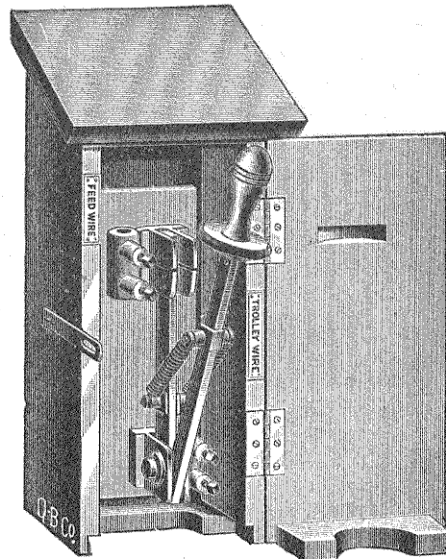


Fig. 472. — Interrupteur de sectionnement.

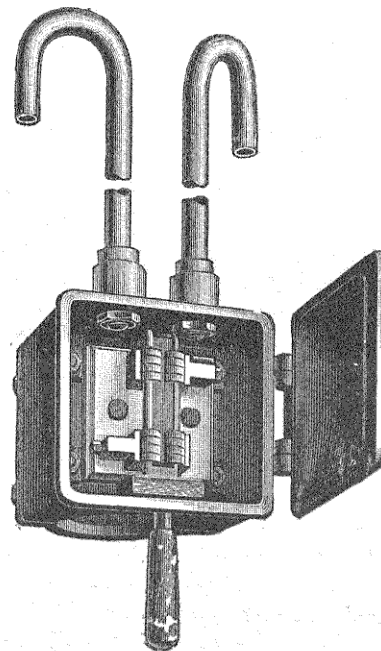


Fig. 473. — Interrupteur de sectionnement à couteau mobile.

H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

23

un poteau, à une hauteur suffisante pour que les passants ne puissent y accéder.

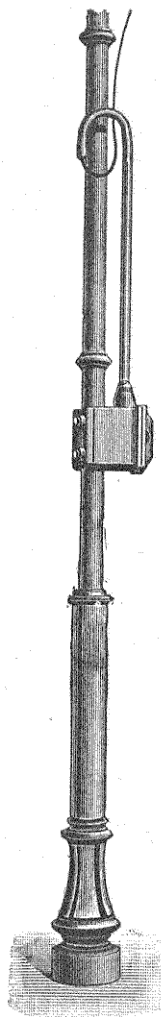


Fig. 474. — Ensemble de l'installation de l'interrupteur à couteau mobile.

Ces instruments se composent généralement d'un interrupteur unipolaire de 200 à 500 ampères, à rupture brusque, monté sur une table d'ardoise. Le tout est enfermé dans une boîte en bois ou en fonte aussi étanche que possible. La paroi inférieure porte une échancrure permettant de rabattre la manette dans la position d'ouverture de l'interrupteur (fig. 472).

Une variété d'interrupteur de sectionnement est représentée sur la figure 473. Cet appareil se compose de deux mâchoires en cuivre montées sur un marbre et d'un couteau mobile formant contact entre elles.

Une poignée spéciale, passant par un orifice inférieur de la forme du couteau, se visse dans ce dernier et sert à dégager les mâchoires.

Il suffit, pour couper la ligne, d'engager la poignée à vis dans l'orifice inférieur de la boîte et d'arracher le couteau.

Grâce à cette ingénieuse disposition, on peut placer l'interrupteur sur le poteau à une hauteur relativement faible, de sorte qu'il est possible de le manœuvrer sans avoir recours à une échelle ; les passants ne peuvent, en effet, exécuter aucune manœuvre sans posséder la poignée.

Dans le but d'éviter l'envahissement de la boîte par les eaux, qui pénètrent plus ou moins par les trous d'entrée des fils, on fait passer ces derniers à l'intérieur de deux tubes en fer recourbés en forme de pipe (fig. 474).

§ 3. — BORNES DE JONCTION

On préfère souvent, dans les installations urbaines, concentrer les appareils de sectionnement et de protection contre la foudre dans une sorte de borne en fonte placée sur un trottoir.

Ces bornes portent en général le nom de *boîte de jonction*. Elles présentent l'avantage de permettre l'accès facile des appareils sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à une échelle. On peut, de plus,

concentrer dans la même borne les appareils relatifs à plusieurs sections.

Ces boîtes de jonction doivent être parfaitement étanches et convenablement ventilées. Elles doivent, de plus, être isolées avec le plus grand soin des divers appareils qu'elles contiennent.

Les boîtes de jonction se prêtent également à l'installation d'un

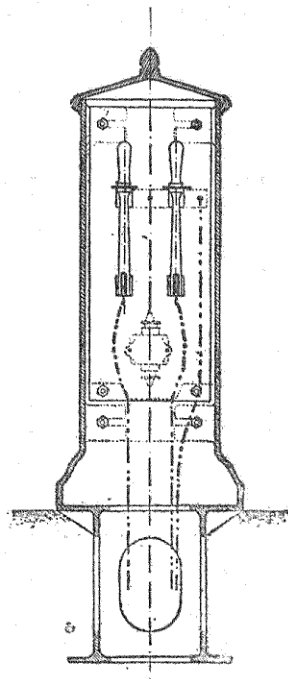


Fig. 475. — Borne de jonction.

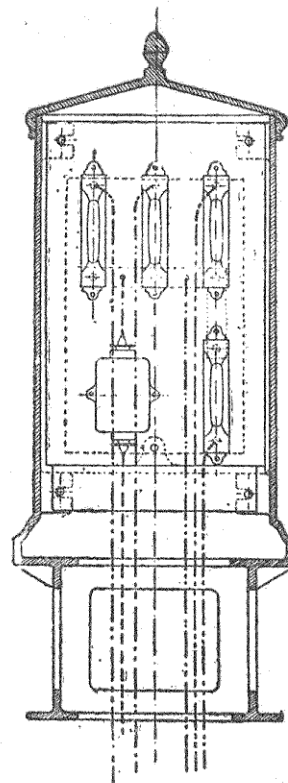


Fig. 476. — Borne de jonction.

appareil téléphonique permettant d'établir des communications rapides avec l'usine ou le dépôt en cas d'accident.

La figure 475 représente la boîte de jonction employée sur le réseau du Havre. Elle comprend seulement deux interrupteurs et un parafoudre.

Le type employé sur le réseau de Tunis comporte quatre interrupteurs et un parafoudre (fig. 476). L'un des interrupteurs sert à couper le courant de retour.

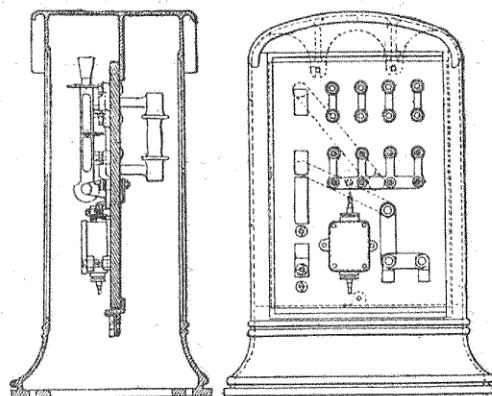


Fig. 477. — Borne de jonction.

Les boîtes installées sur le réseau de Marseille sont munies de quatre ou cinq interrupteurs et d'un parafoudre (fig. 477).

§ 4. — PROTECTIONS TÉLÉPHONIQUES

Il est absolument indispensable de prendre les précautions les plus minutieuses pour que les fils télégraphiques et téléphoniques ne puissent, en cas de rupture, venir en contact avec les fils de trolley.

On réalise généralement ce dispositif de protection en installant au-

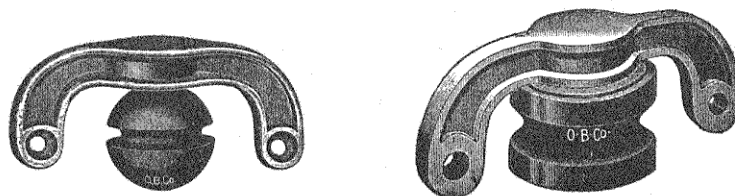


Fig. 478 et 479. — Suspensions isolantes pour fils de garde.

dessus de la ligne des fils d'acier de 4 à 5 millimètres de diamètre que l'on appelle *fils de garde*.

Ces fils, parallèles à la ligne aérienne, sont au nombre de deux si le fil de contact est unique et de trois si ce dernier est double.

Les fils de garde sont généralement tendus à 40 centimètres au minimum des fils de trolley.

Dans les cas où la ligne aérienne est montée sur fils transversaux, on se trouve dans l'obligation d'installer un second fil transversal au-dessus du premier. Ce fil transversal supporte des poulies en porcelaine

(fig. 478 et 479) sur lesquelles on vient attacher les fils de garde en acier. Bien entendu, ce fil transversal peut être moins robuste que celui qui supporte la ligne aérienne.

Quand la ligne aérienne est montée sur consoles, on fixe au-dessus



Fig. 480. — Demi-cylindres isolants en caoutchouc.

de ces dernières des isolateurs ou des poulies en porcelaine qui servent de supports aux fils de garde.

Dans certains cas on place au-dessus de la console une sorte de bras recourbé qui supporte les fils de garde.

Ces fils de garde ne sont pas toujours très efficaces quand le fil



Fig. 481. — Baguette protectrice.

télégraphique croise la ligne aérienne sous un angle assez aigu. De plus, dans le cas où le trolley vient à quitter le fil de contact, il peut arriver que les fils de garde soient arrachés. Dans les courbes,

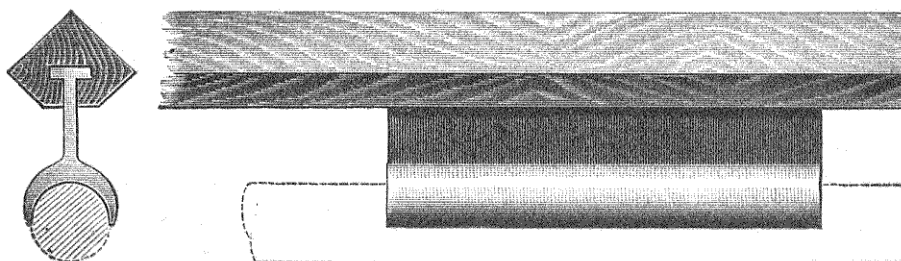


Fig. 482. — Baguette protectrice.

la complication qui résulte de l'installation des fils de garde constitue un grave inconvénient.

On fait parfois usage des *boucles de garde* lorsqu'il s'agit de protéger des fils téléphoniques situés au-dessous de feeders. La boucle de garde, qui est en communication permanente avec la terre, entoure le feeder sans le toucher. En cas de rupture de ce dernier, le fil n'étant plus soutenu vient toucher la boucle et se trouve ainsi mis à la terre

immédiatement (fig. 483). Les *rampes de garde* (fig. 484), qui sont applicables à une série de feeders, sont basées sur le même principe.

Lorsqu'il s'agit de fils téléphoniques situés au-dessus des fils de trolley, le procédé de protection le plus simple et le plus sûr est certainement celui qui consiste dans l'emploi des baguettes protectrices (fig. 480, 481 et 482). Ces baguettes en bois créosoté se fixent sur le fil

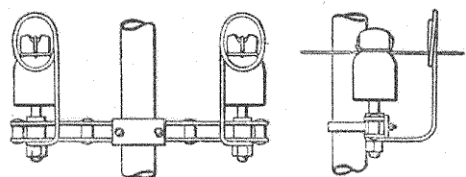


Fig. 483. — Boucles de garde.

de trolley au moyen de pinces en cuivre que l'on referme au marteau.

En général ces pinces se placent tous les 75 centimètres. On engage leur partie supérieure dans une rainure longitudinale que porte la baguette en bois.

La baguette en bois doit être interrompue aux isolateurs. Dans le

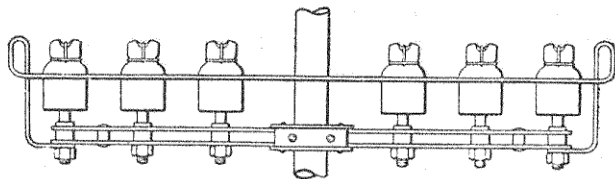


Fig. 484. — Rampes de garde.

cas où le montage de la ligne aérienne est fait sur fils transversaux, on dispose au-dessus de l'isolateur une sorte de pont constitué par deux fils de cuivre s'attachant aux baguettes au moyen de manchons en zinc ou en fer blanc verni.

Le montage sur consoles rend nécessaire l'interruption de la protection au droit de la console. Dans le but d'empêcher les fils téléphoniques de glisser sur la baguette et de venir ainsi en contact du fil de travail, on dispose aux extrémités de cette dernière des crochets maintenus sur la baguette au moyen de manchons en fer blanc.

Il ne faut pas avoir une confiance exagérée dans les différents systèmes de protection télégraphique. Ils peuvent être efficaces quand ils sont neufs, mais ils donnent parfois une sécurité trompeuse au bout de quelques mois d'exploitation.

Le service des télégraphes paraît d'ailleurs partager cette manière

de voir. Bien qu'il rende obligatoire pour les compagnies l'installation des différents systèmes de protection que nous venons d'examiner, il installe, pour son propre compte, des dispositifs de sécurité supplémentaires.

Dans les nouvelles installations qui ont été faites dans la banlieue

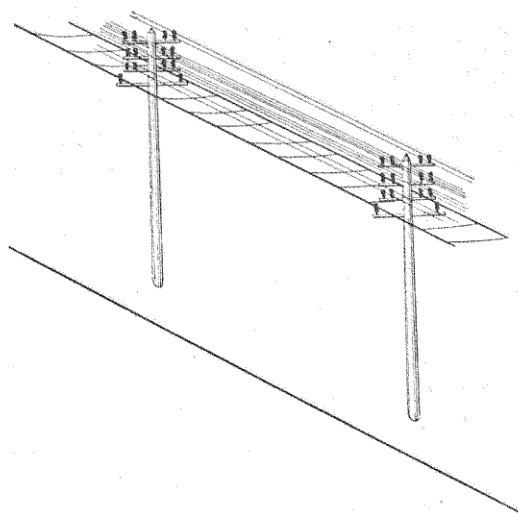


Fig. 485. — Filets protecteurs installés sous les conducteurs téléphoniques.

de Paris, l'administration des télégraphes a installé des filets protecteurs au-dessous des fils télégraphiques ou téléphoniques qui croisent les fils de trolley (fig. 485). Ces dispositions ont été complétées par la protection des appareils téléphoniques et télégraphiques au moyen de coupe-circuits fusibles.

§ 5. — DISPOSITIFS DE COUPURE DES FILS DE TROLLEY

Il y a des cas où l'on se trouve dans l'obligation de supprimer momentanément les fils de trolley en un point déterminé. Ce cas s'est présenté notamment dans la banlieue sud de Paris où habitent de nombreux pépiniéristes; ces derniers ont exigé des compagnies de tramways qu'elles suppriment momentanément le fil de trolley pour livrer passage aux chariots transportant des arbres dont la hauteur dépasse 7 mètres. Le service du contrôle a cependant restreint les exigences de ces pépiniéristes en décidant que les coupures ne seraient exécutées que la nuit, pendant la période d'arrêt des voitures.

La suppression momentanée des fils de trolley au passage d'un chemin exige naturellement que l'on réalise l'ancrage de la ligne de chaque côté de la solution de continuité.

La coupure proprement dite est obtenue au moyen d'une oreille spéciale séparable en deux parties. On peut réaliser de différentes façons un type d'oreille remplissant ces conditions. On emploie, dans ce but, une oreille dont les deux parties sont munies de brides venues de fonte ; l'assemblage se fait au moyen de quatre boulons. L'une des parties de l'oreille est plus longue que l'autre parce qu'elle est disposée de manière à pouvoir être vissée sur un isolateur.

Il est indispensable que le fil de trolley soit privé de courant au moment où l'on effectue la manœuvre de l'enlèvement du fil. Sans compter le danger que court l'équipe pendant cette opération, il y a lieu de craindre que le fil de trolley ne vienne toucher le poteau ou la terre et ne cause, par suite, un court-circuit.

Dans le but d'éviter cet accident, il est indispensable d'installer un isolateur de sectionnement au droit des poteaux voisins de ceux qui supportent les oreilles de coupure. Les deux côtés de ces isolateurs de sectionnement sont en communication par l'intermédiaire d'un interrupteur de sectionnement placé sur le poteau ; cet interrupteur doit être fermé en temps normal. Lorsqu'on veut effectuer la coupure, on doit donc commencer par ouvrir les interrupteurs placés de chaque côté. On déboulonne ensuite l'oreille en utilisant une voiture de montage et on laisse glisser à terre la partie mobile de l'oreille en l'attachant à un cordage.

Il faut manier avec soin la partie mobile du fil et ne pas la recourber trop brusquement. Le fil de 9 millimètres est, en effet, très rigide et il faut le manier avec beaucoup de soin pour ne pas le détériorer.

CHAPITRE XII

ORGANES DE PRISE DE COURANT POUR LIGNES AÉRIENNES

Différents appareils ont été inventés dans le but de recueillir le courant sur les lignes aériennes. Nous avons vu, au début de cet ouvrage, que les premiers essais de traction électrique avaient été exécutés en employant des organes de prise de courant reliés à la voiture par un câble souple. Ces collecteurs de courant étaient constitués par des chariots à deux ou à quatre roulettes selon que l'on faisait usage d'un seul ou de deux fils de travail. Dans le cas où les conducteurs creux étaient employés, on avait recours à une sorte de navette glissant à l'intérieur du tube.

Ces différents dispositifs de prise de courant ne présentent plus qu'un intérêt rétrospectif car ils ont été à peu près complètement abandonnés à la suite de la mise en service d'appareils plus modernes et plus pratiques permettant une grande simplification des lignes aériennes.

Nous classerons ces différents dispositifs de prise de courant en quatre catégories.

- 1° Trolleys pour lignes axiales ;
- 2° Losanges articulés de prise de courant, également pour lignes axiales ;
- 3° Trolleys à libre déviation pour lignes désaxées ;
- 4° Archets de prise de courant.

§ 1. — TROLLEYS POUR LIGNES AXIALES

Les trolleys de prise de courant sur lignes axiales ont été les plus employés jusqu'à ces derniers temps. A la suite de divers perfectionnements on est arrivé à leur donner une assez grande régularité de fonctionnement.

Un trolley se compose de trois parties :

- 1° La base ;

2° La perche ;

3° La tête.

Nous allons examiner séparément les dispositions employées pour ces trois parties.

1° Base. — La base du trolley a pour but de permettre à ce dernier d'osciller dans un plan vertical. Cette base comprend en outre des ressorts de rappel tendant à ramener la perche contre le fil et à obtenir une pression de 6 à 7 kilog. au contact de ce dernier.

Les premiers trolleys qui ont été construits étaient dépourvus de pivots permettant d'orienter la perche dans différents plans verticaux.

Il était nécessaire, cependant, de donner à la perche un certain jeu pour permettre à la roulette de passer dans les courbes sans dérailler.

Le premier type de trolley à perche comportait une suspension de la perche au moyen de quatre chaînes (fig. 486). Ces chaînes s'accrochaient à la base

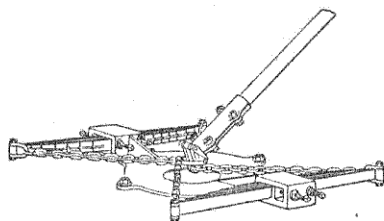


Fig. 486. — Base à chaînes.

de la perche et aux extrémités de deux ressorts à lames. L'inclinaison de la perche avait pour résultat immédiat d'augmenter la tension de ces ressorts : la perche tendait donc toujours à être ramenée dans la

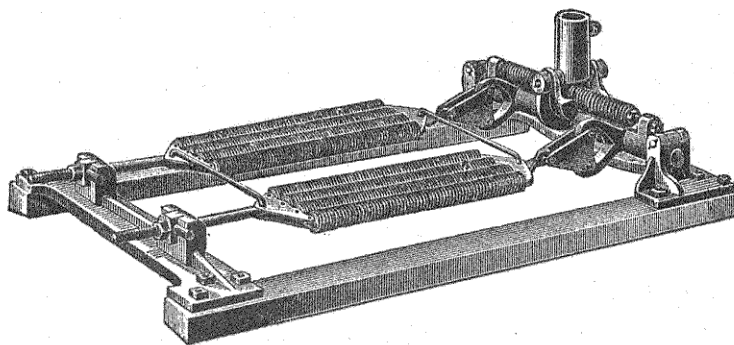


Fig. 487. — Base à oscillation latérale.

position verticale. On pouvait, de plus, l'incliner dans tous les sens, le rappel des ressorts se faisant dans toutes les directions.

La simple inspection de la figure montre tout de suite que le réglage d'une pareille base est à peu près impossible. La place manque, en effet, pour intercaler des tendeurs sur la chaîne. De plus, les déraille-

ments de la poulie étaient fréquents en raison de la mobilité excessive de la perche.

On essaya ensuite d'employer un autre type plus perfectionné, représenté sur la figure 487. Cette base, de même que la précédente, est dépourvue de pivot vertical.

Elle se compose d'un cadre en bois à l'extrémité duquel se trouve un axe horizontal supportant la perche. Cet axe porte en son milieu une fourche supportant un autre axe horizontal perpendiculaire au premier. Ce deuxième axe se compose, en réalité, de deux tourillons faisant partie de la perche.

Le perche de trolley est donc pourvue d'une sorte de suspension à la Cardan.

Elle peut s'incliner à droite et à gauche de la voiture et elle est toujours ramenée dans la position verticale par les deux ressorts spéciaux.

L'inclinaison en avant et en arrière est réglée au moyen de deux faisceaux de quatre ressorts chacun qui tendent toujours à ramener la

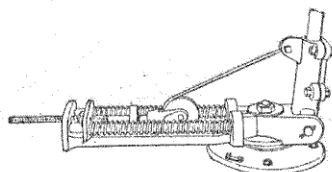


Fig. 488. — Base pivotante à câble.

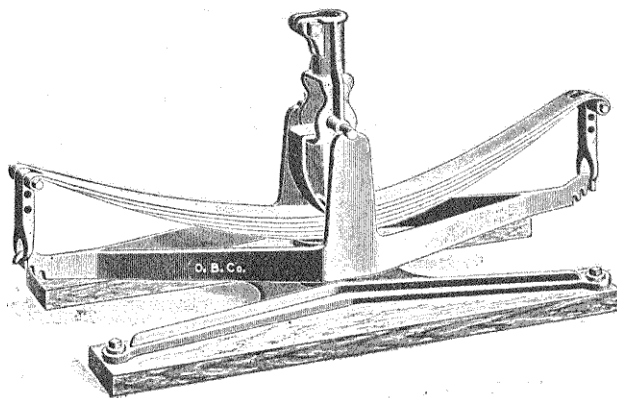


Fig. 489. — Base de trolley munie d'un ressort à lames.

perche dans la position verticale. L'attache de ces ressorts est combinée de manière à ce que le trolley puisse être incliné en avant ou en arrière, le rappel se faisant toujours de la même façon.

On s'est bien vite aperçu qu'un trolley ne pouvait fonctionner dans des conditions satisfaisantes qu'à la condition de pouvoir prendre un mouvement de rotation autour d'un axe vertical. On diminue, de la sorte, la complication de la base du trolley et l'on obtient, en même temps, une plus grande régularité de fonctionnement.

La figure 488 représente une base établie suivant le nouveau principe. Un pivot vertical permet l'orientation du trolley dans tous les azimuts. Le rappel de la perche se fait au moyen d'un câble métallique

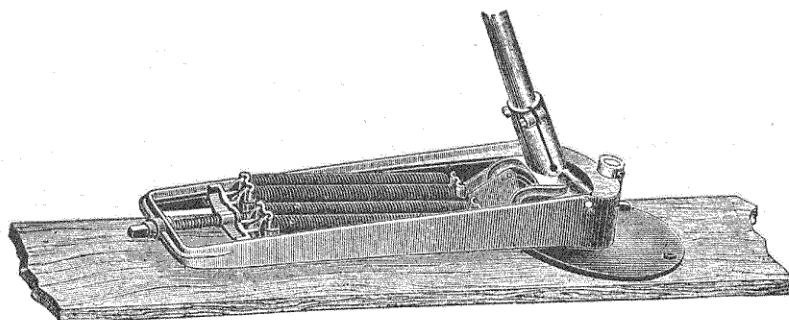


Fig. 490. — Base Thomson-Houston.

fixé à la base à l'une de ses extrémités et à la partie inférieure de la perche à l'autre extrémité. Ce câble vient passer sur une poulie de renvoi montée sur deux ressorts à boudin. Ces ressorts subissent une

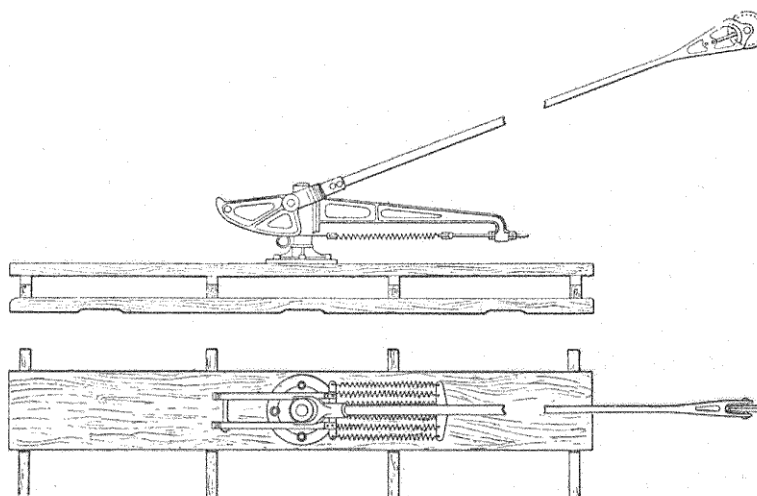


Fig. 491. — Base à secteurs en spirale de la Cie Thomson-Houston.

compression proportionnelle à l'inclinaison de la perche et tendent, par suite, à ramener cette dernière dans la position verticale.

On a également employé le dispositif représenté sur la figure 489. Cette base est mobile autour d'un axe vertical comme toutes celles que

nous verrons dans la suite. Le rappel dans la position verticale est obtenu au moyen d'un ressort à lames.

La Compagnie Thomson-Houston et la Compagnie de Fives-Lille

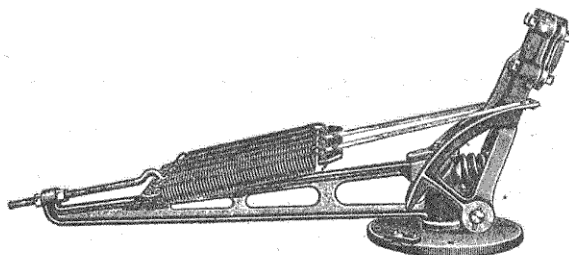


Fig. 492. — Autre base à secteurs en spirale.

emploient encore aujourd'hui une base rotative dans laquelle le rappel est obtenu au moyen d'un faisceau de quatre ressorts à boudin

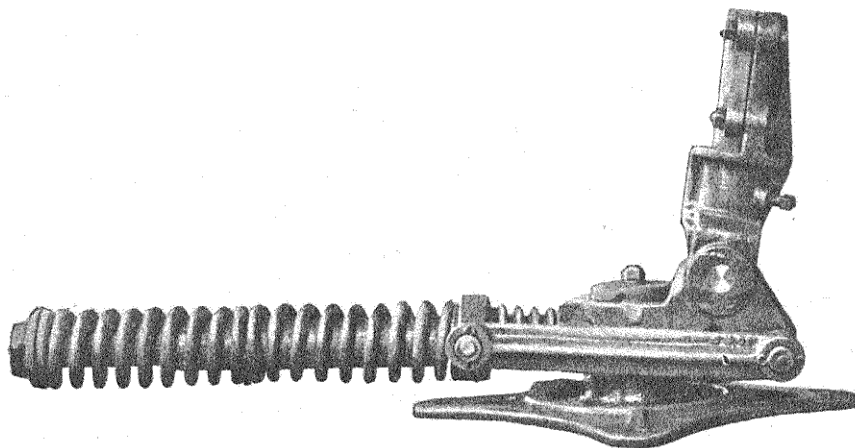


Fig. 493. — Base Walker.

(fig. 490). Ces ressorts se règlent facilement au moyen d'un tendeur à vis placé à l'extrémité du bâti en fonte qui les supporte.

La Compagnie Thomson-Houston construit également une autre base dans laquelle le rappel est obtenu au moyen de ressorts à boudin horizontaux travaillant à la traction (fig. 491). Des cames en forme de spirale permettent d'obtenir un effort de redressement constant quelle que soit l'inclinaison de la perche. Il y a lieu en effet de ménager cette dernière et de ne pas lui faire supporter des efforts de flexion exagérés lorsqu'elle est très fortement inclinée ou complètement rabattue.

Une autre base, de construction américaine, basée sur le même principe est représentée sur la figure 492. Les cames en forme de spirale sont disposées au-dessus de l'axe horizontal. Cette disposition paraît préférable au point de vue de la résistance car le moment de flexion maximum à la base de la perche est moins fort que dans le cas précédent.

Les bases précédentes sont assez lourdes et disgracieuses. On a

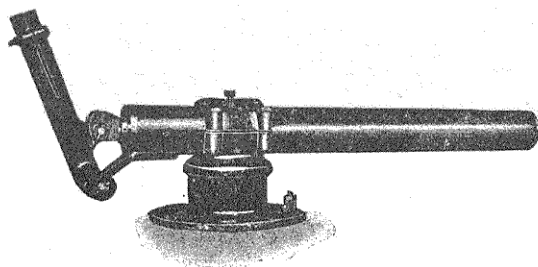


Fig. 494. — Base à fourreau.

cherché à améliorer leur aspect en diminuant le nombre des ressorts, en augmentant leur force et en ne les faisant plus travailler qu'à la compression.

La base Walker (fig. 493) est établie d'après ces conditions. L'inclinaison de la perche a pour résultat de transmettre le mouvement à deux bielles qui s'articulent sur une bague comprimant le ressort de rappel. Un ressort d'amortissement, placé de l'autre côté de la bague, atténue le choc qui pourrait se produire dans le cas d'un déraille-

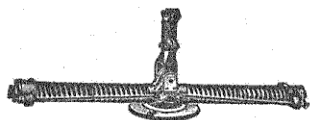


Fig. 495. — Base permettant l'inclinaison dans deux sens.

ment de la roulette du trolley.

Nous signalerons également une autre base de trolley (fig. 494) dans laquelle le ressort est emprisonné dans un fourreau métallique, mais nous ne voyons pas bien l'intérêt qu'il y a à rendre le ressort invisible.

Les derniers trolleys que nous venons d'examiner ne fonctionnent que dans un seul sens. Ils doivent donc être retournés bout pour bout au terminus des lignes. Cette opération n'est pas toujours facile lorsque la voie est bordée d'arbres touffus.

On peut alors employer avantageusement la base à deux ressorts symétriques (fig. 495). Cette base est néanmoins pourvue d'un pivot vertical nécessaire au bon fonctionnement du trolley. Le trolley en s'inclinant comprime l'un ou l'autre des ressorts grâce à la présence de quatre tirants.

On a cherché à rendre les bases encore plus légères en plaçant le ressort de rappel sur la perche elle-même. On peut réaliser facilement

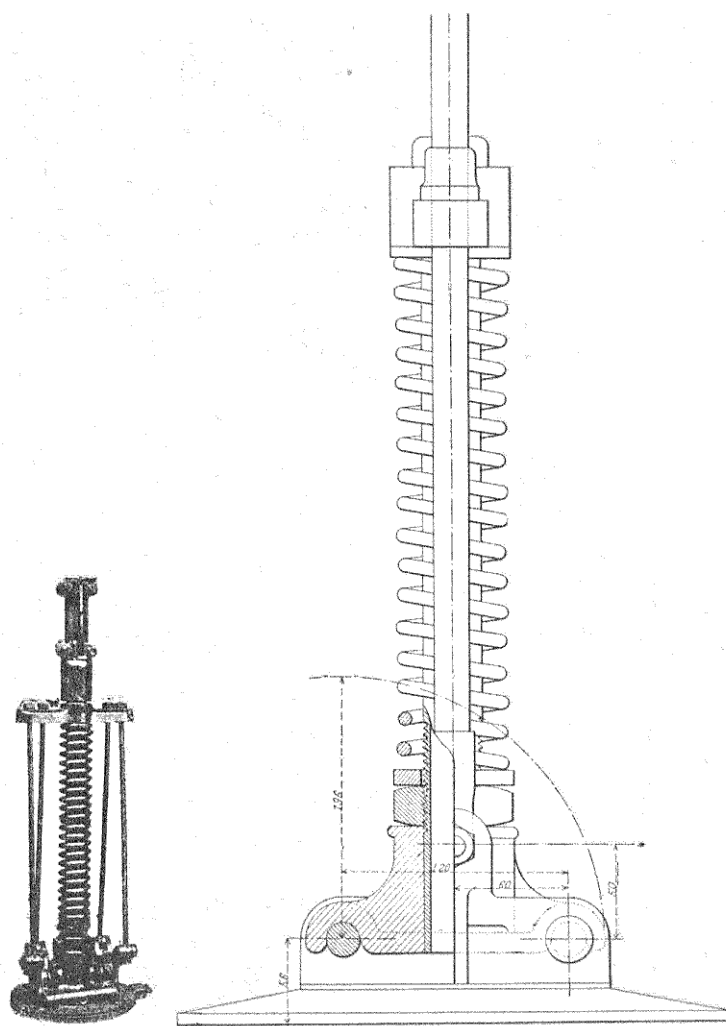


Fig. 496 et 497. — Base avec ressort enfilé sur la perche.

cette disposition en employant pour le support de ressort des points d'attache excentrés. Le ressort est comprimé entre une bague fixe placée à la base de la perche et une bague mobile reliée par un double jeu de tiges croisées à la pièce supportant la perche (fig. 496).

Le fonctionnement de cette base est facile à comprendre. Par suite

de la position excentrée des points d'attache des tirants inclinés, la bague mobile se trouve rapprochée de la base de la perche quand on

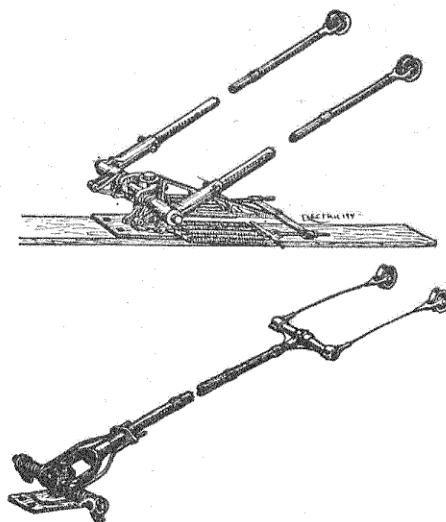


Fig. 498 et 499. — Bases pour trolleys doubles.

écarte cette dernière de la position verticale. La compression du ressort croît avec l'inclinaison de la perche jusqu'à ce que cette dernière

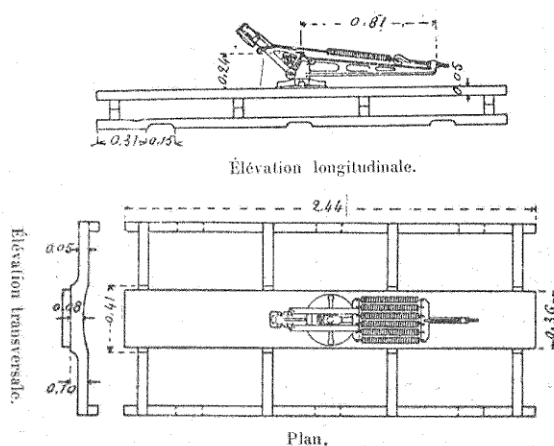


Fig. 500. — Support de trolley de la C^{ie} Thomson-Houston.

soit inclinée à environ 45°. A partir de ce moment la bague ne subit plus de déplacement le long de la perche et la compression du ressort

reste constante. On peut donc rabattre complètement la perche sans la soumettre à des efforts de flexion exagérés.

La perche peut se rabattre en avant ou en arrière grâce au double jeu de tirants. Ces derniers sont maintenus dans la bague mobile au moyen d'une tête; ils sont donc complètement indépendants de la bague quand elle se déplace sous l'action des tirants opposés.

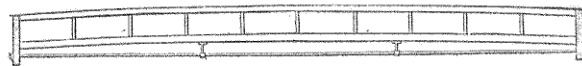
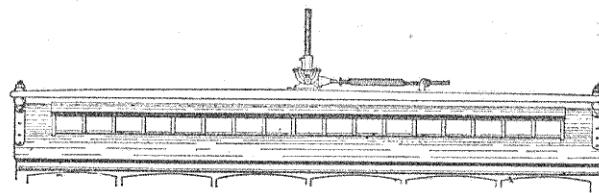


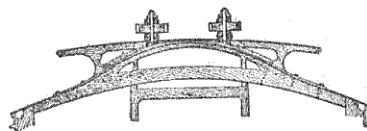
Fig. 501. — Toit renforcé pour supporter le trolley.

Le même résultat peut être obtenu sans biellettes en faisant pivoter la base du trolley autour de deux axes horizontaux différents, selon que la perche est inclinée en avant ou en arrière (fig. 497). Le contact de la base se fait avec les deux axes à la fois quand le trolley se trouve dans la position verticale.

Cette base est pourvue d'un pivot. Elle est établie d'après une idée



Élévation longitudinale.



Coupe transversale.

Fig. 502. — Support de trolley de la Cie de Fives-Lille.

ingénieuse mais on peut lui reprocher, comme à la précédente, d'ailleurs, de ne pas permettre l'établissement d'un pivot de hauteur suffisante, pouvant fonctionner, par conséquent, dans les conditions les plus favorables.

Dans le but de donner au trolley une certaine élasticité, les constructeurs ont parfois essayé d'interposer des ressorts entre la base et le toit de la voiture. Nous ne pensons pas que ce mode de construction soit bien recommandable.

2° Montage de la base sur la voiture. — Il y a lieu de prendre certaines

H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

précautions pour monter la base du trolley sur le toit de la voiture.

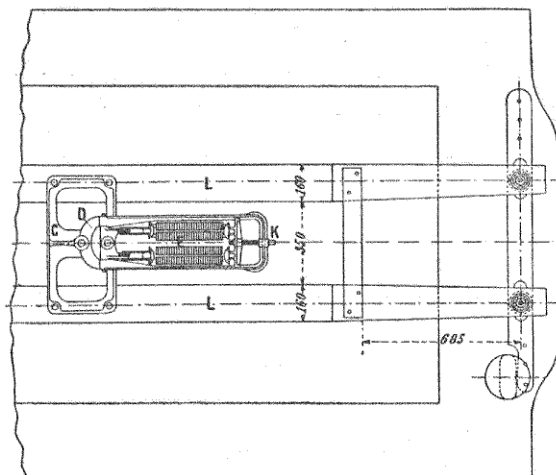


Fig. 503. — Plan du support de trolley de la Cie de Fives-Lille.

Les réactions subies par le trolley, étant parfois considérables, désorganiserait fatalement le toit de la voiture si l'on ne le renforçait convenablement.

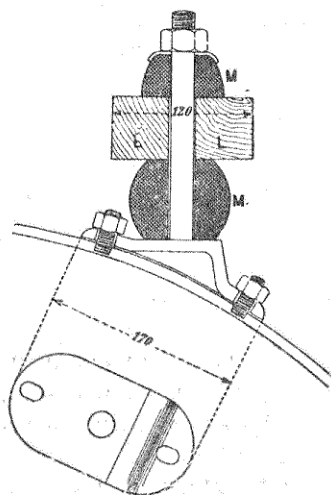


Fig. 504. — Mode de suspension des madriers supportant le trolley.

La meilleure disposition consiste à répartir les efforts sur plusieurs membrures du toit, en interposant un châssis en bois régnant sur une grande partie de la longueur de la voiture (fig. 491 et 500); c'est la disposition employée par la Compagnie Thomson-Houston.

On se borne parfois à renforcer le toit tout entier au moyen de tirants agissant sur des poinçons (fig. 501).

La Compagnie de Fives-Lille et l'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft, de Berlin, emploient un dispositif assurant une répartition du poids sur les parties extrêmes du toit de la voiture, qui sont les plus capables de supporter une charge. La liaison est, de plus, élastique et isolante (fig. 502-504). Ce résultat est obtenu en supportant le trolley au moyen de deux madriers, en forme de poutre d'égale résis-

tance, supportés par deux appuis. Ces deux madriers sont soutenus à leurs extrémités par des ferrures spéciales avec interposition de cylindres de caoutchouc. Le boulon d'assemblage exerce son action par l'intermédiaire d'une autre pièce de caoutchouc (fig. 504). On obtient ainsi une suspension très élastique; de plus, la longueur des madriers diminue considérablement la valeur des moments de flexion développés dans la charpente de la voiture.

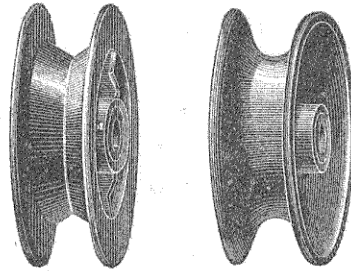


Fig. 503 et 505. — Roulettes de trolley.

Les voitures des Compagnies de l'Est-parisien, de l'Ouest-parisien

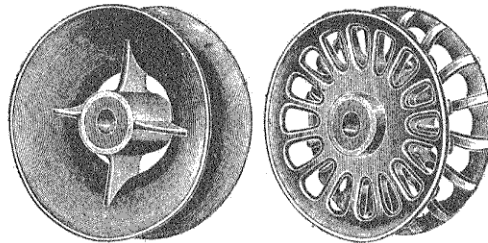


Fig. 507 et 508. — Roulette ordinaire et roulette à givre.

et du Secteur de la rive gauche sont aménagées de manière à supporter le trolley par l'intermédiaire d'une petite plate-forme en bois reposant au droit de deux renforts principaux du toit, soutenus eux-mêmes par des montants verticaux.

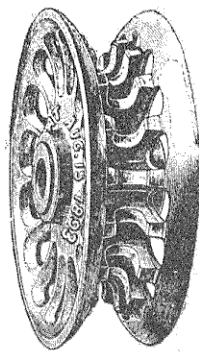


Fig. 509. — Roulette pour enlever le givre.

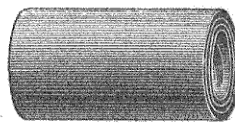


Fig. 510. — Canon de roulette de trolley.

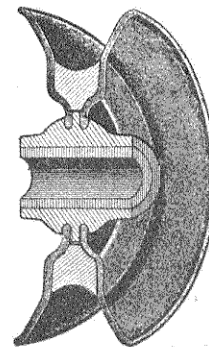


Fig. 511. — Roulette démontable.

3° Perches de trolleys. — Il y a peu de chose à dire sur la perche de trolley qui se compose, en général, d'un tube d'acier de section con-

stante ou décroissante. Sa longueur varie suivant la hauteur au-dessus du sol du fil de travail. En général on fait usage de perches de 4 mètres de longueur pour les lignes axiales.

Ces perches sont généralement formées d'une feuille d'acier soudée

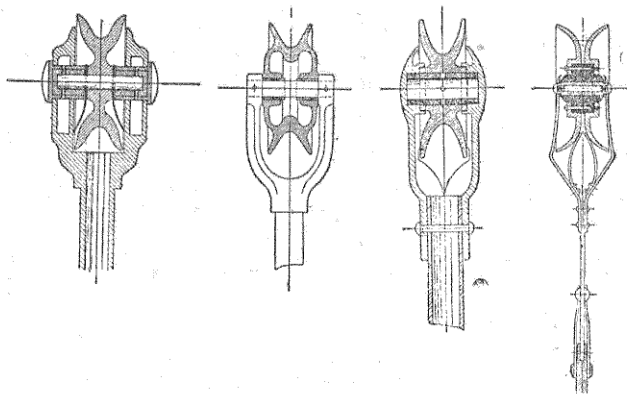


Fig. 512, 513, 514, 515. — Différents types de têtes de trolleys.

dans le sens de la longueur. On fabrique, en ce moment, des perches

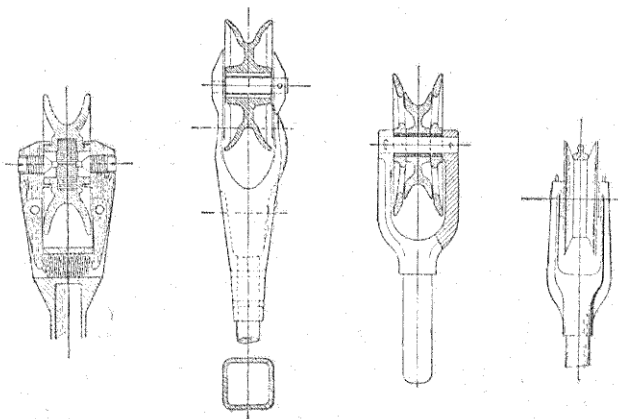


Fig. 516, 517, 518, 519. — Différents types de têtes de trolleys.

de trolley, d'après le procédé Mannesmann, qui permet d'obtenir, sans aucune soudure, des tubes de sections décroissantes.

4° Têtes de trolleys. — La tête de trolley comprend le support de poulie et la poulie proprement dite. Cette dernière est généralement en bronze dur et en une seule pièce. On a bien essayé de les construire

en plusieurs pièces afin de pouvoir remplacer les parties usées par le frottement au contact du fil, mais la complication qu'entraîne l'emploi de ces roulettes leur fait perdre tous les avantages qu'on pourrait espérer; aussi sont-elles fort peu employées aujourd'hui.

Les roulettes de trolley sont généralement folles sur un axe fixe (fig. 505, 506 et 507). Le graissage demande des soins particuliers, si l'on veut être assuré d'un bon fonctionnement. Lorsque le moyeu de la roulette est entièrement en métal, le graissage doit être très abondant. On a généralement recours à un artifice qui consiste à enchâsser dans la roulette un moyeu amovible que l'on appelle *canon* (fig. 510). Ce canon peut être en bronze garni de plombagine ou en graphite. On a même parfois employé des garnitures en cuir non tanné qui n'ont pas donné de mauvais résultats.

Dans le cas où l'on fait usage de la plombagine, le canon porte sur sa surface intérieure une rainure hélicoïdale que l'on garnit avec la pâte lubrifiante (fig. 520). C'est le procédé employé par la Compagnie de Fives-Lille.

Les canons en graphite tourné sont également très durables et donnent un excellent contact. La gorge de la roulette peut affecter différents profils. En général les profils les plus employés affectent une forme en V ou arrondie (fig. 505 et 506).

Dans les pays où les fils de travail sont fréquemment recouverts de givre, on fait usage d'une roulette spéciale de trolley pour effectuer le nettoyage de la ligne. Cette roulette porte des nervures saillantes qui remplacent la gorge continue (fig. 508 et 509).

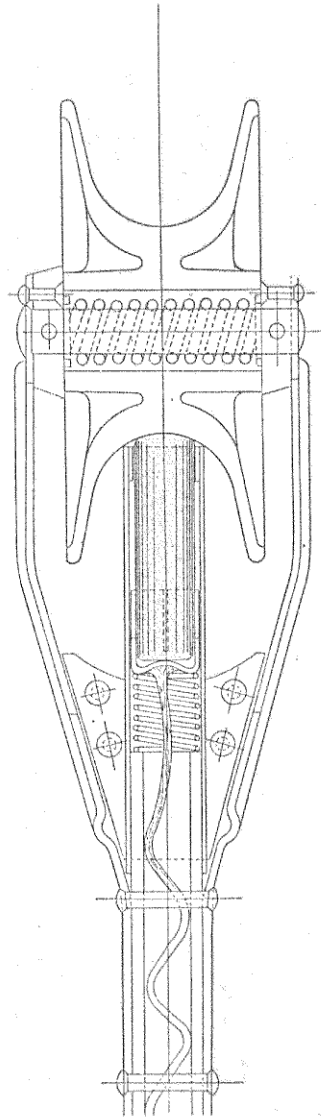


Fig. 520. — Tête de trolley de la Compagnie de Fives-Lille.

Le support de roulette affecte des formes très variables. Il est indispensable qu'il ne présente aucune partie saillante afin qu'il ne se pro-

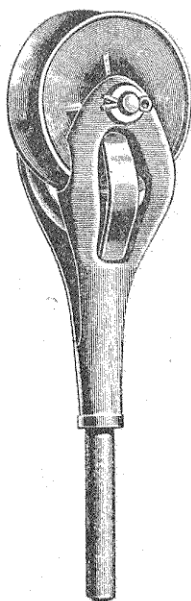


Fig. 521. — Tête de trolley axial.

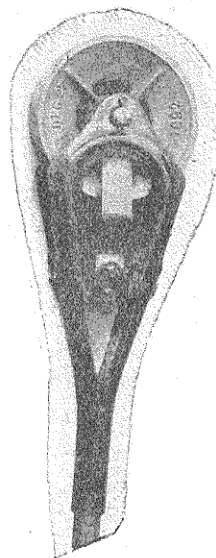


Fig. 522. — Tête de trolley axial.

duise pas d'accrochage avec le fil de travail en cas de déraillement de la roulette.

Il y a lieu également de se préoccuper de l'obtention d'un bon contact afin que le courant n'éprouve pas une résistance exagérée dans le passage de la poulie à son support. En général ce résultat est obtenu au moyen de deux ressorts en cuivre, rivés au support, qui s'appuient sur les faces du moyeu de la roulette.

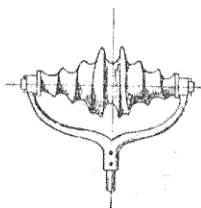


Fig. 523. — Roulette en forme de colimaçon.

La Compagnie Falk, de Milwaukee, emploie un mode de suspension particulier pour la roulette. Cette dernière est supportée par deux pivots en acier maintenus par deux pièces articulées chacune autour d'un axe horizontal et pressées contre le centre de la roulette par l'action d'un ressort les tenant écartées à l'autre extrémité (fig. 516).

Les figures 512 à 520 représentent une série de dispositions qui ont

été appliquées dans les têtes de trolleys par les constructeurs américains.

La tête représentée figure 512 est munie de chambres à huile, mais son poids est beaucoup plus grand que celui des têtes usuelles.

Sur la figure 513 on a représenté une tête à roulette creuse servant elle-même de réservoir d'huile ; l'axe et les paliers sont en acier. Ce type ne s'est pas répandu.

La figure 514 représente la coupe d'une tête de trolley dont la roulette est munie d'un canon en graphite.

Nous ne citerons qu'à titre rétrospectif la disposition consistant à donner à la gorge de la roulette des surfaces convexes non raccordées (fig. 515). Le courant est

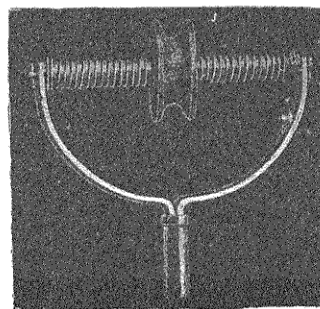


Fig. 524. — Roulette à déplacement latéral.

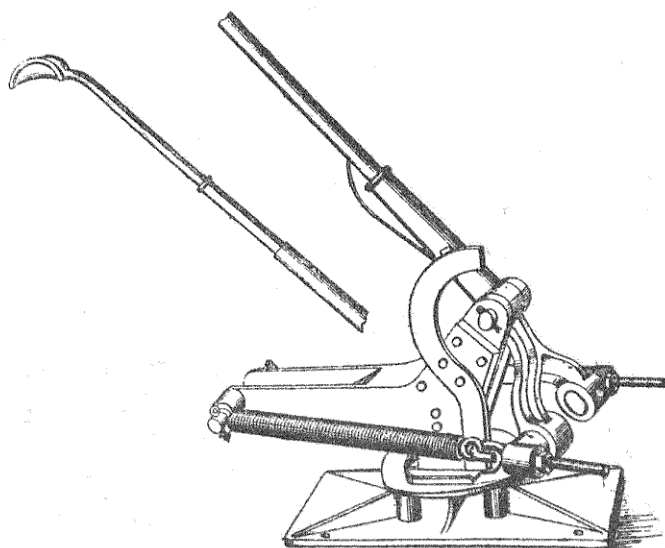


Fig. 525. — Trolley à cuiller.

recueilli au moyen de deux lames de ressorts s'appuyant sur cette gorge.

Nous mentionnerons dans la même catégorie les roulettes de trolley en trois pièces (fig. 518). La roulette centrale, en bronze, s'appuie nor-

malement sur le fil de trolley et tourne alors seule sur son axe. Dans les courbes, le fil vient toucher les roulettes latérales en acier et les fait alors tourner. On diminue ainsi le frottement sur l'axe et on obtient une meilleure résistance des bords de la roulette qui sont en acier. La complication de cette roulette a empêché que son usage ne se répande.

La figure 511 représente une roulette remplissant à peu près le

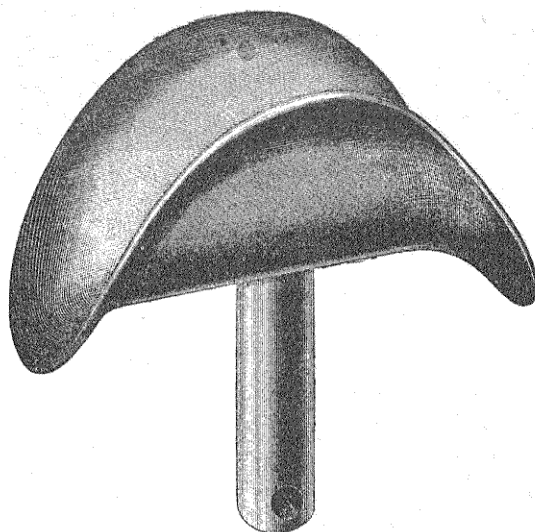


Fig. 526. — Cuiller de prise de courant.

même but ; les flasques sont en acier embouti tandis que la gorge et le moyeu sont en bronze. Quoi qu'il en soit, la roulette de trolley axial est presque toujours en une seule pièce avec canon de roulement amovible. Le bronze dur est le métal employé ; on renforce la roulette en la munissant de nervures extérieures reliant la jante au moyeu.

Les têtes de trolley axial employées actuellement se ramènent toutes plus ou moins au type représenté sur les figures 520-522. Le support de la tête est généralement en acier embouti.

On a essayé de faire des têtes en aluminium, mais les résultats n'ont pas été satisfaisants.

Les ruptures étaient très fréquentes par suite de la cristallisation du métal sous l'influence du courant et des chocs.

Nous citerons parmi les têtes en aluminium, celle qui est montée sur le *self oiling trolley*. A l'intérieur de chaque flasque de la tête se trouve un petit réservoir d'huile séparé d'un réservoir auxiliaire au moyen d'une cloison recourbée. Ce réservoir principal communique avec l'in-

térieur de l'axe fixe de la roulette. Toutes les fois que le trolley s'abaisse une petite quantité d'huile franchit la cloison et pénètre dans le réservoir principal ; elle pénètre ensuite dans l'axe et imbibe une bande de matière absorbante qui graisse la roulette.

5° Têtes spéciales. — On a cherché à construire des têtes de trolley dans lesquelles l'échappement du fil serait impossible.

Sprague avait inventé une poulie munie d'une double rainure en

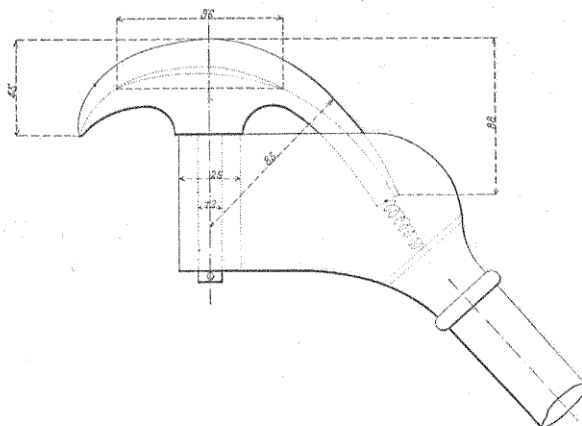


Fig. 527. — Tête à cuiller mobile de la Compagnie Thury.

colimaçon. Si le fil venait à tomber sur l'une de ces gorges, il se trouvait automatiquement ramené sur la gorge centrale par la rotation même de la poulie (fig. 523).

D'autres inventeurs ont cherché à donner à la roulette un déplacement

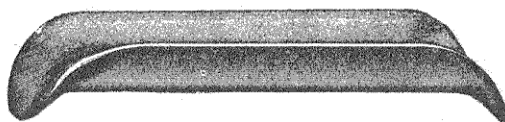


Fig. 528. — Cuiller à grande surface de contact

ment latéral le long de son axe (fig. 524). On construit actuellement des têtes de trolley, en forme de fourche aplatie, dans lesquelles la poulie se trouve enfilée sur un axe de grande longueur ; elle est comprise entre deux ressorts qui tendent à la ramener dans la position médiane lorsque le fil lui imprime un déplacement.

6° Têtes à cuiller. — On remplace parfois la roulette des trolleys par une cuiller glissant sur le fil (fig. 525 et 526).

La Compagnie de l'industrie électrique, de Genève, fait usage sur toutes ses installations d'une tête de trolley à cuiller mobile. La partie frottante, munie d'un pivot plongeant dans la douille, tend à se maintenir dans l'axe de la ligne sous l'action d'un ressort.

Après quelques jours de marche on rachète l'usure de la cuiller en enlevant et en remplaçant à chaud une pièce centrale soudée à l'étain et faite d'un métal tendre à base de cuivre (fig. 527).

On obtient ainsi une tête très légère, mais il est indispensable de munir la cuiller de graisse dans le but de réduire l'usure.

Lorsque l'on veut avoir une très grande surface de contact avec le fil de trolley, on peut faire usage de la cuiller représentée sur la figure 528.

§ 2. — POLYGONES ARTICULÉS

Il y a certains cas où l'installation d'un trolley peut présenter des difficultés presque insurmontables. Il est fort difficile, en particulier,

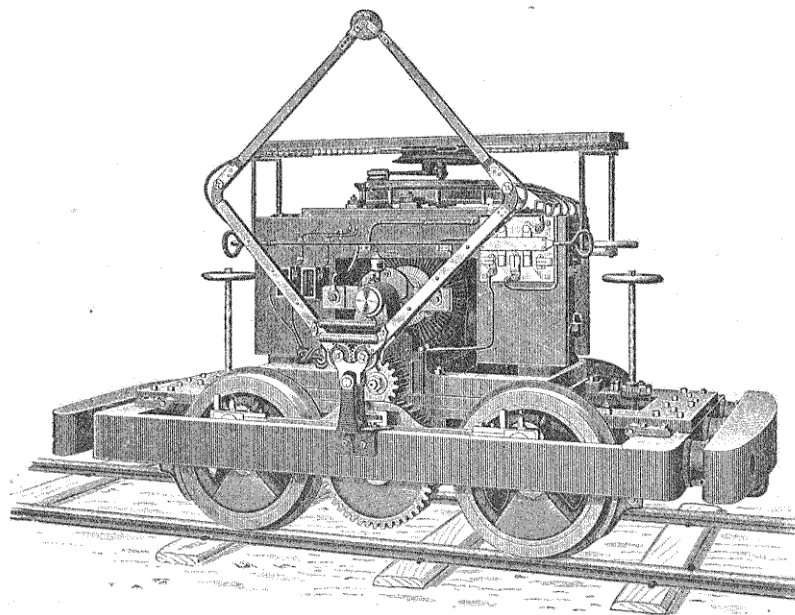


Fig. 529. — Losange articulé appliqué à une locomotive de mines.

d'équiper une locomotive pour galerie de mines avec un trolley ordinaire. On a alors la ressource d'employer un polygone articulé muni de ressorts tendant à élever la poulie. Ce polygone s'aplatit plus

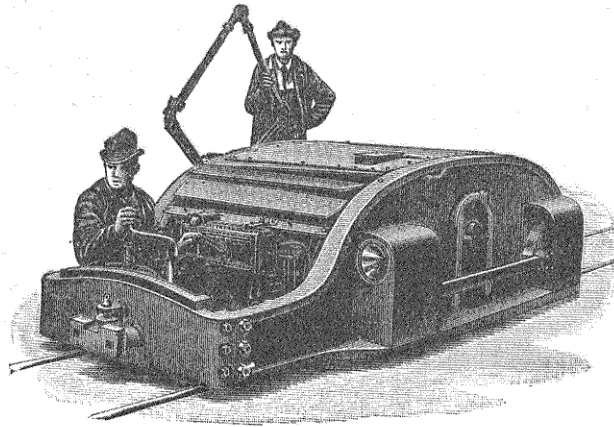


Fig. 530. — Autre application du losange articulé à une locomotive de mines.

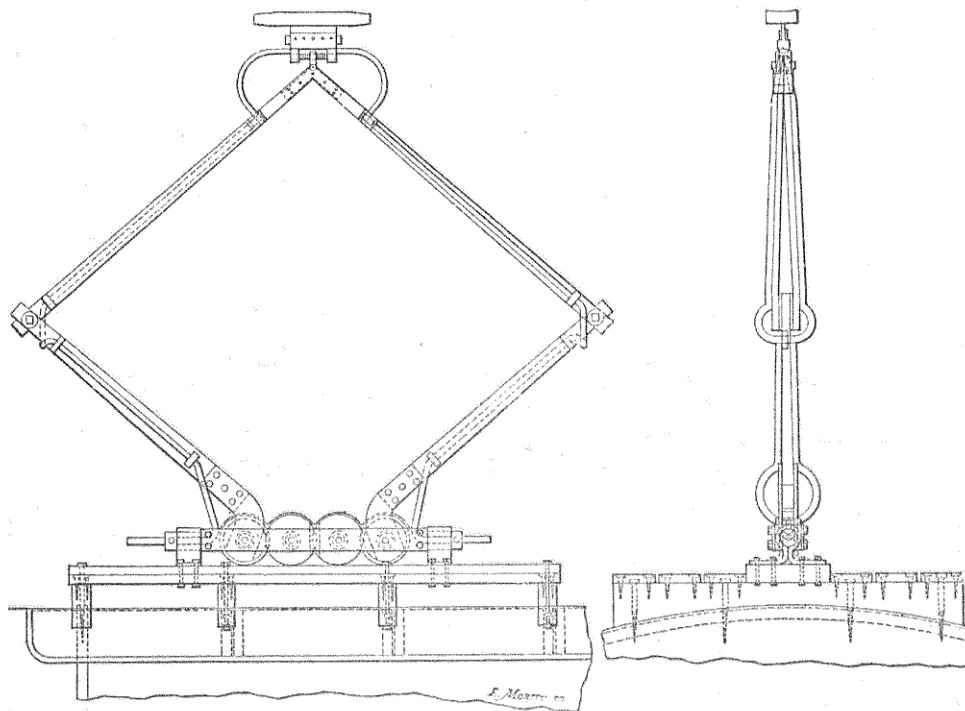


Fig. 531. — Losange articulé des locomotives circulant dans le tunnel de Baltimore.

ou moins selon la hauteur de la galerie et recueille le courant quel que soit le sens de la marche (fig. 529 et 530).

Nous avons signalé précédemment l'application d'un conducteur creux qui a été faite, en Amérique, dans le tunnel de Baltimore (fig. 201

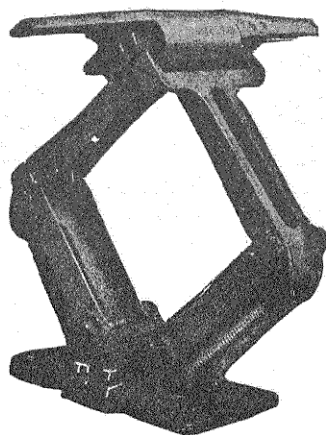


Fig. 532. — Patin de prise de courant monté sur losange articulé.

et 202). L'organe de prise de courant des locomotives et un losange articulé portant à sa partie supérieure une navette en deux parties (fig. 531).

Nous verrons plus loin, à propos des archets, d'autres exemples de polygones articulés.

§ 3. — TROLLEYS A LIBRE DÉVIATION

L'application du principe consistant à monter la roulette sur une chape pouvant pivoter autour d'un axe vertical n'est pas nouvelle puisque Dickinson l'avait déjà proposée en 1892. Par contre, les types de trolley vraiment pratiques fondés sur ce principe sont de construction assez récente.

Nous allons examiner avec quelques détails quelques-uns des types les plus perfectionnés.

Trolley Dickinson primitif. — Le trolley Dickinson primitif (fig. 536) se composait d'une base pourvue de six ressorts à boudin supportant une perche terminée par la tête représentée sur la figure 537. La roulette était maintenue dans une chape mobile autour d'un axe vertical. Cette chape pouvait se déplacer à l'intérieur d'un cône renversé jouant

le rôle de garde. Le pivot était supporté par un grain faisant partie de la tête fixe.

Trolley Blackwell. — Le trolley à libre déviation, système Blackwell, se construit pour les voitures ordinaires et pour les voitures à impériale (fig. 538 et 539).

La base est mobile autour d'un pivot vertical de grande hauteur. Le fût qui entoure le pivot fixe, est monté sur billes et peut ainsi tourner sans frottement autour de l'axe vertical. La poulie peut donc suivre le fil de travail sans éprouver de résistance de la part de la base.

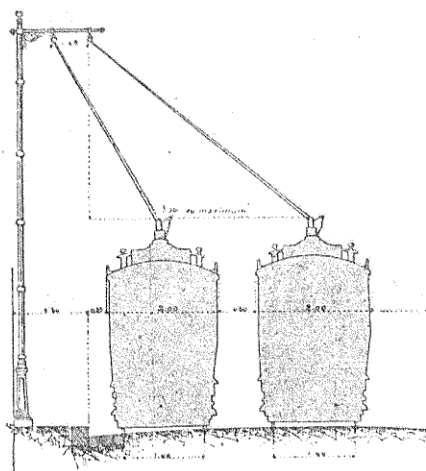


Fig. 533. — Fonctionnement du trolley Dickinson.

Le rappel de la perche est obtenu au moyen d'un faisceau de quatre ressorts à boudin.

C'est surtout dans la tête que réside l'originalité de ce trolley (fig. 540).

La poulie est montée sur une chape terminée à sa partie inférieure par un axe vertical pouvant tourner librement dans une douille faisant partie de la tête. Les frottements ont été complètement supprimés et remplacés par des roulements à billes.

Les premiers trolleys Dickinson que l'on a construits produisaient souvent des effets désastreux sur les lignes aériennes. Par suite de l'angle rentrant, causé par la présence de l'axe vertical, la tête de trolley jouait le rôle d'un crochet en cas d'échappement de la poulie. Ce crochet saisissait et démolissait tout ce qu'il rencontrait. Lorsque l'obstacle résistait, c'était le trolley qui se brisait; parfois même le toit de la voiture était emporté.

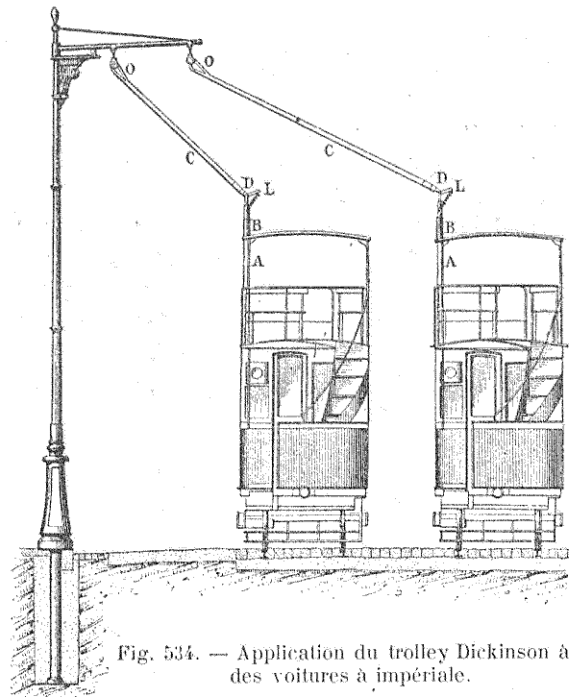


Fig. 534. — Application du trolley Dickinson à des voitures à impériale.

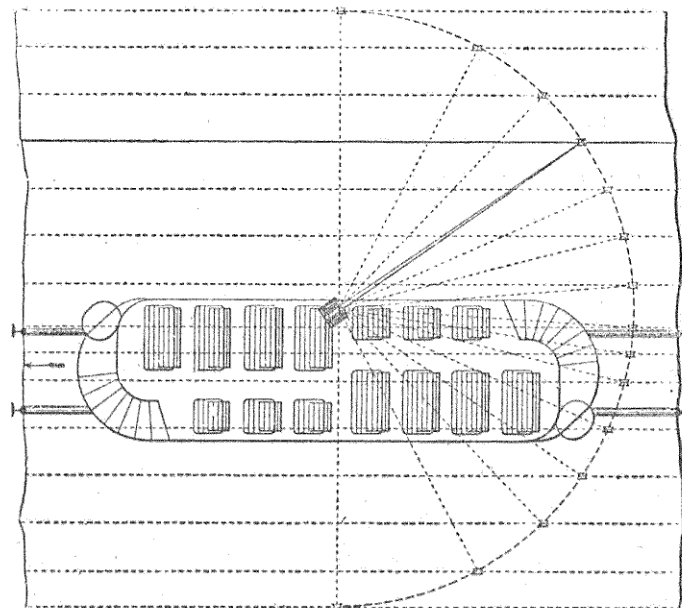


Fig. 535. — Limites du désaxement permis par le trolley Dickinson.

On a cherché, dans la suite, à éviter ce grave inconvénient en supprimant autant que possible toutes les parties saillantes et tous les angles

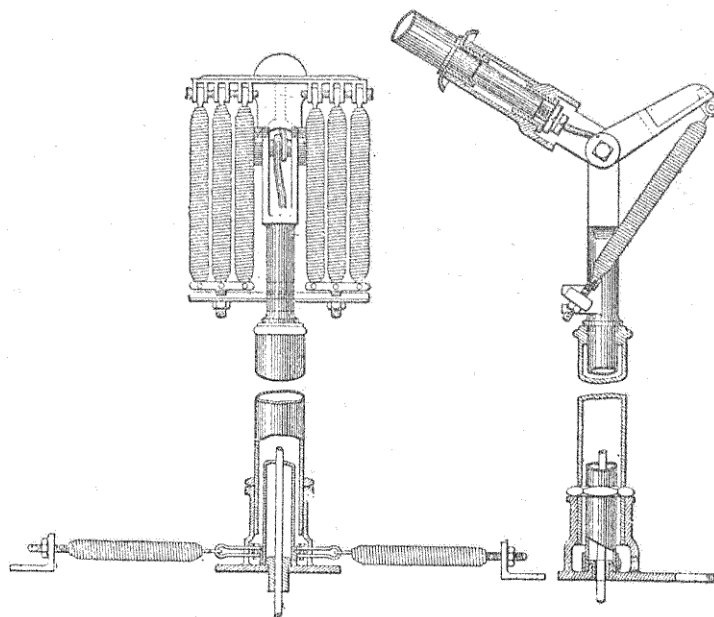


Fig. 536. — Base du trolley Dickinson primitif.

rentrants. Nous avons vu que l'on avait remédié à cet inconvénient dans le trolley Dickinson en disposant un cône renversé au-dessous de

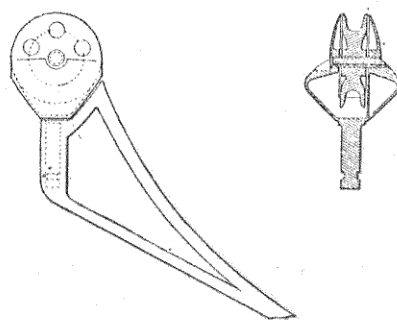


Fig. 537. — Tête du trolley Dickinson primitif.

la roulette. On a obtenu le même résultat dans le trolley Blackwell en abaissant la suspension de la poulie le plus possible et en plaçant sur la douille de perche une sorte de lame protectrice (fig. 540).

Dans le cas où la poulie n'a pas l'orientation la plus favorable, il est assez difficile de remettre le trolley sur le fil. On fait alors usage d'une

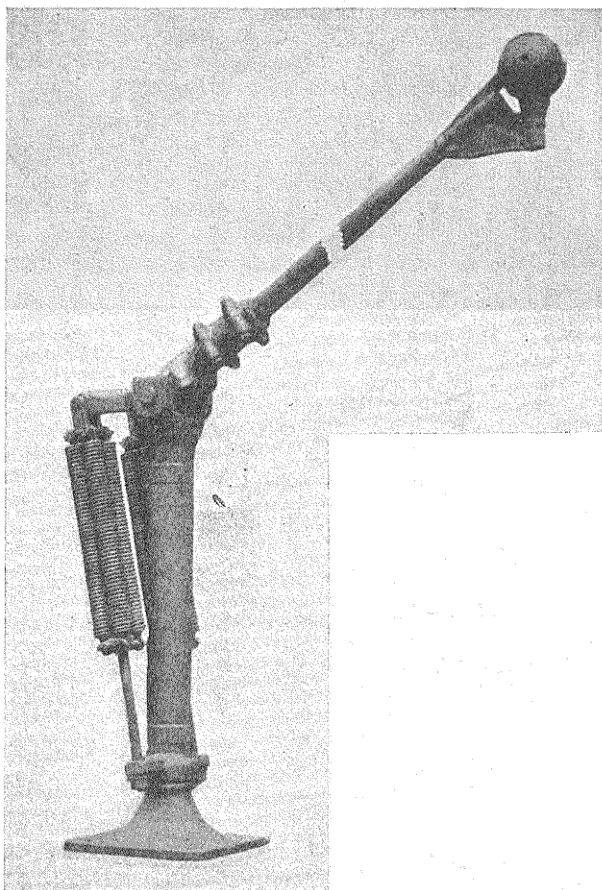


Fig. 538. — Trolley Blackwell pour voiture sans impériale.

perche en bambou qui permet de faire tourner la poulie dans la partie voulue avant de la remettre sur le fil de travail.

Ce trolley donne de bons résultats, mais il a l'inconvénient d'être d'un prix relativement élevé.

Lorsque l'on fait usage de voitures à impériale, on peut employer un trolley analogue dans lequel on a donné à la base une hauteur beaucoup plus considérable (fig. 534, 539 et 542).

Dans ce dernier cas il est indispensable de préserver les voyageurs de tout contact avec des pièces traversées par le courant.

On isole alors la tête de la perche et l'on transmet le courant de la tête à la base au moyen d'un câble fortement isolé.

La figure 544 représente une autre tête qui

est employée également avec le même trolley. Elle est plus légère et d'un prix moins élevé.

Le trolley à libre déviation système Blackwell est employé à Paris sur la ligne Bastille-Charenton et sur le chemin de fer d'Arpajon. En province on l'a installé sur les tramways de Bordeaux, Lille, le Havre, Marseille, Nancy, Orléans, Rouen, etc.

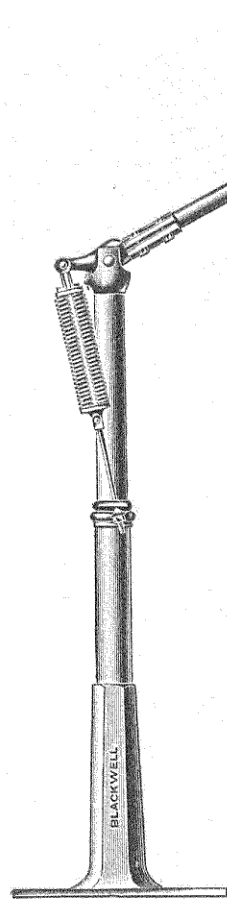


Fig. 539.
Trolley Blackwell pour
voiture à impériale.

Trolley Bisson-Bergès. — Le trolley Bisson-Bergès est caractérisé par une grande simplicité. Il en résulte qu'il est possible de l'établir à un prix inférieur à celui de la plupart des autres trolleys à libre déviation.

La base est constituée par une plaque de fondation dans laquelle est encastré un pivot vertical de 30 centimètres de longueur utile (fig. 543). La partie supérieure de ce pivot est taillée en surface convexe à la façon du grain d'une crapaudine. C'est sur cette pièce que vient reposer la partie pivotante de la base. La surface latérale du pivot ne sert qu'au guidage.

Le rappel de la perche est obtenu au moyen d'un ressort enfilé sur la perche elle-même. Nous avons déjà vu une disposition analogue à propos des trolleys pour lignes axiales. Les centres de rotation de la perche et des tiges fixées à la bague comprimant le ressort n'étant pas les mêmes, il en résulte que ce ressort est comprimé quand on incline le trolley. Cette compression est maxima pour une inclinaison de 30 à 60°, c'est-à-dire pour les positions dans lesquelles travaille couramment la perche. Cette compression diminue, au contraire, quand on augmente l'inclinaison, ce qui permet de passer facilement sous les ponts et de rabattre complè-

tement la perche sans la faire travailler à la flexion d'une manière dangereuse.

L'axe vertical de la tête a été remplacé par un plateau mobile encas-

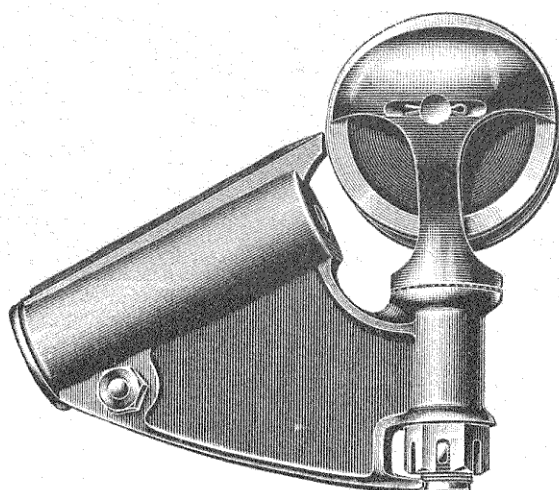


Fig. 540. — Tête du trolley Blackwell.

tré dans un évidement circulaire faisant partie de cette dernière. La vis

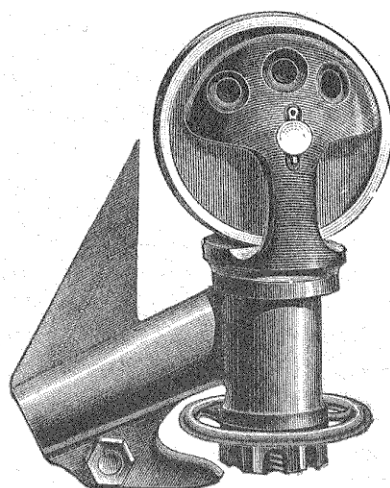


Fig. 541. — Autre type du trolley Blackwell.

que l'on voit sur la figure 544 n'est utilisée que pour maintenir les deux pièces l'une contre l'autre. On a, de la sorte, une large surface de frot-

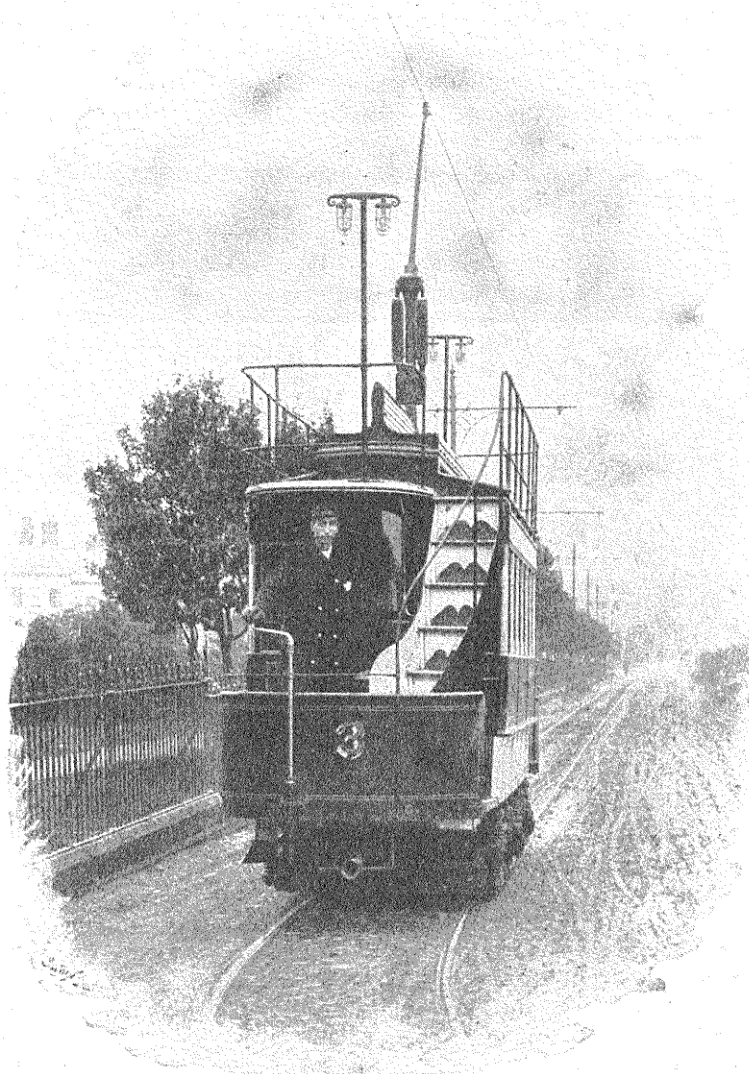


Fig. 542. — Vue d'une voiture à impériale munie du trolley Blackwell.

tement et l'on évite les coincements qui se produisent parfois avec les axes verticaux.

Il y a lieu de remarquer, également, que l'axe de la roulette se trouve un peu en arrière de l'axe vertical du plateau. Il en résulte que la rotation

autour de cet axe vertical ne se produit que sous l'influence de l'effort exercé par le fil de trolley. La roulette se trouve dans un état d'équilibre stable qui n'a pas lieu avec le véritable trolley Dickinson dans lequel l'axe horizontal de la poulie et l'axe vertical de la chape se rencontrent.

La roulette est supportée par deux paliers venus de fonte avec le

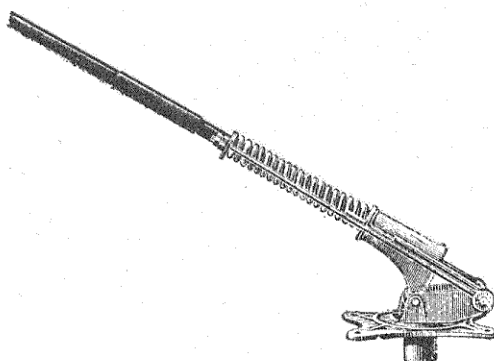


Fig. 543. — Base du trolley Bisson-Bergès.

plateau. Sur la partie postérieure de ce plateau se trouve un appendice muni d'un trou dans lequel on passe une corde qui permet de remettre le trolley sur le fil sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à une

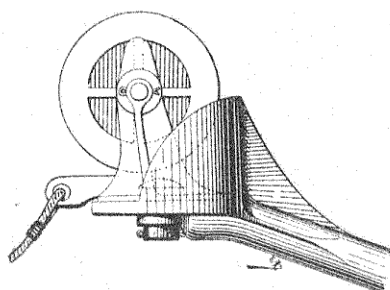


Fig. 544. — Tête de trolley Bisson-Bergès.

perche. Cette opération est rendue très facile puisque, par suite de la tension exercée par la corde sur le plateau, la poulie s'oriente d'elle-même dans sa position moyenne.

La tête de ce trolley porte à l'avant une sorte de masque circulaire muni d'une nervure verticale qui supprime toute partie saillante pouvant être dangereuse pour la ligne aérienne.

La perche est fabriquée avec un tube d'acier conique soudé à recou-

vrement avec renfort intérieur à la base et à la tête. Elle a une longueur variant de 4 à 5 mètres suivant la hauteur du fil de trolley au-dessus du sol.

Ce trolley auquel on pourrait reprocher de comporter des pièces un peu trop minces et légères paraît cependant donner des résultats satisfaisants. Cette légèreté a par contre permis de l'établir à un prix relativement bas.

Il est actuellement en service sur les tramways de Vanves au Champ-de-Mars, de la Trinité à Enghien, etc.

Trolley système Goénaga. — Nous retrouvons dans la base du trolley

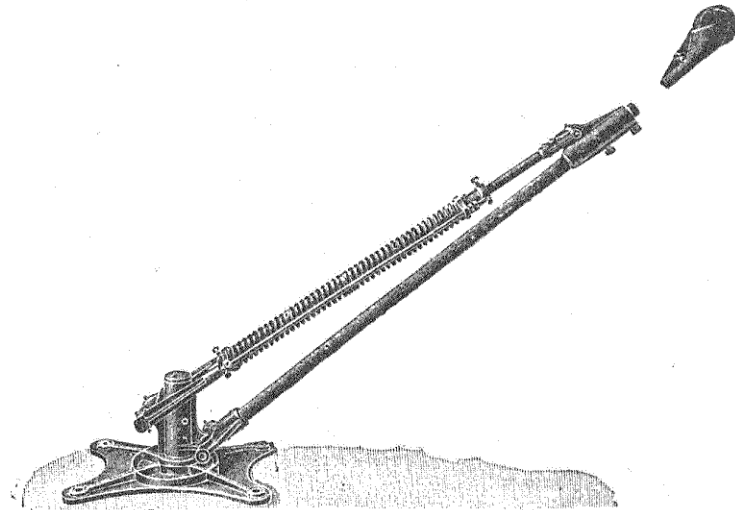


Fig. 545. — Trolley Goénaga.

Goénaga une nouvelle application des deux centres distincts pour la perche et pour les tiges de compression du ressort (fig. 545). Ce dernier n'est plus enfilé autour de la perche mais autour d'un tube auxiliaire venant s'articuler sur la perche à 1^m,50 environ de la base de cette dernière. On a diminué, de la sorte, l'effort de flexion développé dans la perche en appliquant l'effort de redressement aussi loin que possible du point de rotation de cette dernière. Le ressort étant très long il en résulte une plus grande élasticité. Le réglage se fait au moyen de deux bagues qui emprisonnent le ressort à ses deux extrémités ; on peut ainsi régler à volonté la hauteur de la tête de trolley. Si par hasard le trolley vient à dérailler on est sûr que cette hauteur ne sera pas dépassée de plus de 50 centimètres, le ressort travaillant en sens inverse pour s'opposer au mouvement ascensionnel de la perche.

Le seul côté original du trolley Goénaga réside dans la tête, qui est établie d'une façon très ingénieuse (fig. 546 et 547).

La roulette est composée de plusieurs pièces. La gorge en forme de V

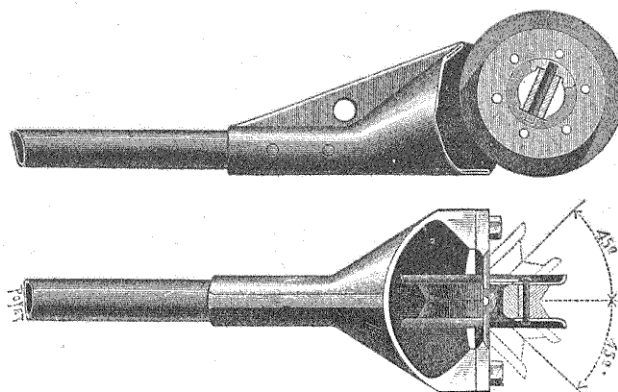


Fig. 546. — Tête de trolley Goénaga.

est constituée par une couronne de bronze garnie intérieurement de graphite et emprisonnée entre deux flasques d'acier estampé maintenues par six rivets.

La couronne est montée sur une bague en fonte polie sur sa surface

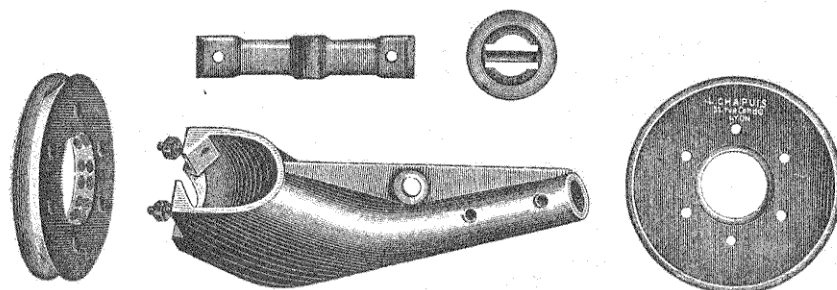


Fig. 547. — Différentes pièces constituant la tête du trolley Goénaga.

extérieure où s'exerce le frottement. Cette bague peut osciller de 90° autour d'un axe vertical qui la traverse en même temps qu'une entretoise qui supporte tout le système. Cette entretoise est elle-même fixée par deux boulons à une garde en alliage d'aluminium résistant et léger dans laquelle pénètre la perche.

Deux triangles en acier, placés de chaque côté de la poulie empêchent le fil de trolley de se poser ailleurs que dans la gorge de la poulie au moment de sa mise en place.

Cette mise en place qui se fait au moyen d'une corde fixée dans un trou pratiqué dans la nervure de la garde est presque aussi facile qu'avec un trolley axial.

La tension des ressorts doit être réglée de façon à obtenir une pression de 8 kilogrammes au contact du fil. Le passage dans les courbes et dans les parties anguleuses est facile. On a reproché cependant à la poulie de causer à la longue de l'usure à la ligne aérienne par suite de la présence des flasques en acier embouti.

Un autre inconvénient de ce trolley consiste dans la rapidité de l'usure des pièces entre lesquelles s'exerce le frottement. Il en résulte que l'entretien de la tête est assez coûteux. De plus, le corps de la tête en aluminium se brise facilement au bout d'un certain temps, par suite de la cristallisation de l'aluminium. En somme, la construction de ce trolley est ingénieuse, mais elle paraît cependant avoir été surtout inspirée par le désir de tourner le brevet Dickinson en supprimant l'axe réel vertical et en le remplaçant par un axe théorique.

Le trolley système Géonaga est actuellement employé par les compagnies de l'Est et de l'Ouest parisien, du secteur de la rive gauche et par la plupart des tramways construits par la compagnie générale de la traction.

§ 4. — ARCHETS DE PRISE DE COURANT

L'archet de prise de courant a été inventé en même temps que le trolley. En 1890, la maison Siemens et Halske, de Berlin, mettait en service le premier organe de prise de courant par tringle glissante qui a donné naissance à l'archet plus perfectionné que nous voyons aujourd'hui.

Archets Siemens et Halske. — La maison Siemens et Halske a employé pendant longtemps l'archet représenté sur la figure 548. La base ressemblait beaucoup à celle d'un trolley ordinaire avec cette différence, cependant, qu'elle était dépourvue de tout mouvement de rotation. Les ressorts tendaient toujours à ramener l'archet dans la position verticale quel que fût le sens de l'inclinaison grâce à la présence de deux biellettes à coulisse permettant le rappel dans les deux sens.

L'archet lui-même était composé d'un pentagone supporté par un tube unique. Le frottement s'exerçait sur la partie supérieure de l'archet qui était recouverte de laiton ou de métal mou.

Ce type d'archet avait l'inconvénient de ne pas être suffisamment élastique et de causer parfois des dégâts à la ligne aérienne. Il ne faut pas oublier, en effet, que le personnel des voitures n'a pas à intervenir pour provoquer le rabattement de l'archet dans le sens opposé lors-

qu'on inverse le sens de la marche de la voiture. Cette opération se fait automatiquement. Il y a lieu de craindre, avec un archet à base rigide

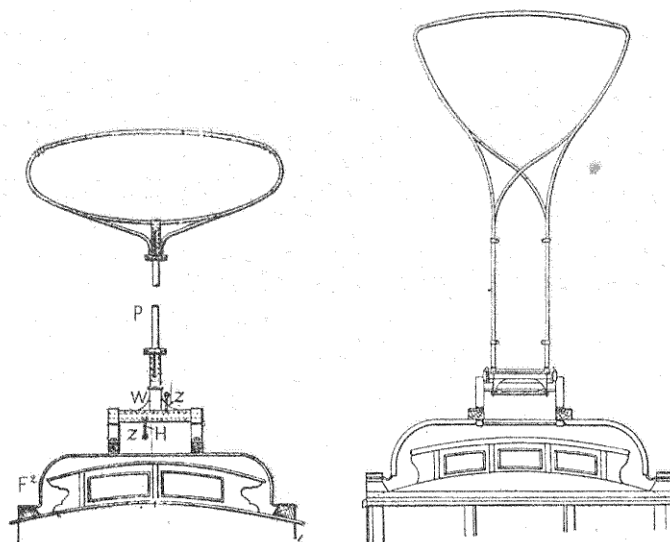


Fig. 548 et 549. — Archets de prise de courant.

que ce dernier ne provoque le soulèvement de la ligne aérienne quand il arrive dans la position verticale. Ce soulèvement, qui ne présente pas

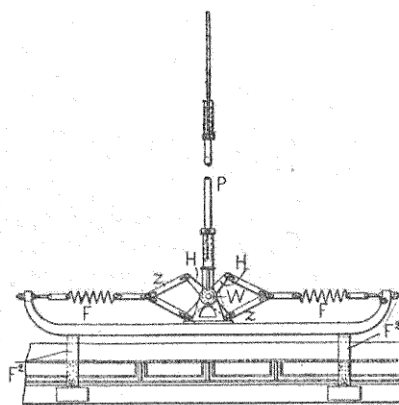


Fig. 550. — Archet vu de profil.

grand inconvénient en temps ordinaire, devient très dangereux quand l'archet se trouve au droit d'une console, c'est-à-dire en un point où la ligne aérienne n'a aucune élasticité.

On a remédié très efficacement à ce défaut en faisant reposer le trolley sur quatre biellettes. Deux de ces biellettes sont sollicitées par

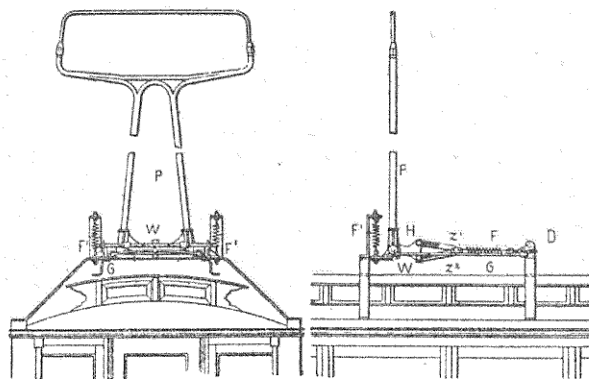


Fig. 531. — Archet.

des ressorts à boudin qui tendent à faire remonter le point de suspension de l'archet (fig. 552).

On conçoit facilement qu'il puisse s'établir un état d'équilibre entre

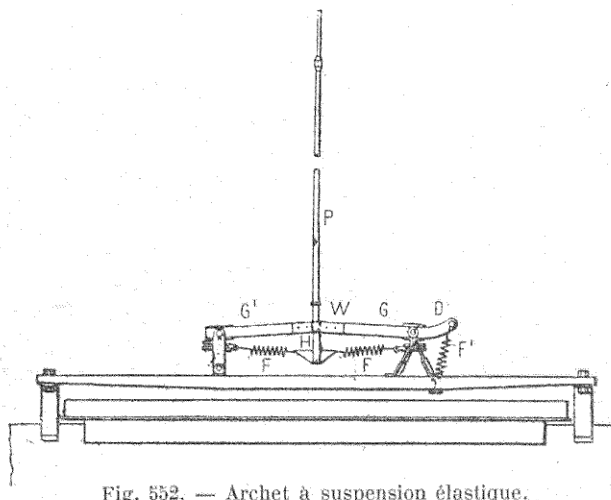


Fig. 552. — Archet à suspension élastique.

le poids de l'archet et l'effort dirigé de bas en haut qui est provoqué par le ressort. Si l'archet prend la position verticale sous une console, sa base fléchira de la hauteur nécessaire et reprendra ensuite sa position primitive lorsque l'appareil de prise de courant sera revenu en sens inverse à son inclinaison normale.

Le rappel de l'archet dans la position verticale est obtenu au moyen d'un double jeu de ressorts à boudin travaillant à la traction et entrant en action séparément, suivant le sens de l'inclinaison.

Le montage de l'archet sur un tube unique n'assurait pas une solidité

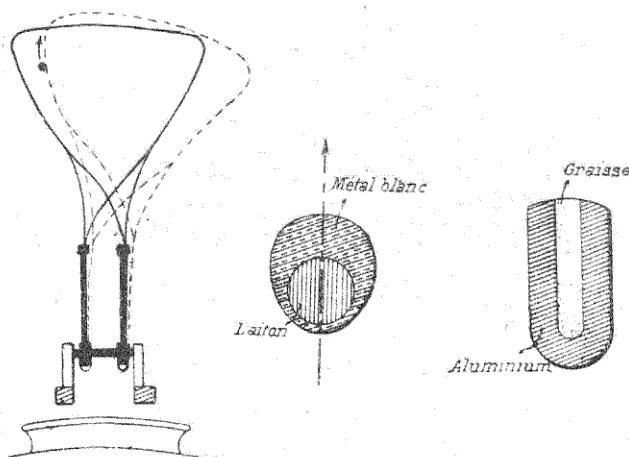


Fig. 553 — Cas de l'échappement du fil. Fig. 554 et 555. — Coupes d'archets.

suffisante et donnait naissance à des efforts de torsion dans la base de l'appareil.

Ce tube unique a été remplacé par deux tubes de plus petit diamètre

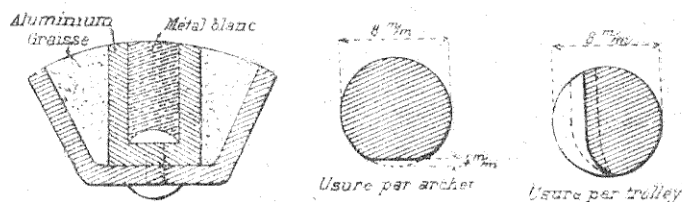


Fig. 556. — Coupe d'un archet.

Fig. 557 et 558. — Usure du fil de travail avec l'emploi de l'archet ou du trolley.

espacés de 35 centimètres (549 et 551). Ces tubes supportent la partie courbe de l'archet, qui dans les derniers types, affecte la forme représentée sur la figure 549. La forme triangulaire a été parfois préférée à la forme pentagonale parce qu'elle permet de conserver le contact du fil dans le cas où ce dernier vient à glisser sur le côté (fig. 553). La base flexible de l'archet donne alors à ce dernier la faculté de prendre une légère inclinaison qui permet au fil de remonter de lui-même sur la partie supérieure, sans que le personnel de la voiture ait à intervenir.

C'est surtout la partie frottante de l'archet que l'on a cherché à perfectionner.

On a d'abord constitué la tringle supérieure par une simple tige de

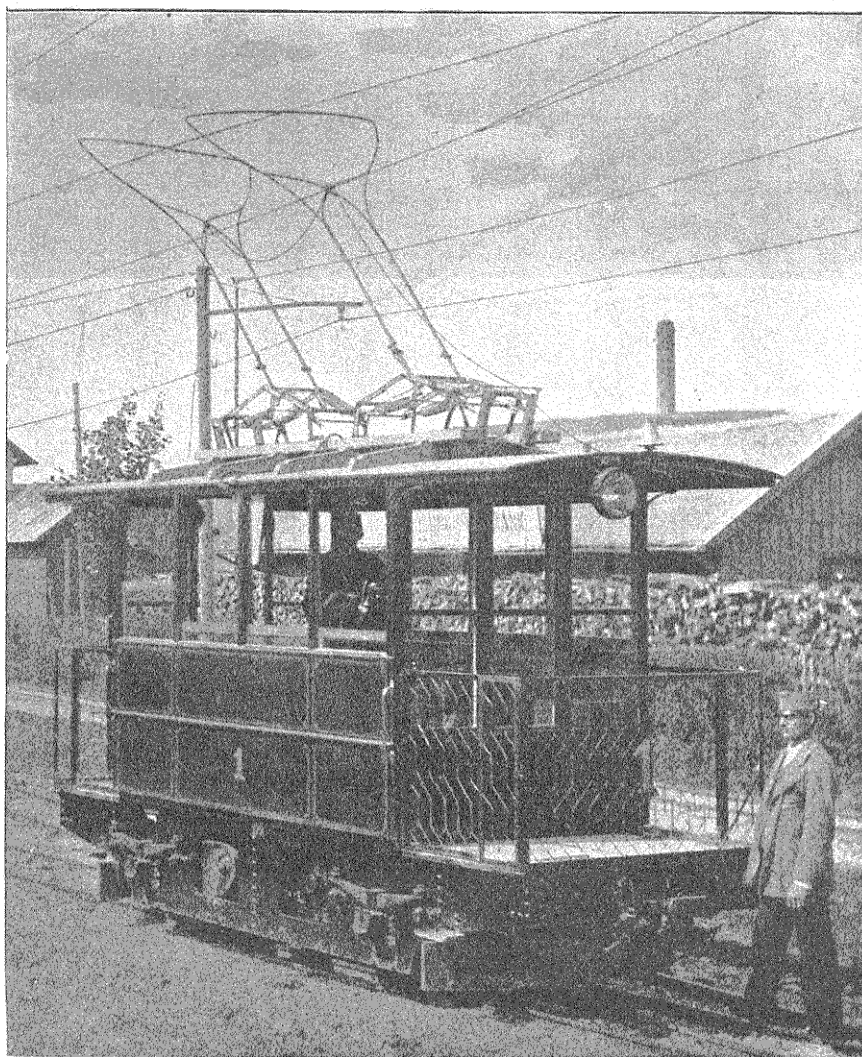


Fig. 539. — Installation d'archets à suspension élastique sur une locomotive.

laiton recouverte de métal blanc, analogue au métal anti-friction (fig. 554).

On s'est aperçu, dans la suite, qu'il était préférable de graisser l'organe

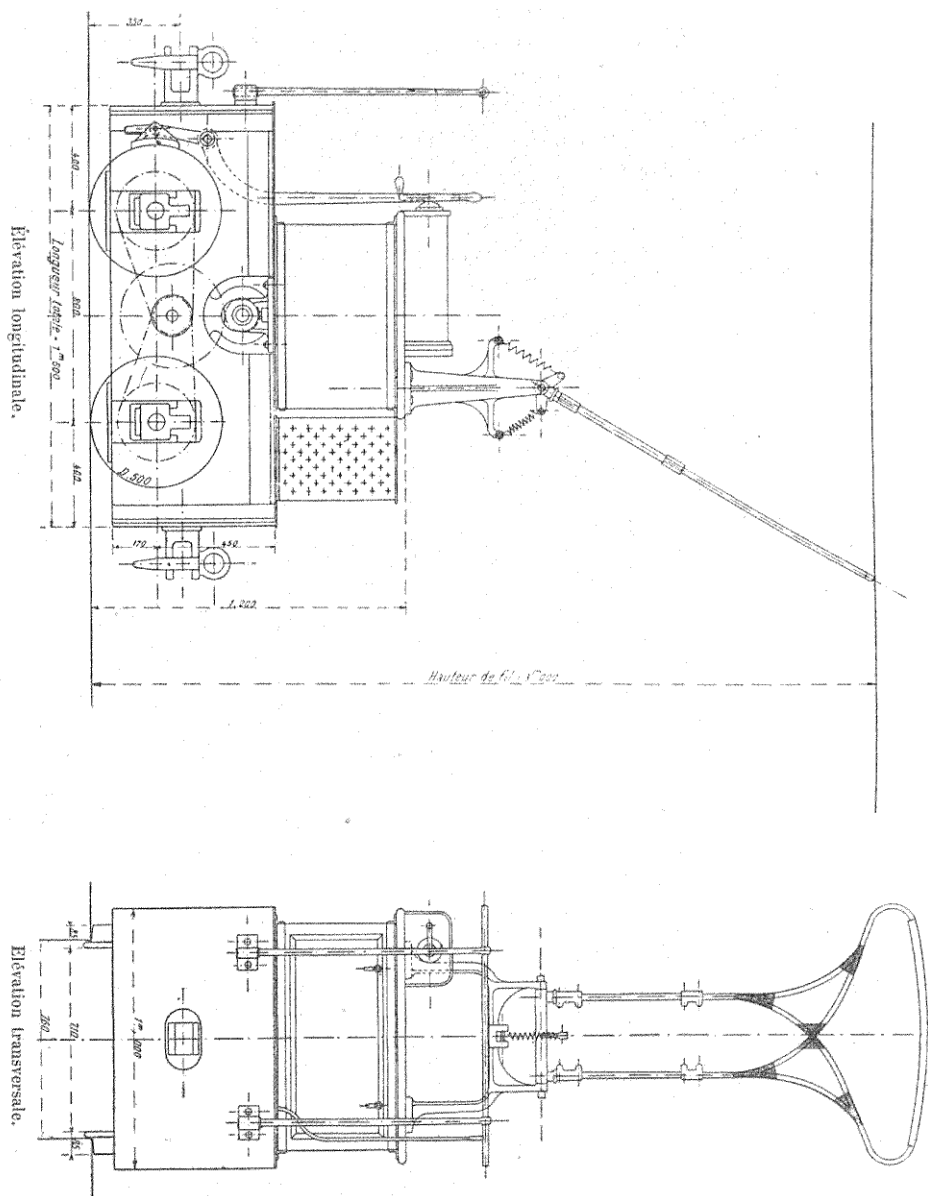


Fig. 360 et 361. — Installation d'un archet sur une locomotive.

de frottement. Dans ce but on a remplacé la tringle supérieure par une pièce d'aluminium dont la section affecte la forme d'un U ; on remplit de graisse la rainure de ce frotteur (fig. 555). Cette disposition qui est utilisée actuellement sur un grand nombre de tramways à archets — notamment ceux de Bâle et de Fontainebleau — donne de très bons résultats.

On a essayé également d'employer des dispositions plus compliquées. La figure 556 représente la coupe d'un frotteur composé de deux gouttières concentriques en aluminium, la gouttière centrale étant garnie de métal anti-friction et les deux espaces latéraux étant remplis

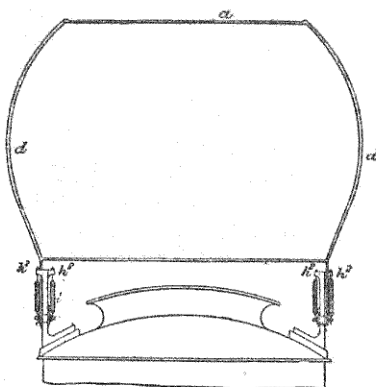


Fig. 562. — Archet des voitures du chemin de fer du mont Snæfelli.

de graisse. Cette disposition, en raison de sa complication, est d'un emploi moins fréquent que la précédente.

D'après la maison Siemens le frotteur recouvert de métal-antifriction a une durée moyenne de quinze jours. Le frotteur en aluminium peut fonctionner pendant quarante à soixante jours et effectuer un parcours de 800 kilomètres. A Dresde les frais d'entretien n'ont pas dépassé 0,09 de centime par kilomètre-voiture.

Nous avons vu, à propos du montage des lignes aériennes pour archets, quels étaient les avantages que présente ce mode de prise de courant. Ces avantages semblent cependant assez atténués depuis la mise en service des trolleys à libre déviation.

Archets divers. — D'autres constructeurs ont également mis en service des dispositifs de prise de courant analogues à ceux de Siemens et Halske.

Les voitures du chemin de fer du Mont Snæfelli, dans l'île de Man, sont pourvues de cadres de prise de courant dont les figures 562 et 563 indiquent suffisamment les dispositions.

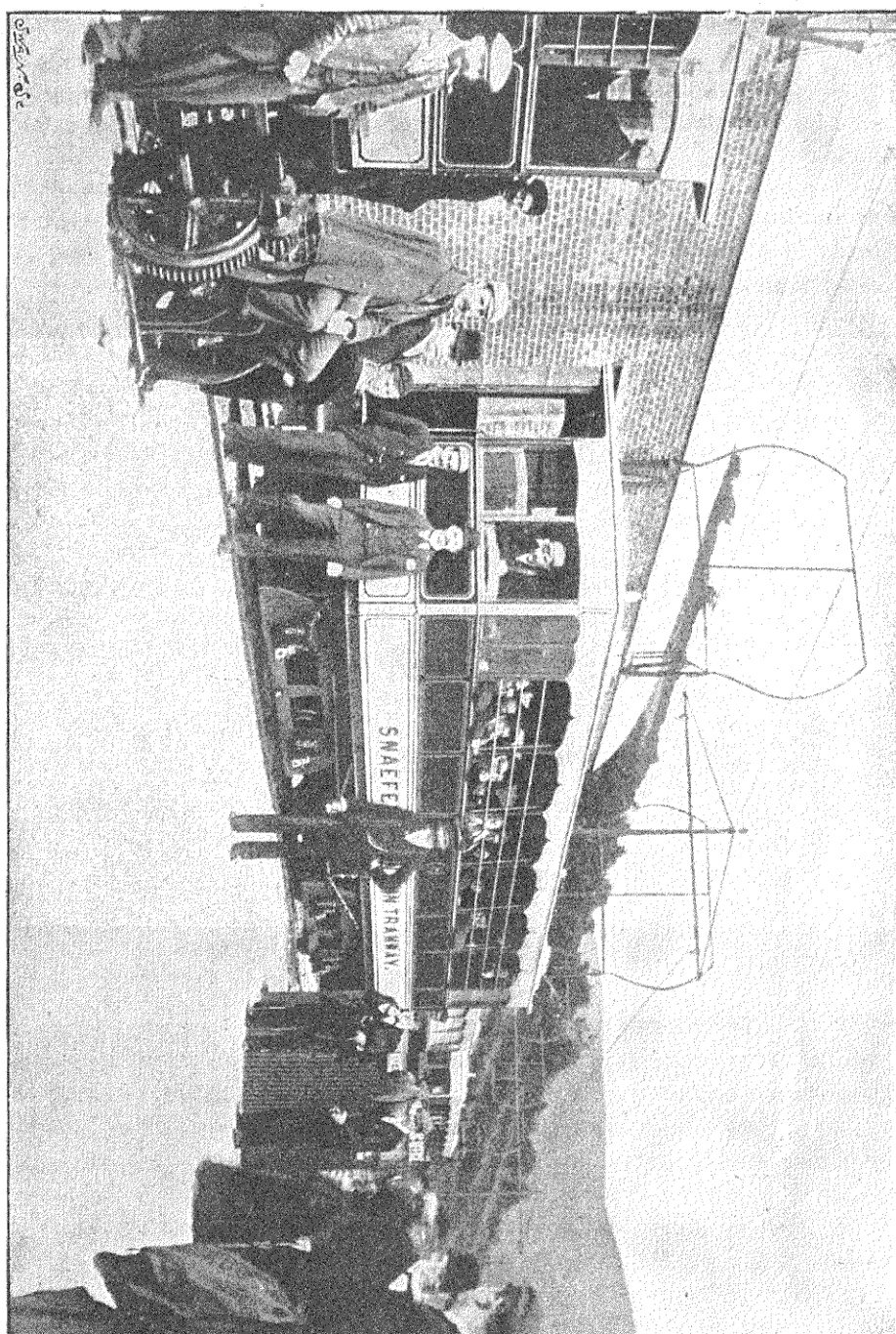


Fig. 563. — Voiture du chemin de fer du mont Snafell avec son architect

Les tramways de Douglas, dans la même île, sont également pourvus d'un dispositif un peu différent. La partie supérieure de l'archet est seule mobile (fig. 564). Elle est soutenue par deux montants verticaux et fixes. Le rappel de la partie mobile se fait au moyen de ressorts à boudin.

Citons enfin l'application, faite par la société alsacienne, des archets de prise de courant aux locomotives de mines (fig. 565). Le retour ne

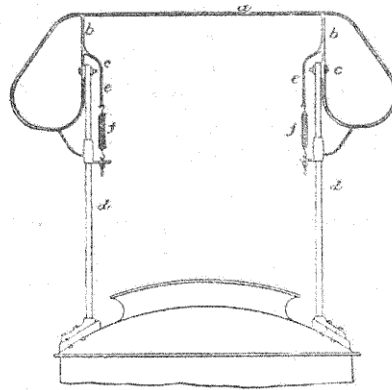


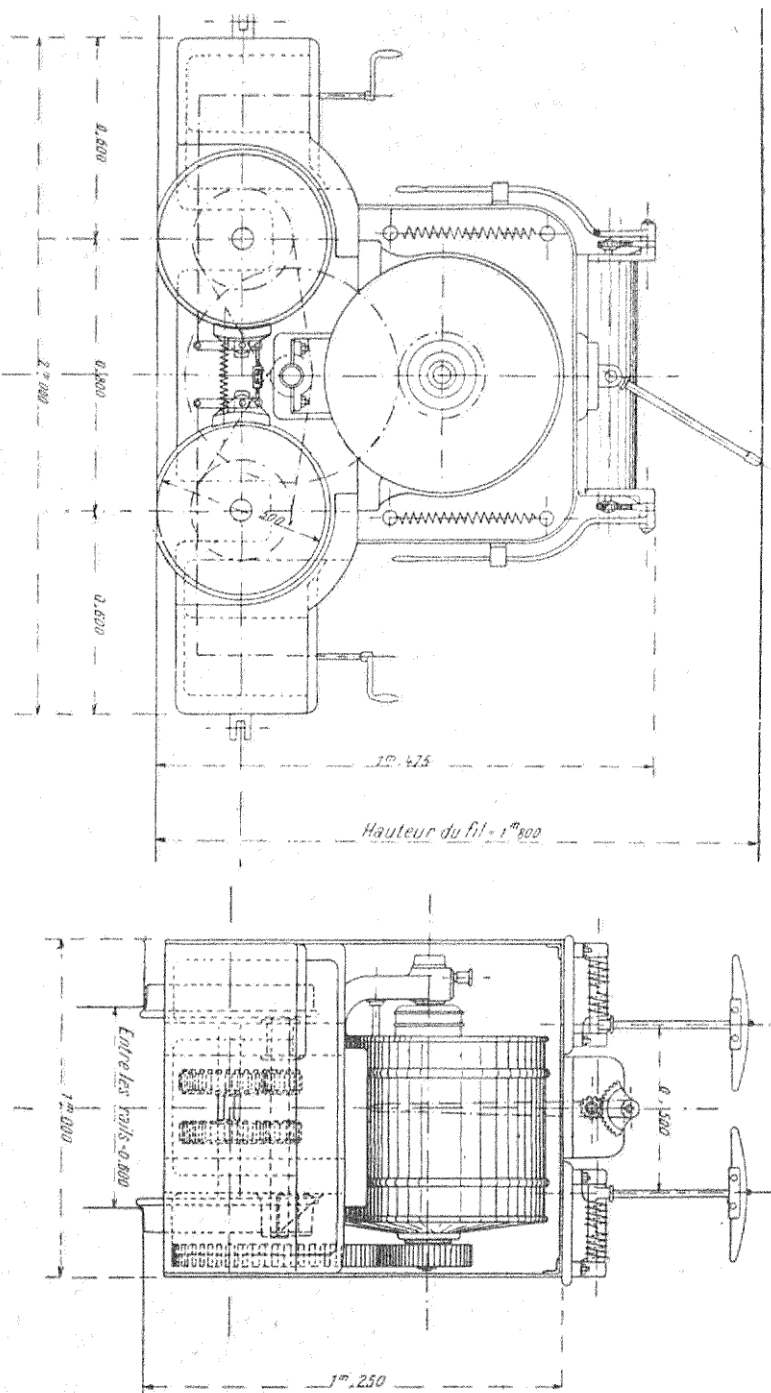
Fig. 564. — Archet des voitures du chemin de fer de Douglas à Laxey (Ile de Man).

pouvant se faire par les rails il en résulte une double prise de courant qui est réalisée au moyen de frotteurs supportés chacun par une tige unique. Ces tiges sont rappelées dans la position verticale au moyen de ressorts enroulés autour de leur axe horizontal.

En Suisse, le chemin de fer à voie normale de Bürgdorf à Thoune, qui est alimenté depuis peu de temps par des courants triphasés, recueille ces derniers au moyen de deux archets placés côte à côte et en contact, chacun, avec un fil de trolley différent. Cette disposition présente le grand avantage de supprimer les contacts éventuels entre deux organes de prise de courant ayant des potentiels différents. Un avantage non moins appréciable réside dans la permanence du contact par suite de la suppression des dérapages. On n'a plus, dès lors, à s'occuper de la manière dont se comporte l'organe de prise de courant, quelle que soit la vitesse du train.

§ 5. — ARCHETS A DÉPLACEMENT VERTICAL

Il y a des cas où le manque de hauteur du fil de travail s'oppose à la prise de courant par des organes oscillants comme les trolleys ou les



Élévation longitudinale.
 Fig. 565. — Application du double archet à une locomotive de mines.
 Élévation transversale.

archets ordinaires. Ce cas s'est produit, en particulier, sur le chemin de fer souterrain de Budapest.

La difficulté a été tournée d'une manière très heureuse en faisant usage d'un archet dépourvu de mouvements oscillatoires et exerçant sa pression sur le conducteur uniquement par effort vertical (fig. 566). Le

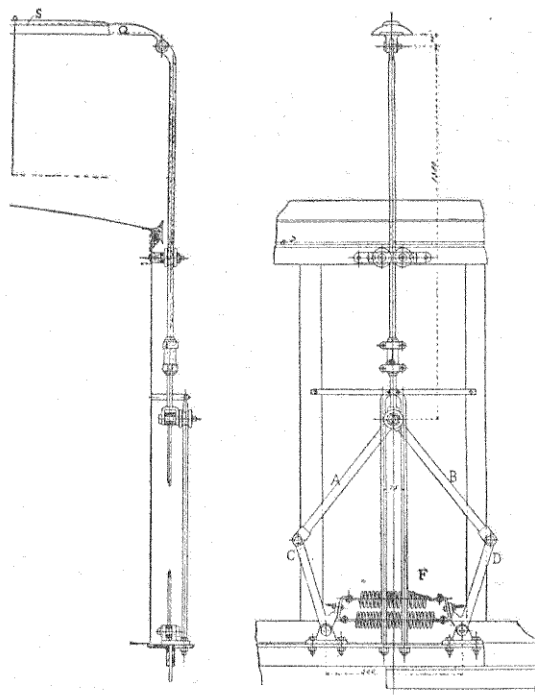


Fig. 566. — Archet à déplacement vertical du Métropolitain de Budapest.

frotteur est supporté par deux tiges verticales terminées chacune par un coulisseau faisant partie d'un pentagone articulé. Ces pentagones sont placés à droite et à gauche de la voiture et sont sollicités par des ressorts à boudin qui tendent toujours à faire remonter les tiges de support du frotteur.

Le frotteur peut ainsi s'abaisser au point de se trouver à quelques centimètres du toit de la voiture, ce qui est le cas du chemin de fer de Budapest.

§ 6. — PRISE DE COURANT PAR ROULEAUX.

La Compagnie Walker a construit un trolley dans lequel la poulie est

remplacée par un rouleau de 50 centimètres de longueur environ (fig. 567).

Le rouleau en cuivre est monté sur un axe supporté par une fourche fixée à l'extrémité de la perche (fig. 568 et 569). Les frottements étant

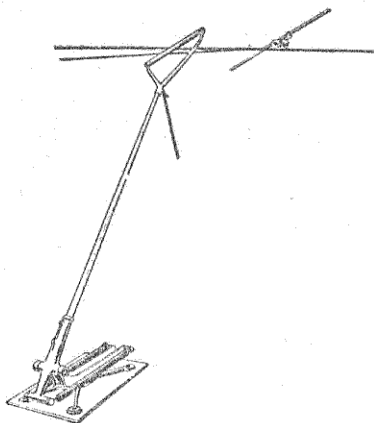


Fig. 567.

Trolley Walker à rouleau.

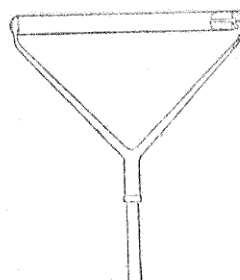


Fig. 568.

Tête du trolley Walker à rouleau.

remplacés par des roulements à billes il en résulte que la rotation du rouleau se fait facilement.

Ce trolley à rouleau paraît, à première vue, réunir les avantages du trolley ordinaire et de l'archet puisqu'il présente une surface roulante de grande largeur.

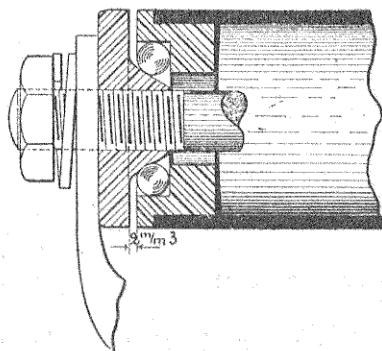


Fig. 569. — Coupe du roulement à billes du trolley Walker.

Les résultats pratiques ne semblent pas avoir justifié ces avantages car le trolley à rouleau ne s'est pas généralisé. La cause de sa non réussite semble résider dans le poids relativement considérable de la tête dont les chocs causent une grande fatigue à la ligne aérienne.

Le rouleau peut, par contre, rendre de grands services dans les cas où l'on fait usage d'or-

ganes de prise de courant à mouvement vertical.

La figure 570 représente une application de ce genre faite par l'Union Electricitäts Gesellschaft sur une locomotive de mines.

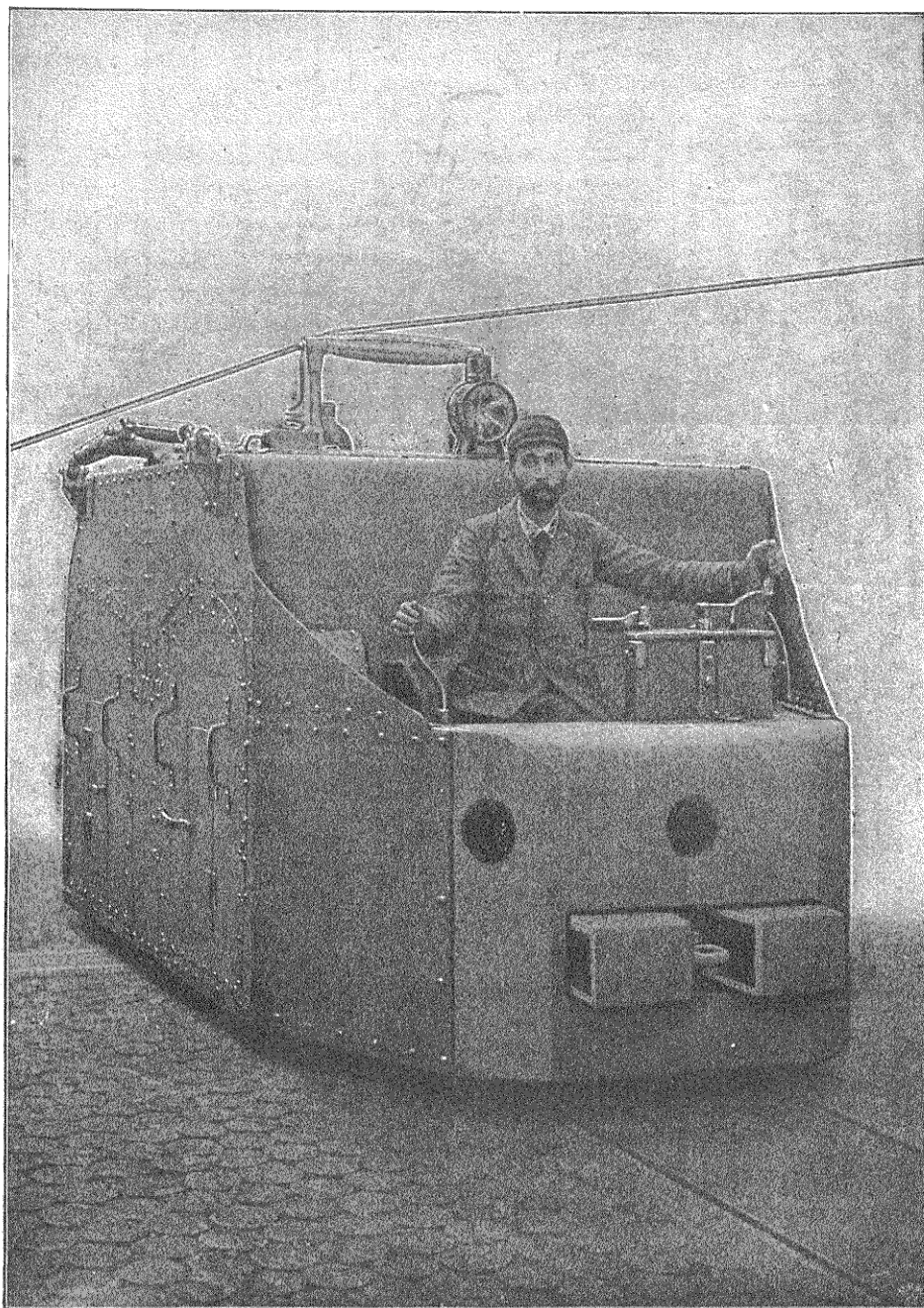
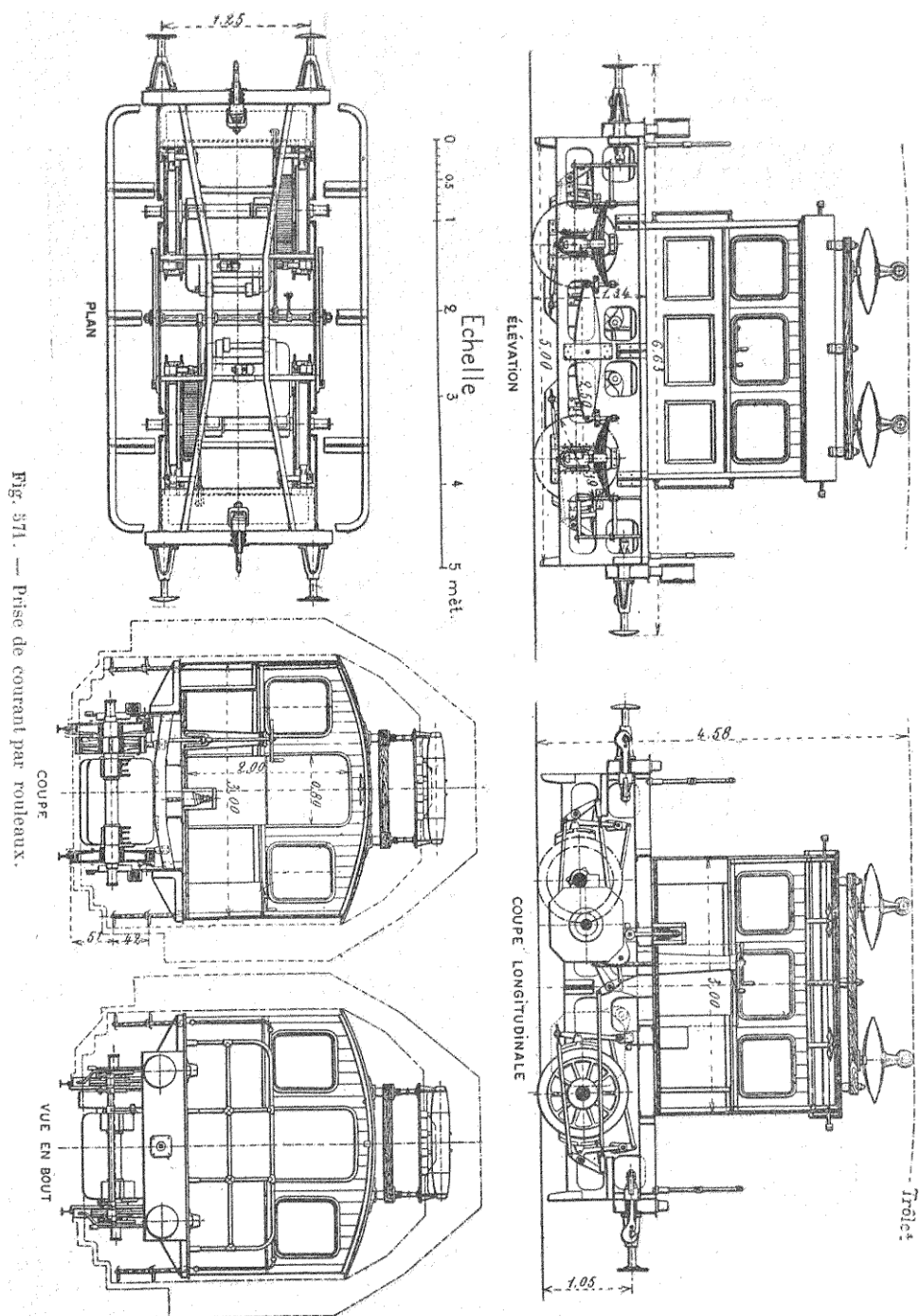


Fig. 570. — Prise du courant par rouleau sur une locomotive des mines.



[illegible]

Fig. 372. — Prise de courant par rouleaux sur polygone articulé.

moyen de deux rouleaux en bronze supportés par des ressorts à lames (fig. 571).

Ce dispositif est particulièrement applicable à une ligne de chemin de fer sur laquelle on est appelé à réaliser de grandes vitesses. On n'a plus à redouter, en effet, les échappements de roulettes de

trolleys qui se produisent plus ou moins souvent, mais d'une manière inévitable, avec les appareils les plus perfectionnés.

On peut également utiliser pour la suspension des rouleaux les polygones articulés que nous avons déjà vus à propos de la prise de courant par roulette. La figure 572 représente l'application de ce principe à une locomotive construite par la Société Dulait pour les mines de Briansk (Russie). L'organe de prise de courant proprement dit se compose de deux rouleaux parallèles supportés par deux pentagones articulés. Grâce à la présence de quatre ressorts à boudin les rouleaux sont sollicités par un effort de bas en haut.

Cette disposition permet de prendre le courant sur des fils de hauteurs très différentes selon qu'on se trouve à l'intérieur ou à l'extérieur de la mine.

CHAPITRE XIII

LIGNES AÉRIENNES POUR COURANTS ALTERNATIFS

Les lignes aériennes pour courants triphasés se construisent de la même façon que les lignes à courant continu, dans le cas, bien entendu, où la tension admise reste dans les limites choisies pour le courant continu.

La ligne aérienne comprend alors deux fils de travail au lieu d'un seul et les voitures doivent porter deux trolleys différents (fig. 573).

A première vue une ligne aérienne à courants triphasés se présente de la même façon qu'une ligne aérienne à double fil pour courant continu.

Il y a cependant une différence capitale au point de vue de l'isolement. Dans la ligne à courant continu le voltage est sensiblement le même dans les deux fils. Dans la ligne à courants triphasés, au contraire, la différence de tension entre les deux fils est aussi grande que celle qui existe entre l'un des fils et les rails. Il en résulte qu'il faut réaliser une excellente isolation entre les deux fils.

On obtient facilement ce résultat en intercalant des boules isolantes entre les isolateurs portant les deux fils, lorsque le montage est fait au moyen de fils transversaux ou de la suspension élastique sur poteaux.

Les fils de travail des tramways triphasés de Lugano (fig. 573) ont été montés sur consoles. Les chemins de fer de montagne du Gornergrat et de la Jungfrau sont installés avec des lignes aériennes montées sur fils transversaux. Ces fils transversaux eux-mêmes sont supportés par des poteaux en bois.

Les aiguillages du tramway de Lugano ont été réalisés d'une manière très simple (fig. 574) afin d'éviter les chances de court-circuit. Les deux fils de la ligne déviée sont placés côte à côte avec les deux fils de la ligne principale auxquels ils sont reliés, chacun, par un conducteur. L'aiguillage s'obtient en faisant passer les trolleys à la main d'un groupe de fils sur l'autre.

Les lignes aériennes à courants triphasés paraissent devoir être d'une construction fréquente pour les chemins de fer de montagne, ainsi que

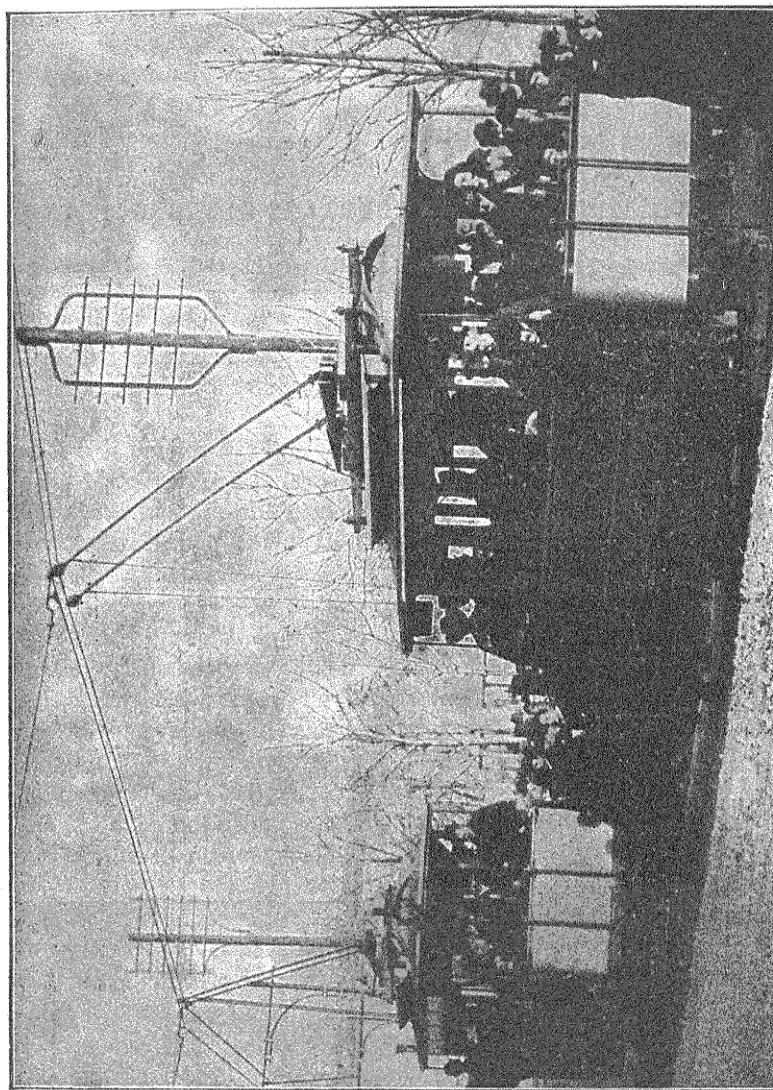


Fig. 573. — Tramways de Lugano à courants triphasés. Prise et courant par deux trolley.

pour les lignes inter-urbaines où les démarrages ne sont pas trop répétés. Grâce à l'emploi des courants triphasés on peut alimenter la ligne d'une manière très économique en installant, de distance en distance, le long de la voie, des postes de transformateurs statiques.

Depuis quelque temps on va encore plus loin dans l'application des courants triphasés et l'on alimente directement les voitures avec du courant à 3 000 volts. Une application de ce genre vient d'être faite le long du lac de Côme sur la ligne de Lecco à Chiavenna et à Sondrio. La traction par locomotives à vapeur va incessamment y être remplacée par la traction au moyen de locomotives et de voitures automobiles alimentées par des courants à 3 000 volts.

Le montage d'une ligne aérienne devant être parcourue par des courants à 3 000 volts est certainement une chose très délicate. On se trouve dans l'obligation d'employer des pièces de ligne spéciales capables de résister aux plus hautes tensions que l'on puisse produire industriellement.

Les pièces isolantes que renferment ces isolateurs doivent être parfaitement protégées de la pluie afin que l'isolement soit toujours satisfaisant.

L'emploi des poteaux en bois est tout indiqué pour une telle installation. On réalise ainsi une plus grande économie tout en augmentant les chances d'obtenir un bon isolement.

Les trolleys employés sur la ligne de Lecco à Chiavenna sont particulièrement intéressants car ils permettent de réaliser des vitesses de 60 kilomètres à l'heure sans qu'il puisse en résulter aucun inconvénient pour la ligne aérienne.

Ces appareils de prise de courant comportent deux bases métalliques isolées de la toiture et portant chacune un cylindre à l'intérieur duquel se trouve un piston qui est actionné par de l'air comprimé (fig. 575).

Un ressort antagoniste à boudin est fixé de l'autre côté du piston. Deux tiges métalliques articulées peuvent tourner autour d'un axe horizontal qui relie les deux cylindres. Le déplacement horizontal des pistons provoque l'élévation ou l'abaissement des tiges. Les deux cylindres sont en communication avec l'intérieur de la voiture par des tuyaux qui, au moyen d'une valve, permettent de faire pénétrer l'air comprimé dans les cylindres. Les tiges sont réunies en haut par deux rouleaux de cuivre isolés l'un de l'autre par une pièce de bois paraffiné.

Ces rouleaux, qui correspondent aux conducteurs aériens, pivotent sur des billes de vélocipède et sont en contact électrique avec les tiges au moyen de frotteurs en charbon et de fils flexibles. Le courant est amené des tiges aux bases métalliques, d'où il est conduit à l'intérieur de la voiture au moyen de câbles isolés.

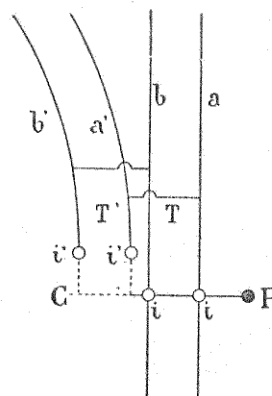


Fig. 574. — Schéma d'un aigillage des tramways de Lugano.

Chaque voiture est munie de deux trolleys doubles placés aux deux extrémités du toit. Cette disposition a été adoptée afin qu'il y ait toujours contact avec les fils malgré les interruptions de ces derniers.

La base du trolley est, en outre, pourvue d'une soupape qui s'ouvre automatiquement lorsque la pression vient à manquer sur les rouleaux par suite de la rupture d'un fil ou d'un autre défaut de ligne aérienne. La soupape, en s'ouvrant, laisse sortir l'air des cylindres et le trolley retombe sur des supports élastiques. On évite ainsi la rupture du

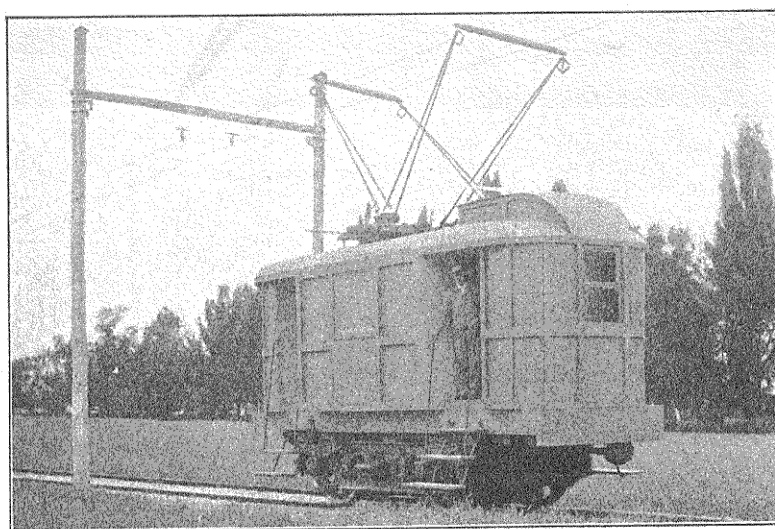


Fig. 575. — Appareil de prise de courant pour une ligne triphasée à 300 volts.

trolley et les dégâts que ce dernier pourrait faire subir à la ligne aérienne.

Les câbles qui transmettent le courant des bases des trolleys à l'intérieur de la voiture ont une double isolation. Ces câbles passent au travers d'isolateurs en porcelaine fixés à 10 centimètres les uns des autres et pénètrent ensuite dans la cabine du conducteur. Ils sont entourés d'un tuyau métallique relié au châssis métallique de la voiture et, par suite, à la terre d'une manière permanente. En cas de défaut d'isolement d'un câble sa mise à la terre est donc immédiate et le courant se trouve supprimé par suite de la fusion des coupe-circuits. On supprime, de la sorte, tout danger pour le personnel.

CHAPITRE XIV

DÉTERMINATION PAR LE CALCUL DES EFFORTS AUXQUELS SONT SOUMISES LES LIGNES AÉRIENNES

Les efforts auxquels sont soumis les fils des lignes aériennes peuvent être déterminés par le calcul. En pratique on ne calcule, pour ainsi dire, jamais ces efforts et la plupart du temps on ne se donne même pas la peine de les déterminer avec un dynamomètre.

Il peut cependant être intéressant, pour certaines personnes, de connaître la marche à suivre pour faire ces déterminations par le calcul. Ces méthodes ont été longuement exposées dans les Revues allemandes.

Les efforts de tension provenant du poids du conducteur se déterminent de la manière suivante (fig. 576).

En supposant que la parabole de la figure représente un conducteur

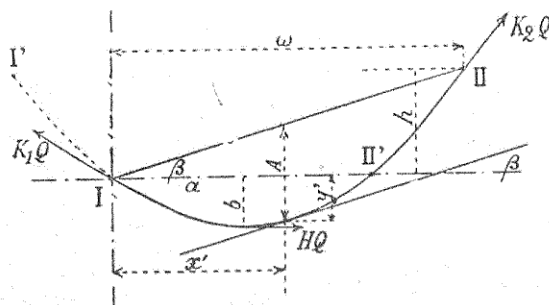


Fig. 576.

suspendu aux points I et II sur une portée de ω mètres, la flèche au milieu étant f mètres, l'équation de la parabole rapportée à un système de coordonnées dont l'origine est en O au milieu de la portée, avec l'axe des x suivant I, II (O II étant la direction positive) et l'axe des y perpendiculaire et vers le bas, sera

$$x^2 = \frac{\omega^2}{4f} (f - y)$$

Au point le plus bas O' de la courbe s'exerce une force tangentielle de H kilogrammes par millimètre carré sur la section Q , soit une force totale HQ de sorte que si l'on suppose enlevée une moitié IO' de la ligne il faudrait pour maintenir en place la moitié restante exercer en O' un effort HQ ,

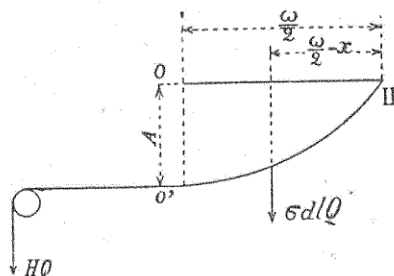


Fig. 377.

comme l'indique la figure 377. Mais cette force donne lieu à un couple qui, rapporté au point II, a pour moment

$$D = HQf.$$

Appelons σ le poids d'un mètre de conducteur de 1 millimètre carré de section (pour le cuivre et le bronze siliceux $\sigma = \frac{1}{412}$ environ) et dl un élément dont le poids sera par suite

$$\sigma dlQ \text{ kilogrammes.}$$

Ce poids agit sur le bras de levier $\left(\frac{\omega}{2} - x\right)$ pour donner un couple dont le moment est

$$\sigma dlQ \left(\frac{\omega}{2} - x\right)$$

de sorte que le moment résultant de la portion $O'II$ du fil est

$$D = \sigma Q \int_0^{\frac{\omega}{2}} \left(\frac{\omega}{2} - x\right) dl$$

ainsi on doit avoir

$$HQf = \sigma Q \int_0^{\frac{\omega}{2}} \left(\frac{\omega}{2} - x\right) dl$$

D'autre part :

$$dl = dx \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}$$

et $\frac{dy}{dx}$ est égal d'après l'équation de la parabole ci-dessus à

$$-\frac{8fx}{\omega^2}$$

Il s'ensuit que

$$\frac{Hf}{\sigma} = \int_0^{\frac{\omega}{2}} \left(\frac{\omega}{2} - x \right) \sqrt{1 + \frac{64f^2x^2}{\omega^4}} dx.$$

La résolution de cette intégrale donne

$$H = \frac{\sigma\omega^2}{8f} - 0,66 \sigma f.$$

La flèche f n'étant qu'une petite partie de la portée (2 p. 100 au maximum) on peut sans erreur sensible négliger le second membre et arriver ainsi à la formule très simple

$$H = \frac{\sigma\omega^2}{8f} \text{ kilogrammes par millimètre carré.} \quad (1)$$

On arrive au même résultat lorsqu'on suppose que la longueur du conducteur est égale à la portée, c'est-à-dire lorsqu'on remplace simplement dl par dx . Herzog a employé cette méthode qui facilite le calcul de l'intégrale mais qui a l'inconvénient de ne donner aucune idée de l'erreur commise.

Bien que la tension maxima ne soit pas au point le plus bas, celle-ci en diffère assez peu pour que, en pratique on se donne cette valeur de H , c'est-à-dire la valeur maxima que doit prendre la tension par millimètre carré aux températures les plus basses. On en déduit la flèche

$$f = \frac{\sigma\omega^2}{8H}.$$

Aux points d'attache, le travail du métal est plus grand. Si l'on appelle K la tension par millimètre carré en ces points, l'effort total sera KQ .

Le bras de levier de cette force (fig. 576) est

$$r = \omega \sin \alpha$$

α étant l'inclinaison de la force KQ sur l'horizontale. D'après ce qui précède, on établit facilement, pour ce cas l'équation

$$D = KQ r = \int_{-\frac{\omega}{2}}^{+\frac{\omega}{2}} \left(\frac{\omega}{2} + x \right) dl \sigma Q$$

d'où

$$\frac{Kr}{\sigma} = \int_{-\frac{\omega}{2}}^{+\frac{\omega}{2}} \left(\frac{\omega}{2} + x \right) \sqrt{1 + \frac{64f^2x^2}{\omega^4}} dx$$

on en tire

$$\frac{Kr}{\sigma} = \frac{\omega^2}{2}$$

d'où

$$K = \frac{\sigma\omega}{2 \sin \alpha}.$$

La tangente de l'angle α est $\frac{dy}{dx}$ pour $x = \frac{\omega}{2}$.

Ainsi

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4f}{\omega} \quad (2)$$

et

$$\sin \alpha = \frac{4f}{\sqrt{\omega^2 + 16f^2}}$$

d'où

$$K = \frac{\sigma\omega^2}{8f} \sqrt{1 + \left(\frac{4f}{\omega}\right)^2}$$

f étant petit par rapport à ω , on peut en développant

$$K = \frac{\sigma\omega^2}{8f} \left(1 + \frac{8f^2}{\omega^2} - 32 \frac{f^4}{\omega^4} + \dots \right)$$

écrire, avec une erreur maxima de $\frac{1}{2000}$ pour 100.

$$K = \frac{\sigma\omega^2}{8f} \left(1 + \frac{8f^2}{\omega^2} \right) = \frac{\sigma\omega^2}{8f} + 6f$$

ou

$$K = H + \sigma f \quad (3)$$

Ainsi, la tension par millimètre carré aux points de suspension ne diffère que par σf de celle au point le plus bas. Cette tension au point le plus bas a par elle-même peu d'intérêt, mais il est utile de connaître ses deux composantes surtout sa composante verticale

$$K \sin \alpha = \frac{\sigma\omega}{2}$$

qui, multipliée par la section Q du fil donne le demi-poids du fil (la partie ω étant peu différente de la longueur du fil).

La composante horizontale

$$K \cos \alpha$$

peut être prise égale à K , l'angle α étant toujours petit.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, la tension et la flèche dépendent de la température. Un fil de longueur l , sous l'influence d'une élévation de température dt , s'allonge de

$$dl_1 = l \alpha dt$$

α étant son coefficient de dilatation.

Si la tension par millimètre carré augmente de dH le fil s'allonge de

$$dl_2 = \frac{l dH}{E}$$

E étant le module d'élasticité.

Une variation de longueur provenant d'une variation de température et de tension simultanées aura pour expression

$$\begin{aligned} dl &= dl_1 + dl_2 \\ &= \alpha l dt + \frac{l dH}{E} \end{aligned}$$

d'où

$$\frac{dl}{l} = \alpha dt + \frac{dH}{E}$$

L'intégration de cette expression donne

$$\log \text{nat } l = \alpha t + \frac{H}{E} + C.$$

Si pour $t = t_0$, $l = l_0$ et $H = H_0$ on a

$$\log \text{nat } \frac{l}{l_0} = \alpha (t - t_0) + \frac{1}{E} (H - H_0).$$

La longueur l de l'arc de parabole étant

$$l = \omega + \frac{8f^2}{3\omega}$$

Nous avons en remplaçant f par sa valeur tirée de l'équation (1)

$$l = \omega \left(1 + \frac{\sigma^2 \omega^2}{24 H^2} \right)$$

et

$$l_0 = \omega \left(1 + \frac{\sigma^2 \omega^2}{24 H_0^2} \right).$$

Ainsi

$$\log \text{nat } \frac{l}{l_0} = \log \text{nat } \frac{1 + \frac{\sigma^2 \omega^2}{24 H^2}}{1 + \frac{\sigma^2 \omega^2}{24 H_0^2}}$$

Cette expression peut, avec une approximation suffisante, être remplacée par

$$\frac{\sigma^2 \omega^2}{24} \left(\frac{1}{H^2} - \frac{1}{H_0^2} \right).$$

Ainsi, la relation entre la tension et la température est donnée par l'expression

$$\frac{\sigma^2 \omega^2}{24} \left(\frac{1}{H^2} - \frac{1}{H_0^2} \right) = \alpha (t - t_0) + \frac{1}{E} (H - H_0). \quad (4)$$

La température la plus basse qu'on ait généralement à considérer est -20°C . Le module d'élasticité du cuivre rapporté au millimètre carré est $E = 12\,000$. Le coefficient de dilatation $\alpha = \frac{1}{58\,200}$, et σ est comme nous l'avons dit plus haut égal à $\frac{1}{112}$. La charge de rupture du cuivre est

23 kilogrammes de sorte qu'en prenant $H_0 = 4$ on a un coefficient de sécurité voisin de 6, coefficient qui augmentera avec la température.

C'est en partant de ces valeurs qu'a été dressé le tableau ci-dessous qui donne pour des portées de 10 à 45 mètres les valeurs de H correspondant à des températures comprises entre -20 et plus 30°C .

T (Degrés centi- grades)	$\omega = 10^m$		$\omega = 15^m$		$\omega = 20^m$		$\omega = 25^m$		$\omega = 30^m$		$\omega = 35^m$		$\omega = 40^m$		$\omega = 45^m$	
	H	f mm	H	f	H	f	H	f	H	f	H	f	H	f	H	f
- 20	4,00	28	4,00	63	4,00	112	4,00	174	4,00	231	4,00	342	4,00	446	4,00	566
- 15	3,14	36	3,27	77	3,40	131	3,47	201	3,54	284	3,60	380	3,68	485	3,73	606
- 10	2,32	48	2,66	94	2,88	153	3,07	227	3,18	316	3,31	412	3,41	523	3,49	647
- 5	1,78	63	2,21	114	2,49	179	2,73	256	2,89	348	3,06	447	3,19	560	3,29	686
0	1,46	76	1,89	130	2,20	203	2,46	284	2,67	377	2,84	481	3,00	595	3,11	726
+ 5	1,22	91	1,64	153	1,97	226	2,24	311	2,48	405	2,67	511	2,83	630	2,96	764
+ 10	1,07	104	1,47	171	1,78	251	2,06	338	2,31	435	2,50	546	2,68	666	2,82	801
+ 15	0,95	117	1,34	187	1,64	272	1,93	362	2,15	468	2,37	576	2,55	700	2,71	834
+ 20	0,86	130	1,22	206	1,53	292	1,81	385	2,04	492	2,26	605	2,44	731	2,60	870
+ 25	0,79	141	1,13	222	1,43	312	1,71	408	1,95	515	2,15	635	2,35	760	2,51	900
+ 30	0,73	153	1,05	239	1,35	331	1,63	428	1,86	540	2,06	664	2,25	793	2,42	934

Les calculs précédents se rapportent au cas le plus simple, celui où les supports se trouvent à la même hauteur. Ce cas est celui d'une voie en palier; mais dans le cas d'une pente ou d'une rampe les hauteurs sont différentes et les efforts varient en conséquence ¹.

¹ La *Revue technique* a publié dans son numéro du 10 octobre 1898 un exposé très complet des méthodes de calcul employées pour la détermination des efforts dans les lignes aériennes dans les différents cas qui peuvent se présenter. Nous lui avons emprunté la détermination de l'effort de tension dû au poids du conducteur.

CHAPITRE XV

LIGNES AÉRIENNES ET TROLLEYS POUR AUTOMOBILES SUR ROUTE

On a cherché à étendre l'application des lignes aériennes de prise de courant aux automobiles sur route. De nombreux essais ont été faits dans ce sens mais bien peu ont donné des résultats dignes d'être retenus.

L'application de la distribution du courant aux voitures qui ne roulent pas sur une voie et qui, par suite, ne décrivent pas une trajectoire fixe, présente de grandes difficultés.

On se trouve naturellement dans l'obligation d'avoir deux fils d'alimentation puisque la voie n'existe pas. Le trolley doit alors affecter la forme primitive que nous avons vue à propos des premiers essais de traction électrique. Ce trolley ne peut donc être qu'un petit chariot roulant sur les deux fils de trolley. Les roues s'appuyant sur les deux fils doivent alors être réunies par des axes isolants.

La nécessité dans laquelle on se trouve de donner à la voiture la faculté de circuler sur tous les points de la largeur de la route rend nécessaire l'emploi d'un câble souple de grande longueur pour la liaison du trolley et de l'automobile. Il faut, en effet, que cette automobile puisse croiser ou doubler facilement les différentes voitures qu'elle rencontrera sur la route.

Les résultats pratiques donnés par ce dispositif sont loin d'être satisfaisants.

Le trolley, étant soumis à des efforts latéraux très irréguliers, déraile constamment ou se coince en arrachant la ligne aérienne.

Les différents essais qui ont été tentés dans cet ordre d'idées n'ont pas été poursuivis à la suite des nombreux mécomptes que l'on a éprouvés.

On vient cependant de faire dernièrement un nouvel essai basé sur un principe différent qui semble avoir donné des résultats pratiques. Cette appréciation paraît confirmée par ce fait que plusieurs installations de ce genre sont actuellement en construction. Nous voulons

parler du dispositif de prise de courant par trolley automoteur inventé par M. Lombard-Gérin¹.

M. Lombard-Gérin s'est proposé de supprimer les efforts de traction transmis au trolley par le câble souple de prise de courant. Dans ce but il a muni le trolley d'un moteur électrique qui lui permet de rouler sur les fils de trolley et de se maintenir toujours en avant de la voiture. De la sorte les efforts d'entraînement, transmis brutalement dans tous les sens, sont complètement supprimés et le trolley n'a plus aucune chance de dérailler.

La ligne aérienne comporte deux fils situés dans un même plan horizontal. Ces deux fils sont suspendus au moyen de consoles très courtes. Au-dessous de chaque tube-console se trouve fixé un tube recourbé vers le bas, à ses deux extrémités, qui sert de support aux deux isolateurs (fig. 578).

Sur les boulons isolants sont vissés des oreilles de forme spéciale qui viennent saisir le fil par-dessous, en dégagant parfaitement l'espace nécessaire au passage des bords des roulettes de trolley.

Le trolley repose sur la ligne aérienne au moyen de deux roulettes isolées l'une de l'autre et conduisant le courant au contrôleur de la voiture au moyen d'un câble souple qui comprend également quatre autres conducteurs dont nous verrons plus loin l'utilité (fig. 579-581).

En plus des galets métalliques G de prise de courant, le trolley comprend deux autres galets en fibre E montés entre les deux précédents et calés sur le même axe. Ces galets en fibre jouent un double rôle : ils reçoivent le mouvement du moteur et le transmettent aux galets métalliques de roulement tout en servant d'isolant entre ces deux galets.

Le trolley comprend en outre :

1° Un moteur M triphasé recevant les courants engendrés par le moteur de la voiture, comme il sera expliqué plus loin ;

2° Un frein électro-magnétique F, muni de quatre sabots f agissant sur la périphérie du moteur ;

3° Deux ressorts à boudin r , réglables au moyen d'écrous r , pour la suspension élastique du moteur ;

4° Un double cadre S qui sert à relier à l'appareil le câble souple qui amène le courant à la voiture. Par sa construction ce câble constitue une suspension à la Cardan ;

5° Un manchon C qui reçoit le câble souple allant à la voiture. Ce manchon est rattaché au cadre S par un joint à la Cardan.

Le poids total du trolley automoteur ne dépasse point 18 kilo-

¹ *Le Génie civil*, février 1900. *Trolley automoteur*, par Ch. Dantin. *L'Industrie électrique*, février 1900. *Voitures automobiles sur route à double trolley automoteur*, par E. Hospitalier.

Nous allons examiner maintenant de quelle manière fonctionne cet appareil.

[illegible]

passant par le galet placé sur le fil positif et revient ensuite sur le fil négatif en repassant par l'autre galet.

Comme on peut facilement s'en rendre compte, le moteur de la voiture constitue une véritable commutatrice recevant du courant continu et produisant des courants triphasés.

Le moteur triphasé du trolley est donc alimenté par des courants dont la fréquence sera fonction de la vitesse du moteur continu, c'est-à-dire de la vitesse de la voiture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivre servilement tous les mouvements de la voiture, ralentissant quand cette dernière ralentit et augmentant sa vitesse quand elle accélère son allure.

De la sorte, le conducteur de prise de courant n'est plus soumis à

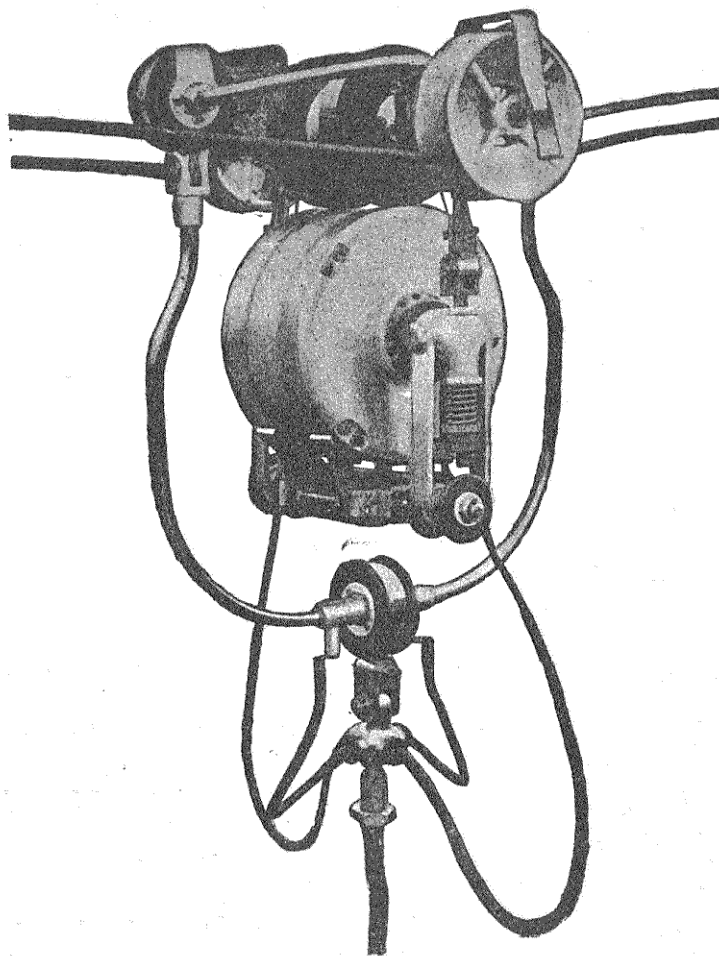


Fig. 579. — Trolley automoteur pour automobiles sur route.

de violents efforts. Le trolley précède toujours la voiture et le conducteur l'a constamment devant les yeux. De plus les efforts exercés sur la ligne aérienne par l'intermédiaire du câble souple étant des plus faibles, on ne se trouve plus exposé à voir cette dernière subir des détériorations.

[illegible][illegible]

Le moteur triphasé se compose d'un inducteur central fixe suspendu au moyen de deux douilles verticales reposant sur des ressorts à boudin. Ces derniers sont enfilés sur des tiges suspendues à l'axe des galets.

L'induit en cage d'écureuil est extérieur ; il est fou sur l'arbre fixe de l'inducteur et porte sur sa surface extérieure des bandes annulaires en acier qui entraînent par frottement les galets en fibre que nous avons vus précédemment et par suite les galets roulant sur les fils de trolley.

Comme on le voit, le moteur du trolley est des plus simples et ne comporte aucun collecteur.

Le câble souple se compose :

1° Des deux conducteurs amenant le courant continu à 500 volts au moteur de la voiture ;

2° Des trois conducteurs amenant les conducteurs triphasés des bagues du moteur de la voiture à l'inducteur fixe du moteur du trolley ;

3° D'un sixième fil servant à alimenter un frein électro-magnétique qui a pour but d'immobiliser le trolley dans le cas où la voiture viendrait à s'arrêter sur une rampe assez forte.

Dans ce dernier cas le trolley n'étant plus alimenté par les courants triphasés produits par la rotation du moteur de la voiture redescendrait la pente sous l'action de la pesanteur, bien que la flèche produite par son propre poids tende à atténuer cet inconvénient.

Le frein magnétique F a pour but d'immobiliser le trolley automoteur dans le cas que nous venons de signaler. Les sabots viennent, en cas de besoin, s'appuyer sur les couronnes en acier M du moteur.

Le courant alimentant ce frein est emprunté à la canalisation générale à l'aide de l'un des gros conducteurs, d'une part, et au moyen du sixième fil, d'autre part.

Lorsqu'on veut mettre ce frein en action, il suffit d'appuyer sur une pédale qui ferme le circuit de la ligne sur l'électro-aimant actionnant les sabots.

Les diamètres des galets des moteurs ont été choisis de façon que la vitesse du trolley soit légèrement supérieure à celle de la voiture. Cet excès de vitesse est, en réalité, détruit par les différents glissements qui se produisent dans le trolley. Il y a d'abord le glissement électrique du moteur provenant du retard de la cage d'écureuil sur le champ tournant. Il y a ensuite le glissement au contact des bandes d'acier de l'induit et des galets en fibre ; il y a enfin le glissement des galets sur les fils de trolley.

Ces derniers glissements mécaniques s'accroissent aussitôt que le câble souple subit la moindre tension de la part du trolley.

Le trolley auto-moteur peut marcher en avant et en arrière grâce à la présence d'un commutateur spécial qui permet d'inverser les connexions de deux des trois fils, ce qui renverse le sens de rotation du champ tournant et par suite le sens de rotation du moteur de trolley.

Dans le but de permettre à la voiture de s'éloigner ou de s'approcher du côté de la route où se trouve la ligne aérienne, un tendeur spécial permet au câble de s'allonger ou de se raccourcir suivant les besoins.

Les croisements de deux voitures munies du trolley auto-moteur se font très simplement en échangeant les câbles souples.

Dans ce but le câble souple est raccordé à la voiture au sommet d'un mât qui porte un accouplement électrique démontable.

Cet accouplement est susceptible de prendre un mouvement de rotation qui lui permet de s'orienter dans la direction du câble.

Le principe du trolley automoteur peut également s'appliquer à une ligne à courants triphasés. Il y aurait avantage, dans ce cas, à employer le montage en triangle. Le trolley serait alors complété par un troisième galet collecteur placé au-dessus de l'appareil et s'appuyant sur le troisième fil.

Cette solution de la traction électrique sans voie ferrée paraît devoir rendre de grands services dans les cas où le trafic des lignes est insuffisant pour rémunérer le capital engagé dans la construction d'un tramway sur rails. Lorsque les départs des voitures sont peu fréquents il semble avantageux d'avoir recours à des omnibus électriques analogues à ceux qui circulaient autour du lac Daumesnil, à Vincennes, pendant l'Exposition de 1900.

Il nous paraît intéressant d'indiquer les dépenses de construction et d'entretien d'une ligne d'omnibus de ce système. Ces chiffres étant donnés par la Compagnie concessionnaire du brevet, nous lui en laissons toute la responsabilité.

« En palier la consommation du courant à l'usine, en supposant celle-ci établie dans le voisinage immédiat de la ligne, est en moyenne de 70 watt-heures par tonne-kilomètre pour des voitures circulant sur une voie ferrée.

« On peut compter, pour une route médiocrement entretenue, sur une consommation double pour les omnibus à trolley automoteur, soit 140 watt-heures par tonne-kilomètre.

« Le poids d'une voiture de tramway à vide est d'environ 7 tonnes (30 places) et celui d'un omnibus de 3,8 tonnes (24 places). En supposant, en moyenne, une charge de voyageurs de 1 tonne, les consommations de courant sont par voiture-kilomètre :

Pour le tramway .	0,070 kilowatt-heure	$\times 8^t$	$= 0,560 \text{ kwh.}$
Pour l'omnibus . .	0,140	$\times 4^t,8$	$= 0,670 \text{ —}$

« En rampe au contraire la consommation de courant devient moindre pour l'omnibus que pour le tramway.

« L'accroissement par tonne-kilomètre est le même dans les deux cas, environ 0,050 kilowatt-heure par 1 p. 100 de pente, soit pour une pente de 1 centimètre par mètre.

Pour le tramway $0,050 \times 8^t = 0,400$ kwh.
 Pour l'omnibus $0,050 \times 4^t,8 = 0,240$ —

« La consommation totale de courant par voiture-kilomètre sur une rampe de 1 centimètre par mètre est donc :

Pour le tramway $0,560 + 0,400 = 0,960$ kwh.
 Pour l'omnibus $0,670 + 0,260 = 0,910$ —

« Sur une rampe de 2 centimètres par mètre, on aurait :

Pour le tramway $0,560 + 0,800 = 1,360$ kwh.
 Pour l'omnibus $0,670 + 0,480 = 1,150$ —

« Nous admettons pour la comparaison le cas le plus défavorable à l'omnibus, celui où la route est en palier.

« En supposant que le courant revienne à 0 fr. 15 le kilowatt-heure, on trouve pour la dépense d'énergie par voiture-kilomètre :

Tramway $0,560 \times 0,15 = 0,084$ francs
 Omnibus $0,670 \times 0,15 = 0,100$ —

« En admettant deux agents par voiture, la dépense sera la même, environ 0 fr. 09 par voiture-kilomètre.

« L'entretien des voitures peut être compté à 0 fr. 05 par voiture-kilomètre, moyenne donnée par la pratique.

« La dépense d'entretien du fil aérien est de 0 fr. 005, en moyenne, pour le tramway. Pour le trolley automoteur, elle sera légèrement supérieure et nous admettrons 0 fr. 010 par voiture-kilomètre.

« L'entretien de la voie varie de 0 fr. 013 à 0 fr. 80 pour le tramway. Cette dépense n'existe pas pour le trolley automoteur.

« On peut admettre pour les frais d'administration 0 fr. 050 par voiture-kilomètre pour les tramways et 0 fr. 40 pour les omnibus.

« En récapitulant ces divers résultats, on arrive à trouver :

	TRAMWAY	OMNIBUS-TROLLEY
a) Pour 6 départs par heure . .	0 ^t ,292	0 ^t ,290
b) Pour un départ par heure . .	0 ^t ,359	0 ^t ,290

« De plus, pour avoir une comparaison exacte, il faut tenir compte de l'intérêt et de l'amortissement du capital engagé.

« En comptant 7 p. 100 de 30 000 fr. par kilomètre, soit 2 100 fr., on trouve :

Cas a). . . 6 départs par heure. . . .	fr. 2 100 : 52 500 = 0 ^f ,04
Cas b). . . 4 départ —	2 100 : 8 800 = 0 ^f ,24

« La différence de dépense par voiture-kilomètre en faveur des omnibus à trolley variera donc, par voiture-kilomètre, entre

0^f,04 (cas a)

et

0^f,31 (cas b)

« Plus la fréquence est faible, plus on aura avantage à employer les omnibus à trolley au lieu des tramways, et le bénéfice net se rapportant à un capital plus faible n'en sera que plus grand, compté en pour cent du capital engagé. »

En résumé, la traction électrique par automobiles sur route peut rendre de grands services dans certains cas particuliers ; elle ne peut toutefois remplacer la traction sur voie ferrée dans la plupart des cas. Au point de vue du confort des voyageurs et de la rapidité des transports, l'avantage restera toujours aux tramways.

CHAPITRE XVI

DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT DES LIGNES AÉRIENNES DE PRISE DE COURANT

Les dépenses d'établissement d'une ligne aérienne de prise de courant sont excessivement variables. Les différences de prix de revient proviennent surtout des poteaux. Une ligne aérienne sur fils transversaux coûte sensiblement plus cher qu'une ligne sur consoles. Lorsqu'on remplace les poteaux des fils transversaux par de simples rosaces scellées dans les murs des maisons, le prix de revient s'abaisse au point d'être quatre fois moins élevé.

La décoration des poteaux constitue également un élément très variable de la question.

Nous allons indiquer sommairement les prix moyens des différentes pièces constituant le matériel de lignes aériennes. Ces prix sont, bien entendu, variables suivant les cours des matières premières.

Poteaux. — Les poteaux en bois, de 9 mètres environ de longueur, de 165 millimètres de diamètre à la tête et 225 millimètres à la base, coûtent de 17 à 30 francs lorsqu'ils sont injectés au sulfate de cuivre ou à la créosote. Ils doivent être capables de résister à un effort de 250 kilogs, appliqué en leur sommet, sans prendre une flèche permanente appréciable.

On a reproché aux poteaux en fer profilé de ne pas se prêter à la décoration. Ce reproche peut être fondé dans certains cas, mais il y a de nombreuses circonstances où leur emploi ne saurait soulever d'objections.

Le prix de ces poteaux en fer est très variable. Selon l'effort auquel ils peuvent résister, ils ont une valeur de 75 à 250 francs.

Les poteaux tubulaires en acier coûtent en moyenne 55 fr. les 100 kilos, ce qui correspond à des prix de 360, 250 et 180 francs pour des poteaux pesant respectivement 660, 460 et 330 kilos.

Les embases en fonte du type le plus courant peuvent être évaluées

à 25 francs la pièce. Les embases très décoratives que l'on exige dans certaines grandes villes peuvent avoir une valeur double et même supérieure.

La partie décorative d'un poteau est complétée par un jeu de bagues destinées à dissimuler les raccordements des tubes et par une tête de forme variable. Cet ensemble de pièces décoratives coûte en général de 10 à 15 francs.

Pose des poteaux. — Le prix de la mise en place d'un poteau varie selon le poids de ce poteau et selon les matériaux dont on fait usage pour la fabrication du béton. Il n'est guère possible d'obtenir un travail exécuté dans des conditions sérieuses pour un prix inférieur à 25 francs. Il faut compter sur une dépense de 30 à 35 francs dans des conditions normales et lorsque les poteaux sont déposés à pied-d'œuvre.

La pose d'un poteau isolé peut revenir à un prix triple des précédents, car il y a lieu de tenir compte du dérangement causé à une équipe et du transport du matériel nécessaire.

Consoles. — Les consoles en fonte valent en moyenne 15 à 20 francs la pièce, sans le tube-console, bien entendu.

Les consoles en tubes de fer sans ornements sont payées 20 francs et au-dessus, selon la longueur.

Les consoles en tubes de fer pourvues d'ornement ont des prix qui peuvent varier de 25 à 130 francs et même davantage, selon la décoration.

Fil de trolley. — Le fil de trolley en cuivre extra-dur se paye actuellement 210 francs les 100 kilos, ce qui représente un prix de 1 fr. 30 par mètre de fil de 9 millimètres.

Le câble d'acier galvanisé peut être estimé, suivant sa force, aux prix de 0 fr. 20 à 0 fr. 50 le mètre.

Pièces de ligne. — Nous donnons ci-après la moyenne des prix des différents constructeurs en ce qui concerne le matériel d'équipement électrique des lignes aériennes :

Clochette avec boulon isolant, sans oreille	40 fr.
— avec double isolement.	41
Isolateurs pour fils transversaux, à 2 branches. . .	8
— — — — — à crochets.	7
Boule isolante.	2 50
Brooklyn	40
Support à collier pour suspension élastique. . . .	5 50

Rosace	de 4 à 20 fr.
Oreille	de 1,50 à 3
Fuseaux de jonction.	3 75
Isolateur de sectionnement	50
Interrupteur de sectionnement.	55
Aiguille fixe.	20
Aiguille mobile	60
Croisement fixe.	25
Croisement à angle variable.	30 à 50
Croisement isolant	100
Protection téléphonique, le mètre	4
Parafoudre	de 35 à 60
Voiture-échelle ordinaire	de 1 500 à 2 500
— à hauteur variable.	3 000

En résumé, le kilomètre de ligne aérienne à fil unique, avec suspension par consoles, peut être évalué à des prix variant de 8 à 11 000 francs.

Le kilomètre de ligne aérienne montée sur poteaux et fils transversaux varie de 14 à 18 000 francs.

Ce prix se réduit à 5 ou 6 000 francs dans le cas où les poteaux sont remplacés par des rosaces de scellement.

Lorsque la ligne aérienne comporte deux fils, il y a lieu d'augmenter les prix précédents d'environ 3 000 francs. Ce supplément de prix n'est applicable que dans le cas où l'on fait usage de consoles simples. Si l'on fait usage de consoles doubles, il en résulte une majoration de 2 à 3 000 francs par kilomètre.

Dans tous les cas, il y a lieu de majorer de 50 p. 100 les prix obtenus, afin de tenir compte des sujétions particulières telles que les courbes et les aiguillages.

QUATRIÈME PARTIE

PRISE DU COURANT AU NIVEAU ET AU-DESSOUS DU SOL

Nous avons vu précédemment que la prise de courant par ligne aérienne était la solution la plus indiquée pour les tramways interurbains, et même pour les tramways urbains, toutes les fois que les considérations d'esthétique ne priment pas les questions de commodité.

Dans le cas contraire, il faut se résigner à employer les accumulateurs, ce qui est une solution des plus onéreuses au point de vue de l'exploitation ou l'un des systèmes de prise de courant au niveau ou au-dessous du sol.

Le système de prise de courant par caniveau est évidemment le plus pratique et le plus sûr ; il a cependant le grave inconvénient de coûter fort cher et de nécessiter la présence d'un nombreux personnel pour effectuer le nettoyage du caniveau pendant la nuit.

Les systèmes de prise de courant par contacts superficiels coûtent un prix sensiblement moins élevé, mais ils présentent tous à un degré plus ou moins élevé des chances d'accidents que les dispositifs de sécurité les plus perfectionnés ne parviennent pas à faire disparaître.

Quant aux chemins de fer dont les voies sont bordées de clôtures sur toute leur longueur, ils sont plus favorisés. Il devient, en effet, tout naturel d'avoir recours à l'emploi du troisième rail central ou latéral qui présente tous les avantages des lignes aériennes sans en avoir les inconvénients. Dès lors, les chutes de fil et les dérapages de la roulette du trolley ne sont plus à craindre. On n'a également plus à redouter les accrochages du trolley dans la ligne aérienne, qui causent parfois de graves accidents. On peut donc aborder les plus grandes vitesses sans avoir à redouter d'accidents.

Dans les cas où il est nécessaire d'éviter la présence d'un conducteur électrisé le long de la voie, on peut faire usage du troisième rail sectionné ; cette disposition permet de n'avoir du courant sur le troisième rail qu'au passage de la voiture motrice.

CHAPITRE PREMIER

PRISE DU COURANT PAR TROISIÈME RAIL

§ 1. — CONDUCTEUR

On utilise généralement, pour constituer le conducteur de prise de courant, des rails à patin ou à double champignon, ainsi que des fers profilés quelconques.

Le fer à simple T, en particulier, est assez employé, car il permet d'obtenir une mise en place des plus simples. Les rails sont cependant plus fréquemment usités ; ils ont, en effet, l'avantage d'offrir une grande section avec un encombrement relativement faible.

Lorsque la section d'un seul rail est insuffisante pour le passage du courant, on constitue le conducteur par deux rails jumelés.

L'éclissage des rails de prise de courant n'a pas besoin d'être aussi solide que celui de la voie et il n'y a pas lieu de craindre que les joints soient trop grands. On se contente même souvent de mettre une seule éclisse par joint. Ces rails subissent, en effet, l'action du soleil d'une façon plus complète, puisqu'aucune de leurs parties n'est abritée. Il est donc nécessaire d'assurer leur libre dilatation.

Les connexions doivent être faites sur les rails avec le plus grand soin et il ne faut pas craindre de les multiplier.

A New-York, sur le chemin de fer de Manhattan, le conducteur de prise de courant est constitué par des rails de 45 kilos, du type Vignole, assemblés au moyen de petites éclisses à deux boulons, sous lesquelles se trouvent deux connecteurs. Deux autres connecteurs du type court se trouvent placés sous le patin.

Tous les 100 mètres, c'est-à-dire tous les cinq rails, se trouve ménagé un joint d'expansion. L'un des rails est solidement ancré à son extrémité. L'extrémité du rail voisin est, au contraire, libre et peut se déplacer facilement, les trous d'éclisses correspondants étant remplacés par des coulisses.

Les connexions du joint d'expansion sont du type long et sont disposées de façon à n'être nullement influencées par les déplacements du rail.

L'action des frotteurs de prise de courant s'exerce sur la table de roulement des rails. Au chemin de fer du Salève, au contraire, les rails conducteurs sont retournés et le contact s'exerce sur le palin (fig. 582).

On a fait différentes recherches dans le but de déterminer la composition d'acier la plus favorable à la transmission du courant. On est

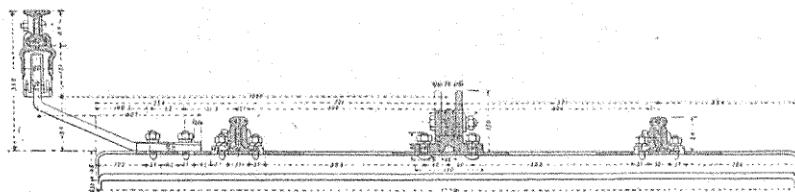


Fig. 582. — Mode de fixation du 3^e rail sur le chemin de fer du Salève.

arrivé à se rendre compte qu'une réduction dans le dosage du carbone et du manganèse augmentait la conductibilité.

Les proportions adoptées sur le chemin de fer de Manhattan sont les suivantes :

Carbone	0,073 p. 100
Manganèse	0,344 —
Soufre	0,073 —
Phosphore	0,069 —

§ 2. — SUPPORTS ISOLANTS POUR TROISIÈME RAIL, TYPE VIGNOLE

Le moyen le plus simple de maintenir en place le troisième rail du type Vignole consiste dans l'emploi de tasseaux en bois paraffiné.

Cette solution a été adoptée en 1894 par la compagnie P.-L.-M. sur le chemin de fer électrique de Montmartre à la Béraudière, près de Saint-Etienne. Les tasseaux en chêne paraffiné étaient recouverts d'un chapeau en zinc débordant de tous les côtés; ce chapeau préservait de la pluie la partie supérieure du tasseau.

Le rail était fixé sur le tasseau au moyen de deux tire-fonds.

En 1900 on a employé sur le chemin de fer circulaire desservant l'Exposition universelle un autre type de tasseau, construit par la maison Blackwell, et formé de deux blocs de hêtre (fig. 583).

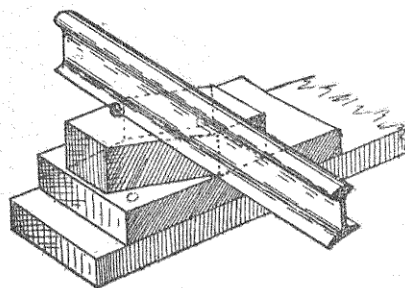


Fig. 583. — Tasseaux isolants.

Ces blocs de hêtre sont d'abord injectés de paraffine et ensuite enduits d'un produit isolant connu sous le nom de « P. et B. ».

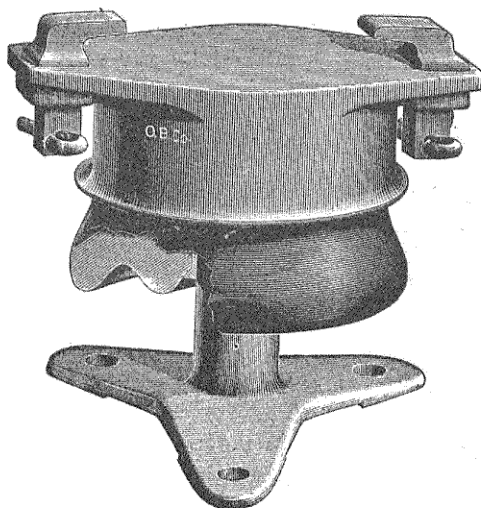


Fig. 584. — Isolateur de support pour 3° rail.

Ces tasseaux sont réunis entre eux au moyen de tirefonds qui maintiennent également le rail en place.

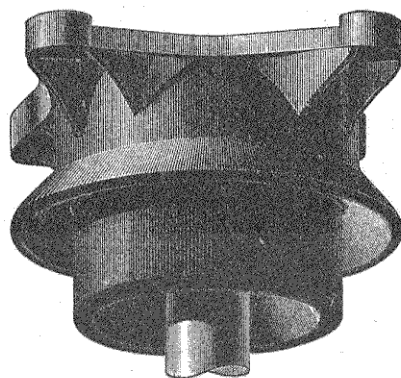


Fig. 585. — Isolateur pour 3° rail.

La résistance d'isolement de l'un de ces supports est approximativement la suivante :

Résistance par temps sec.	2 megohms environ
— par grande pluie	1 megohm —

Il est possible, au moyen d'une injection spéciale, d'obtenir un isolement supérieur au précédent d'environ 20 p. 100.

L'Ohio Brass Company construit un isolateur pour troisième rail du type Vignole (fig. 584). Cet isolateur se compose d'une cloche massive



Fig. 586. — Isolateur pour 3^e rail.

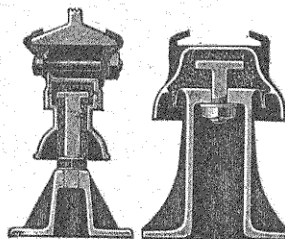


Fig. 537. — Isolateurs pour 3^e rail.

en porcelaine surmontée d'un chapeau en fonte malléable sur lequel s'appuie le patin du rail. Ce dernier est maintenu en place par deux crapauds. La cloche en porcelaine est elle-même supportée par une

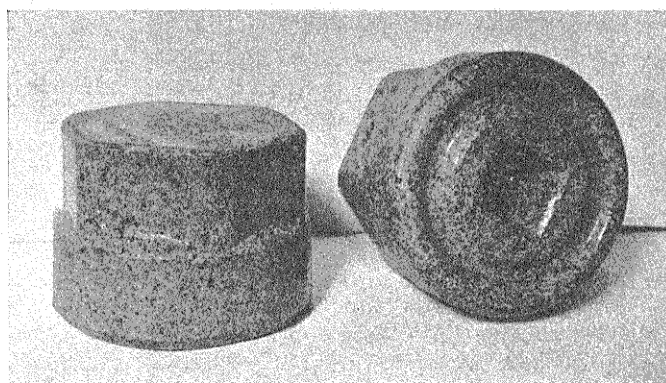


Fig. 588. — Blocs de granit reconstitué.

tige verticale en fonte malléable dont la partie inférieure se termine par un pied à trois branches.

Le rail est maintenu horizontalement par les crapauds, mais il peut prendre un léger mouvement dans le sens vertical.

Le même résultat est obtenu (fig. 585) par l'emploi d'un cylindre d'ambroïne.

La figure 586 représente un support isolant du même genre dans lequel la cloche en porcelaine est remplacée par un isolateur constitué

essentiellement par un boulon isolant de grandes dimensions en matière isolante *Aetna*.

La figure 587 permet de se rendre compte de la disposition

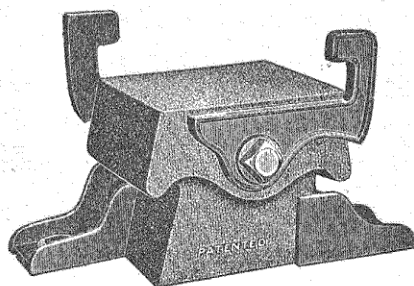


Fig. 589. — Isolateur pour 3^e rail en granit reconstitué.

intérieure d'isolateurs de troisième rail, construits d'après les mêmes principes.

Depuis quelque temps, la *Reconstructed granite company*, de New-York, construit des isolateurs de troisième rail en granit reconstitué.

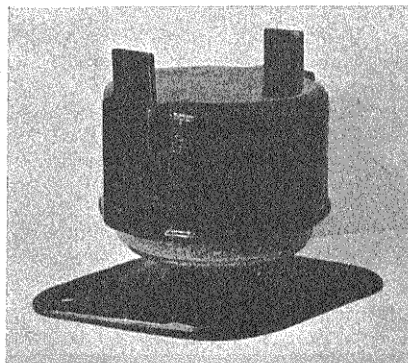


Fig. 590. — Isolateur pour 3^e rail en granit reconstitué.

Cette matière est obtenue en remplissant un moule de granit naturel pulvérisé et en le soumettant à une très haute température. On obtient ainsi une matière excessivement dure, jouissant de remarquables qualités isolantes et résistant très bien aux variations brusques de température. Cette matière est, de plus, inattaquable sous l'action des bases et des acides (fig. 588).

L'isolateur est donc constitué par un corps en granit reconstitué, pourvu à sa partie supérieure de deux crochets d'amarrage du patin

de rail (fig. 589). Le serrage de l'isolateur sur la traverse ou sur un

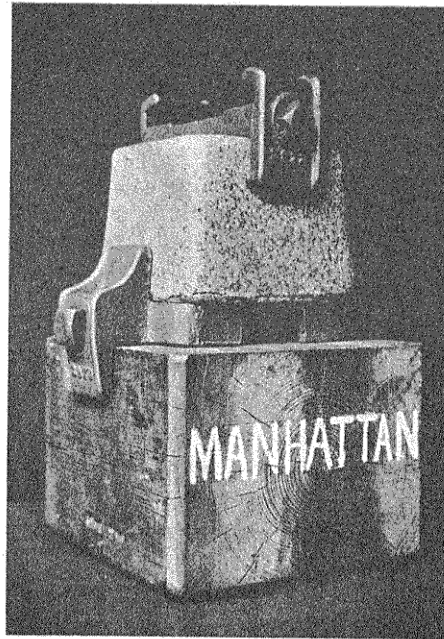


Fig. 591. — Isolateur de 3^e rail en granit reconstitué du Manhattan Railway.

tasseau de bois intermédiaire se fait au moyen de deux sabots en fonte

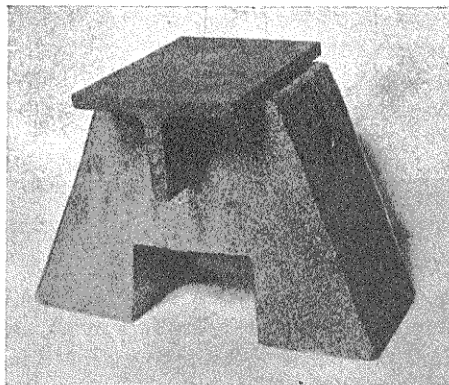


Fig. 592. — Isolateur pour 3^e rail (fer à simple T).

placés à deux angles opposés et épousant la forme conique du bloc de granit.

Les figures 590 et 591 représentent des variantes de la disposition précédente. La figure 592 donne un exemple du mode de mise en place d'un conducteur en fer à simple T.

§ 3. — SUPPORTS ISOLANTS POUR TROISIÈME RAIL À DOUBLE CHAMPIGNON

Le support isolant employé sur le chemin de fer du Salève peut être utilisé pour les rails à double champignon. Le conducteur est, comme nous l'avons dit précédemment, constitué par un rail Vignole retourné, mais le mode d'attache est identique à celui des rails à double champignon (fig. 582).

Toutes les deux traverses, le champignon du rail est maintenu entre des mâchoires en fonte faisant partie d'un chapeau qui coiffe un isolateur en porcelaine à double cloche avec interposition d'une feuille de plomb. Ces isolateurs sont à leur tour supportés par des tiges de fer recourbées, fixées chacune par deux boulons à la partie supérieure de la traverse.

La figure 593 représente un isolateur permettant de placer le rail à une hauteur de 35 à 60 centimètres.

Cet isolateur est composé de deux parties en fonte entre lesquelles

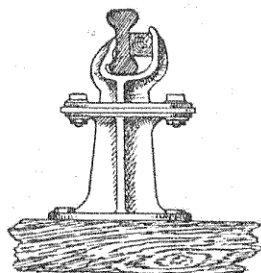


Fig. 593. — Isolateur de support pour rail à double champignon.

se trouve intercalée une plaque en matière isolante. Le serrage se fait au moyen de boulons isolants.

Sur le chemin de fer métropolitain de Paris on a adopté un isolateur de faible hauteur constitué essentiellement par deux boulons isolants supportant une partie métallique en fonte formant coussinet (fig. 594).

A la partie inférieure de l'isolateur se trouve une pièce métallique recevant la tête des boulons isolants en question.

Les boulons isolants des isolateurs du troisième rail du métropolitain de Paris sont en matière *Aetna*.

Les résistances d'isolement que l'on peut obtenir avec ces isolateurs

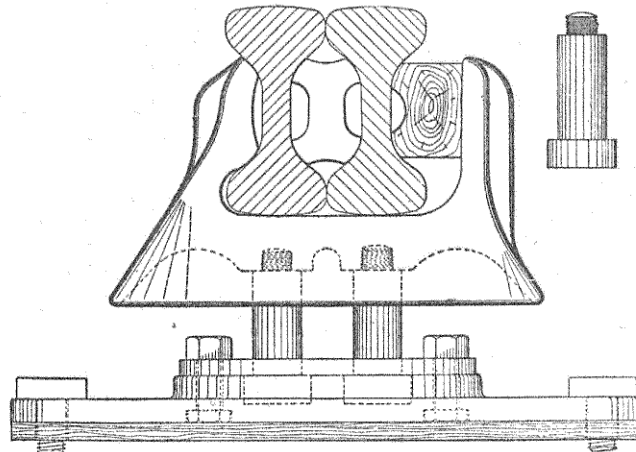


Fig. 594. — Isolateur pour rail à double champignon.

pour troisième rail peuvent être évaluées approximativement de la manière suivante :

2 000 à 10 000 megohms	par temps sec
400	— par grande pluie

§ 4. — PASSAGE DES AIGUILLAGES

Au début on plaçait volontiers le troisième rail dans l'axe de la voie, mais on s'est vite aperçu que cette disposition rendait le passage des aiguillages très difficile.

On préfère aujourd'hui installer le troisième rail sur l'un des côtés de

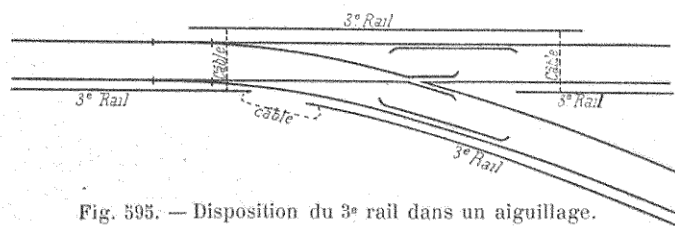


Fig. 595. — Disposition du 3^e rail dans un aiguillage.

la voie. Lorsqu'une interruption est nécessaire dans ce conducteur, on installe de l'autre côté de la voie un rail de prise de courant d'une longueur suffisante pour pouvoir fournir le courant à la voiture pendant toute la durée de la solution de continuité (fig. 595).

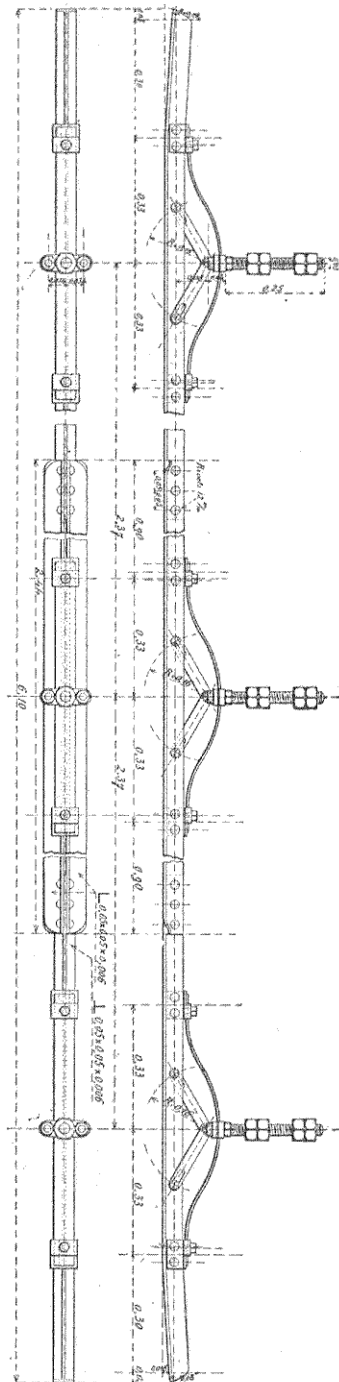


Fig. 395 bis. — Installation d'un conducteur aérien au droit d'un aiguillage.

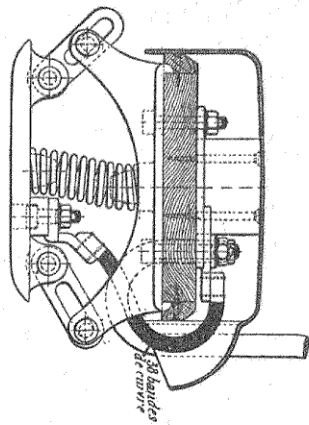


Fig. 397. — Frotteur de prise de courant.

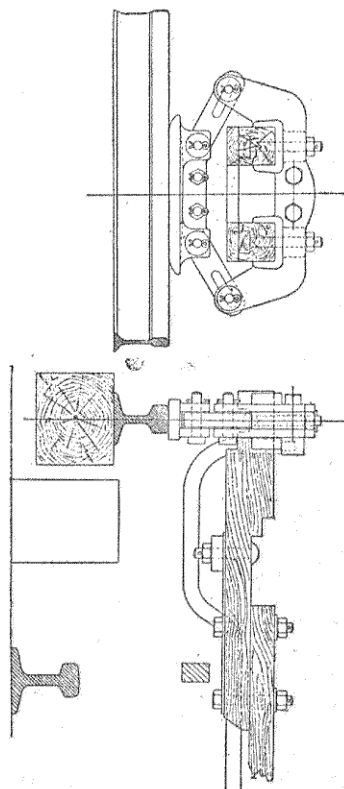


Fig. 396. — Frotteur de prise de courant.

La locomotive ou la voiture motrice doivent, bien entendu, être munies de frotteurs de prise de courant sur leurs deux côtés ainsi qu'à l'avant et à l'arrière. Des câbles passant sous la voie réunissent entre eux ces différents tronçons de rails prise de courant.

Le passage des aiguillages peut néanmoins présenter des difficultés lorsqu'un grand nombre de voies se réunissent sur un espace de faible longueur. Ce cas s'est présenté, notamment, à la nouvelle gare d'Orléans où toutes les voies se réunissent aux deux voies principales sur une longueur d'une quarantaine de mètres.

On a tourné la difficulté, dans ce cas particulier, en installant des conducteurs de prise de courant sous les voûtes, et en supprimant le troisième rail au droit des aiguillages (fig. 595 *bis*).

Les locomotives portent à leur partie supérieure un organe de prise de courant à losange articulé ne nécessitant aucune intervention du personnel de la machine.

Lorsque les rails de prise de courant présentent une solution de continuité, il est indispensable de disposer les extrémités de ces rails suivant un plan incliné de pente douce, afin que les frotteurs ne subissent pas de chocs au moment du rétablissement du contact.

§ 5. — FROTTEURS

Les frotteurs de prise de courant sont, en général, constitués par un patin en fonte supporté par deux biellettes sollicitées par des ressorts (fig. 596 et 597).

Chaque voiture motrice est pourvue de quatre patins disposés par moitié sur le côté droit et sur le côté gauche. On évite, de la sorte, les interruptions de courant. On peut se dispenser d'installer un rail conducteur de l'autre côté de la voie lorsque la solution de continuité du troisième rail est inférieure à la distance séparant les deux frotteurs d'un même côté de la voiture. Il y a toujours, dans ce cas, au moins un frotteur en contact avec le rail de prise de courant.

§ 6. — DISPOSITIFS PROTECTEURS

Il est toujours prudent de protéger le personnel de la voie contre un contact éventuel avec le troisième rail. On se contente parfois de peindre ce rail en rouge ou en couleur voyante afin d'attirer l'attention, mais il est préférable d'installer un dispositif diminuant les chances de contact.

On arrive assez simplement à ce résultat en plaçant deux madriers

de chaque côté du rail de façon que le contact ne puisse plus se faire que par la partie supérieure située un peu en contre-bas des pièces de

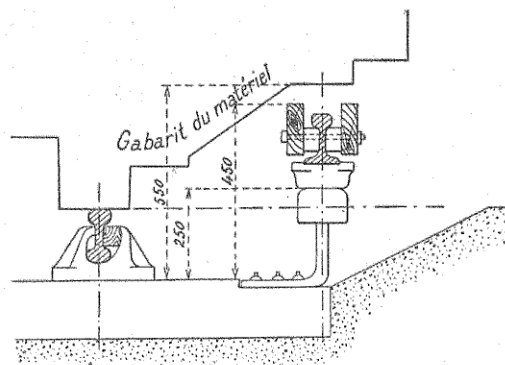


Fig. 598. — Dispositif protecteur pour 3^e rail.

bois. C'est la solution qui a été adoptée sur le chemin de fer de l'Ouest (fig. 598).

Sur le chemin de fer d'Orléans on a préféré recouvrir le rail d'une

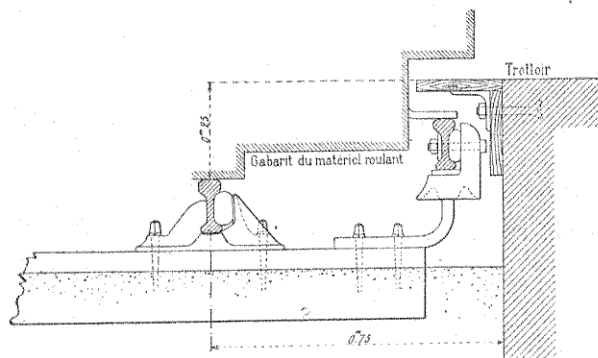


Fig. 599. — Dispositif protecteur dans une station.*

sorte de cornière en bois. L'organe de prise de courant vient alors s'engager latéralement sur le rail.

Le long des trottoirs des stations, la protection peut être réalisée comme l'indique la figure 599.

Bien que ces différents revêtements diminuent fortement les chances de contact, il y a cependant lieu de les peindre en couleur voyante de manière à attirer l'attention, car on ne doit pas, en effet, considérer le danger comme étant complètement supprimé.

CHAPITRE II

PRISE DU COURANT PAR TROISIÈME RAIL SECTIONNÉ

Généralement la prise de courant par troisième rail ne présente pas d'inconvénient puisqu'elle n'est usitée que sur les voies de chemins de fer inaccessibles au public.

Il y a cependant des cas où la présence de conducteurs électrisés d'une manière permanente est gênante ou même inadmissible. Ce cas se présente en particulier pour les passages à niveau, les gares et stations ainsi que leurs abords.

On peut alors, dans ces diverses circonstances, remplacer les rails continus de prise de courant par des rails isolés les uns des autres qui ne sont mis en communication avec les câbles d'alimentation qu'au moment du passage des voitures.

On a imaginé, dans ce but, une grande quantité de dispositifs plus ou moins pratiques. Les uns ne font intervenir, pour la manœuvre des interrupteurs, que des organes mécaniques. D'autres, au contraire, emploient des commandes purement électriques basées sur des combinaisons de circuits.

Dans cette dernière catégorie on pourrait classer la plupart des systèmes de prise de courant par contacts superficiels dans lesquels les frotteurs sont de simples barres et sont, par suite, dépourvus de bobines.

La commande mécanique est, en somme, commode à réaliser puisqu'il est possible d'installer sur une voie de chemin de fer des taquets qui seront rencontrés par les voitures et qui provoqueront la mise en circuit d'un tronçon de rail et la mise hors-circuit du tronçon précédent.

Bien que les essais de prise de courant par troisième rail sectionné aient été nombreux (particulièrement en Amérique), les véritables applications en sont assez rares. Nous citerons cependant comme exemple de commande purement électrique le système Murphy, préconisé par la *Safety third rail Company*; le système Willard nous fournira un exemple de commande mixte, à la fois électrique et mécanique.

§ 1. — SYSTÈME DE LA SAFETY THIRD RAIL COMPANY

Dans le système Murphy, le troisième rail employé est sectionné en tronçons ayant à peu près la moitié de la longueur des voitures circulant sur la ligne.

Chacun de ces tronçons est alimenté par un appareil distributeur. Chaque appareil comporte un solénoïde formé d'une bobine de fil fin et d'une bobine de gros fil (fig. 600).

La bobine de fil fin est disposée en dérivation entre les rails et le

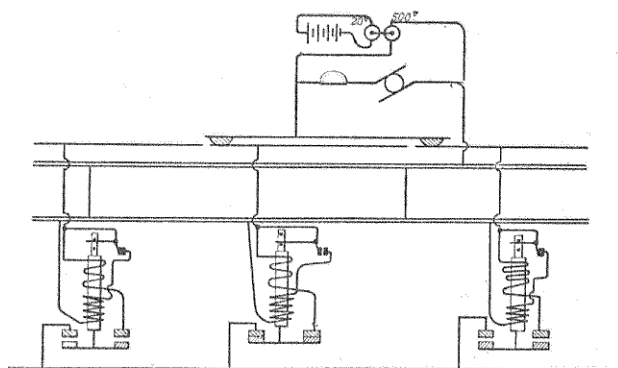


Fig. 600. — Schéma du 3^e rail sectionné système Murphy.

tronçon de rail conducteur. La bobine de gros fil est traversée par la totalité du courant se rendant au tronçon isolé au moment du passage de la voiture.

A l'intérieur du solénoïde se trouve un noyau mobile en fer doux entraînant la manœuvre d'une petite traverse métallique horizontale portant un contact en charbon à chacune de ses extrémités. Ce contact peut rencontrer deux contacts fixes et établir ainsi la communication entre le câble d'alimentation et le tronçon isolé du troisième rail.

Le mouvement ascensionnel du noyau a également pour conséquence d'ouvrir un petit interrupteur qui coupe le circuit de la bobine de fil fin.

Voyons maintenant comment fonctionne l'ensemble du système.

La voiture automotrice du train étant pourvue de frotteurs à l'avant et à l'arrière, et la distance de ces frotteurs étant supérieure à la longueur d'un tronçon, il en résulte qu'il n'y aura jamais interruption de courant dans les moteurs.

De plus, il pourra s'établir, par les circuits de la voiture réunissant les frotteurs, une dérivation de courant principal dans le tronçon isolé venant après celui qui fournit le courant.

Une dérivation s'établit entre le nouveau tronçon et les rails par l'intermédiaire de la bobine de fil fin du solénoïde. Le noyau étant attiré ferme l'interrupteur du courant principal traversant la bobine de gros fil et maintient cet interrupteur fermé. En même temps, le courant dérivé est coupé dans la bobine de fil fin par le petit interrupteur que nous avons mentionné plus haut.

Le courant se rend ensuite au tronçon du troisième rail, puis aux moteurs de la voiture et enfin aux rails.

Lorsque les frotteurs de la voiture abandonnent le tronçon, le circuit se trouve coupé entre ce tronçon et les rails ; le noyau retombe aussitôt en ouvrant l'interrupteur du tronçon de rail et en fermant le petit interrupteur de la bobine en dérivation qui permet au tronçon isolé d'être de nouveau électrisé.

Au démarrage et toutes les fois que le courant a été coupé au contrôleur, il faut avoir recours à un artifice pour exciter la bobine de fil fin du solénoïde.

Chaque voiture porte une petite batterie d'accumulateurs de 10 éléments pouvant, par conséquent, fournir du courant sous une tension de 20 volts. Cette batterie ne pourrait par elle-même faire fonctionner les appareils distributeurs, puisqu'ils exigent une tension de 500 volts, mais elle actionne un petit transformateur rotatif élevant la tension du courant à 500 volts.

Ce petit transformateur ne fonctionne que pendant les quelques instants qui sont nécessaires pour l'excitation du premier tronçon isolé. Les accumulateurs sont mis hors circuit aussitôt que le démarrage de la voiture est commencé, par le fait même de la manœuvre du contrôleur.

La rupture du courant se produit toujours entre le frotteur et le tronçon isolé. Il en résulte que l'interrupteur que comporte chaque appareil n'est pas exposé à être détérioré par la formation d'arcs. Cet arc serait d'ailleurs coupé en deux points dans le cas où cette éventualité viendrait à se réaliser ; les contacts fixes et mobiles sont en charbon.

Aussitôt que la voiture abandonne une section du troisième rail isolé, l'interrupteur de l'appareil correspondant s'ouvre sous l'action de la pesanteur.

Le système Murphy a été installé avec succès sur une ligne de 1 kilomètre qui a été établie à Manhattan Beach par les soins de la Safety Third Rail Company.

On a reproché cependant à ce système de troisième rail sectionné de ne pas assurer une sécurité complète dans le cas où une dérivation

accidentelle de courant viendrait à s'établir entre les tronçons du troisième rail et les rails de la voie. C'est le cas qui peut se présenter, notamment, au moment de la chute des neiges. La dérivation permanente qui continue à traverser la bobine de gros fil après le passage de la voiture peut empêcher le noyau de retomber et maintient ainsi le courant sur le tronçon isolé.

Il est juste cependant de reconnaître que les dérivations entre le conducteur et les rails sont moins à redouter sur une voie de chemin de fer que sur une voie de tramway. Dans le premier cas, en effet, le conducteur de prise de courant peut être placé sur des organes isolants d'une certaine hauteur qui le rendent à peu près indépendant de l'état du sol.

Système Westinghouse. — La Compagnie Westinghouse, de Pittsburgh, construit également un dispositif de troisième rail sectionné qui est basé sur le même principe que son système de prise de courant par contacts superficiels, que nous décrirons plus loin. Chaque tronçon du troisième rail isolé est pourvu d'un appareil distributeur comme dans le système Murphy.

§ 2. — SYSTÈME WILLARD

Dans le système Willard, chaque tronçon de troisième rail isolé est pourvu d'un interrupteur que des ressorts maintiennent normalement ouvert (fig. 601).

Le troisième rail n'est pas fixé sur ses supports d'une manière im-

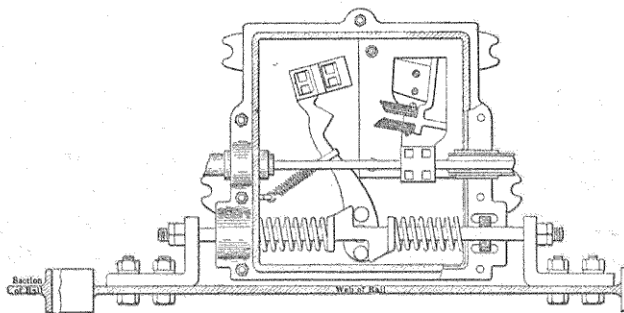


Fig. 601. — Coupe horizontale du 3^e rail système Willard au droit d'un appareil.

muable. Il peut, au contraire, prendre un léger déplacement longitudinal dans les deux sens. C'est ce déplacement qui est utilisé pour la manœuvre de l'interrupteur. Sur l'âme du troisième rail sont, en effet,

boulonnées deux pièces supportant une tige cylindrique sur laquelle sont enfilés deux ressorts à boudin.

Ces ressorts sont séparés par un taquet agissant dans les deux sens sur des chevilles portées par l'interrupteur, qui est lui-même maintenu ouvert par un ressort à boudin.

Lorsque le troisième rail subit un déplacement longitudinal dans un sens ou dans l'autre, il comprime l'un ou l'autre des ressorts à boudin principaux et entraîne ainsi la fermeture de l'interrupteur. Lorsque l'effort longitudinal qui sollicite le troisième rail a cessé, l'interrupteur s'ouvre de lui-même. Cet interrupteur est muni de deux sortes de contacts, les uns en charbon, les autres en cuivre. L'étincelle de rupture se produit toujours sur les contacts en charbon.

Il nous reste maintenant à indiquer la façon dont on produit les déplacements longitudinaux successifs des différents tronçons du troisième rail.

M. Willard obtient ce résultat en munissant la voiture automotrice de patins traversés par des circuits magnétiques qui tendent à entraîner le rail de prise de courant, grâce à la production de courants de Foucault.

Le patin de prise de courant est parcouru à ses deux extrémités par un flux magnétique qui se ferme par l'intermédiaire du troisième rail. Le milieu du patin est formé d'un métal anti-magnétique tel que le bronze. L'effort longitudinal ainsi produit est d'environ 150 à 200 kilos.

La solution est évidemment très simple, mais il nous semble qu'un tel frotteur doit s'échauffer très rapidement et ne doit pas faire un bien long usage.

Quoi qu'il en soit, les essais du système Willard, qui ont été faits récemment à South Brooklyn sur une voie de près d'un kilomètre, ne paraissent pas avoir donné de mauvais résultats, mais nous doutons, pour notre compte personnel, que ce mode de manœuvre des interrupteurs soit appelé à un grand avenir. En effet, lorsqu'il s'agit d'une voie de chemin de fer, il paraît beaucoup plus simple d'avoir recours à un dispositif de taquets rencontrés par un organe fixé à la voiture automotrice et permettant la fermeture et l'ouverture des interrupteurs.

CHAPITRE III

DIFFÉRENTS TYPES DE CANIVEAUX

La première application du caniveau sur une ligne de tramways a été faite en 1884 dans la petite ville balnéaire de Blackpool.

Le caniveau employé, qui fonctionne encore aujourd'hui d'une manière satisfaisante, a été inventé par Holroyd Smith (fig. 602-604). Il se

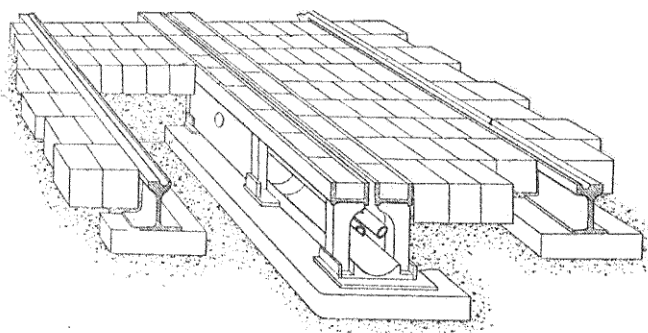


Fig. 602. — Caniveau primitif de Blackpool.

compose essentiellement de cadres en fonte placés à des intervalles de 1^m,20 et reliés par de simples madriers créosotés. Ces cadres en fonte reposent sur une fondation en béton.

Les conducteurs de prise de courant sont fixés sur les madriers par l'intermédiaire d'isolateurs en grès.

Bien que le retour du courant se fit par les rails, Holroyd Smith installa deux conducteurs dans le caniveau, dans le but de rendre la prise de courant plus facile et de simplifier les bifurcations.

L'organe de prise de courant (fig. 608 et 609) comprenait une partie centrale servant à établir le contact, et deux socs de charrue ayant pour but de diriger l'appareil. La partie centrale et les parties latérales étaient reliées au moyen de lames flexibles. Le contact se faisait par deux plaquettes de laiton épousant la forme des conducteurs.

Ce caniveau d'Holroyd Smith a été modifié dans la suite. Actuelle-

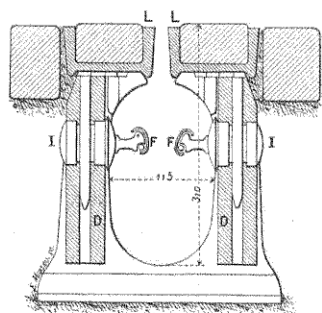


Fig. 603. — Coupe du caniveau primitif de Blackpool.

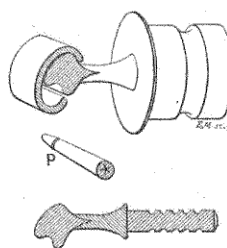


Fig. 604. — Isolateurs du caniveau primitif de Blackpool.

ment il ne comporte plus qu'un seul fil au lieu de deux conducteurs de forme spéciale (fig. 605-607).

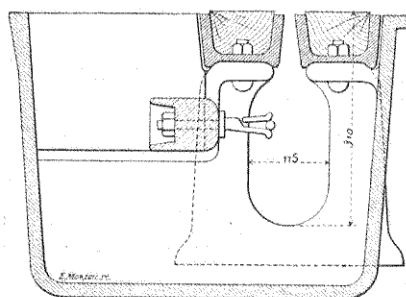


Fig. 605. — Coupe du caniveau actuel de Blackpool.

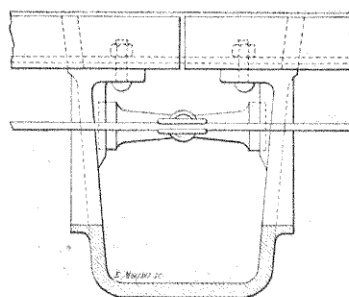


Fig. 606. — Coupe longitudinale du caniveau actuel de Blackpool.

La même année, MM. Bentley et Knight installaient à Cleveland (Ohio)

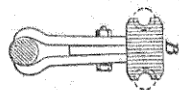


Fig. 607. — Isolateur du caniveau actuel de Blackpool.

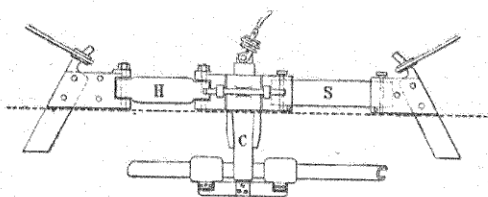


Fig. 608. — Ensemble de la prise de courant du caniveau de Blackpool.

un caniveau entièrement en fonte qui avait été reporté sur le côté de la voie sans avoir aucune relation avec cette dernière.

En 1888, les mêmes inventeurs construisaient à Alleghany City (Per-

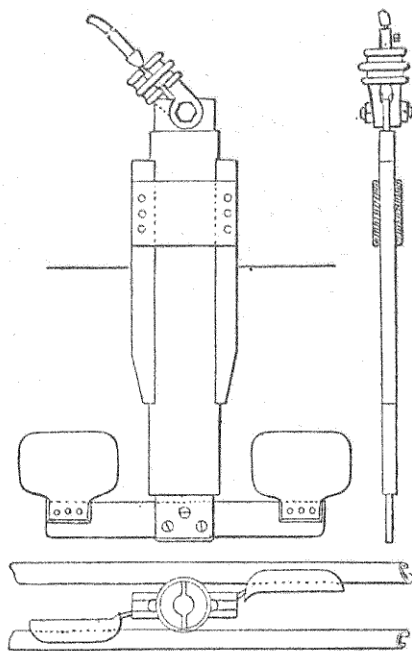


Fig. 609. — Organe de prise de courant du caniveau de Blackpool.

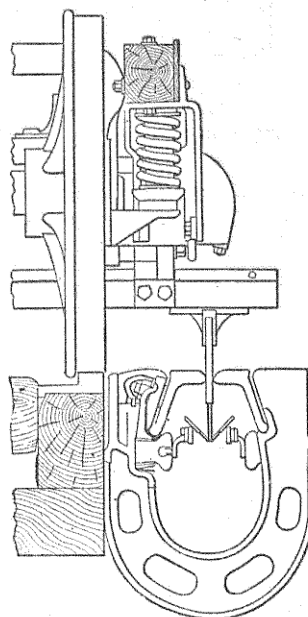


Fig. 610. — Coupe du caniveau Bentley et Knight.

sylvanie) un caniveau d'un genre tout différent. Ce caniveau était cons-

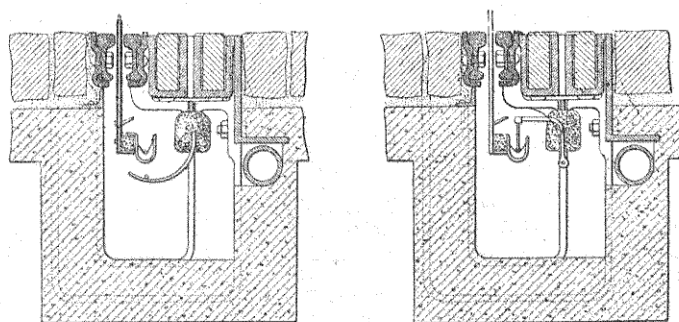


Fig. 611 et 612. — Coupes du caniveau Waller-Manville.

titué par des cadres en fonte supportés par les traverses de la voie. Ce système ne paraît pas s'être développé.

Nous devons signaler, également, le caniveau Waller-Manville (fig. 611 et 612) dans lequel le conducteur souterrain est constitué par

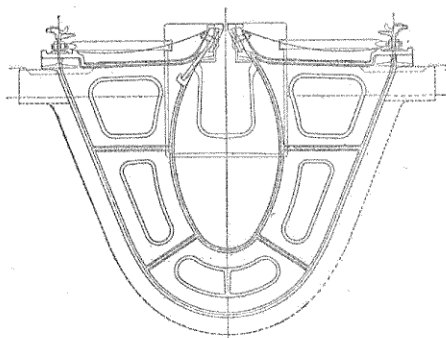


Fig. 613. — Caniveau axial de construction américaine.

un fil flexible supporté par des crochets montés eux-mêmes sur des isolateurs.

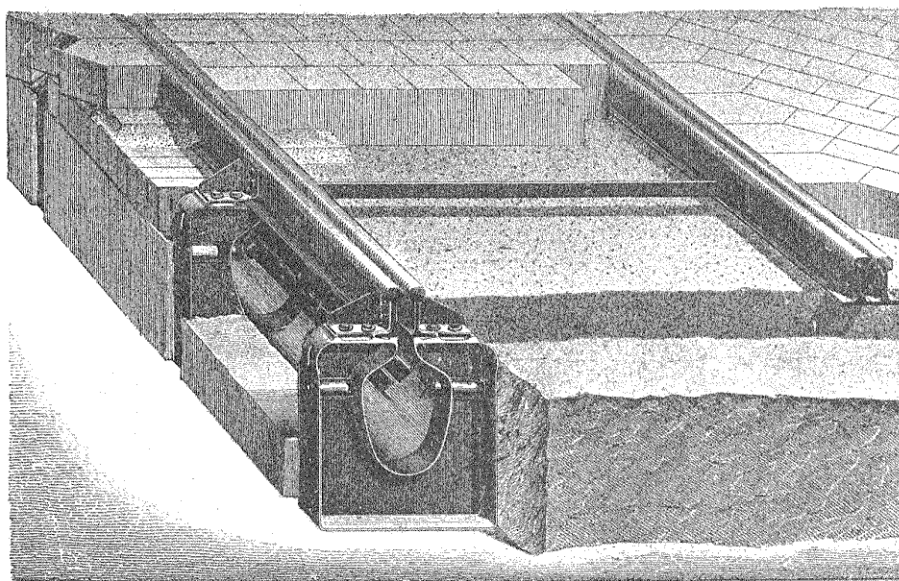


Fig. 614. — Caniveau de Budapest.

Quand l'organe de prise de courant passe, le fil est soulevé et vient reprendre ensuite sa place sur son support.

H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

31

La première application pratique du caniveau dans une grande ville fut faite en 1887 à Budapest, par la Société Siemens et Halske, de Berlin.

Les figures 614 et 615 représentent la coupe de la voie du tramway de Budapest. Elle se compose, en somme, de quatre rails.

Les conducteurs de prise de courant (fig. 616) sont constitués par

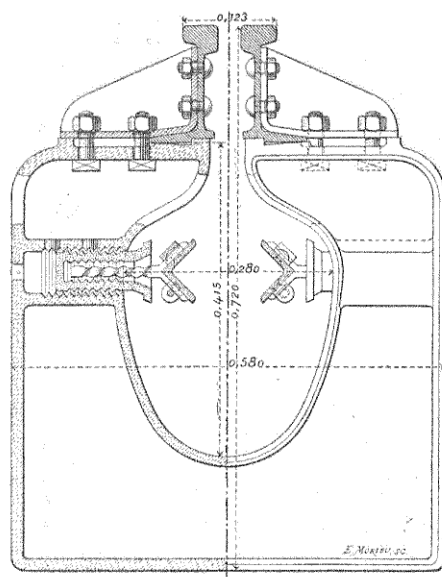


Fig. 615. — Coupe du caniveau de Budapest.

deux cornières inclinées fixées par l'intermédiaire d'isolateurs aux cadres en fonte du caniveau.

L'organe de prise de courant de la voiture (fig. 617) glisse entre les deux cornières. Ce collecteur de courant est nécessairement plus compliqué que ceux que nous avons vus précédemment, le retour ne se faisant plus par les rails de la voie. Les deux cornières étant en communication l'une avec le pôle positif et l'autre avec le pôle négatif, il est indispensable de prendre des précautions minutieuses pour que des courts-circuits ne se produisent pas.

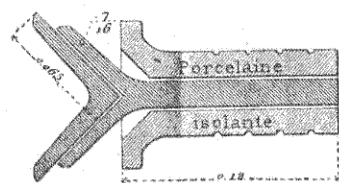


Fig. 616. — Isolateur du caniveau de Budapest.

L'organe de prise de courant se compose de deux frotteurs isolés l'un de l'autre que des ressorts maintiennent en contact avec les cornières,

Ces deux frotteurs communiquent avec la voiture au moyen de deux câbles isolés.

La première ligne à caniveau de Budapest n'avait que deux kilomètres et demi de longueur, mais elle fut complétée en 1891 par trois autres lignes plus importantes, de telle sorte qu'en 1897 il y avait

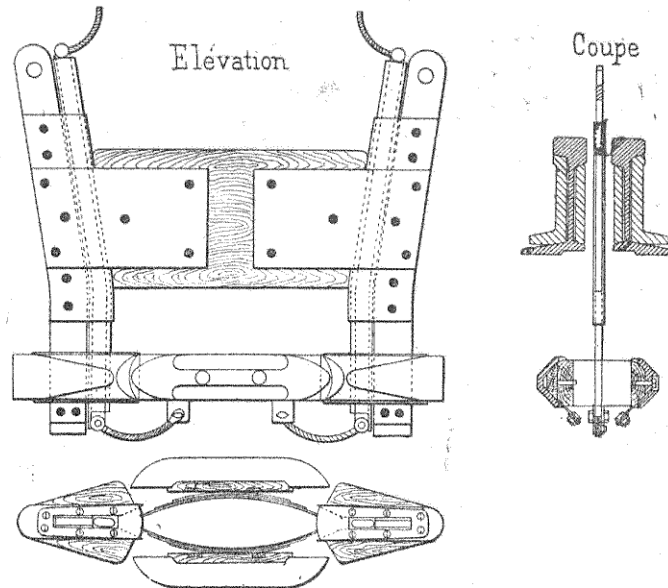


Fig. 617. — Organe de prise de courant du caniveau de Budapest.

dans cette ville environ 30 kilomètres de voies à caniveau en exploitation.

Pendant ce temps les constructeurs américains ne restaient pas inactifs.

On essayait en 1893 à Washington un caniveau central inventé par M. Love dont les figures 618 et 619 indiquent les principales dispositions. Les cadres en fonte avaient des dimensions suffisantes pour soutenir les rails eux-mêmes.

La prise de courant se faisait au moyen de deux petits trolleys à roulette que des ressorts appliquaient contre les fils de cuivre à section en 8 faisant office de conducteurs (fig. 620 et 621).

Le caniveau lui-même était entièrement en fonte comme celui d'Holroyd-Smith.

Peu de temps après, la Metropolitan Railroad Company de Washington installait des lignes à caniveau central du système Connett qui fonctionnent, depuis, d'une manière très satisfaisante. On a abandonné

Le courant est amené au moyen de deux fers à simple T supportés par des isolateurs.

Tous les 120 mètres, on a ménagé une ouverture de 1 mètre de lon-

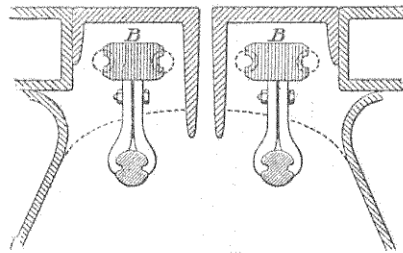


Fig. 620. — Conducteurs du caniveau Love.

gueur sur 0^m,30 de largeur qui permet de remplacer un tronçon de conducteur de prise de courant dans le cas où il viendrait à être avarié.

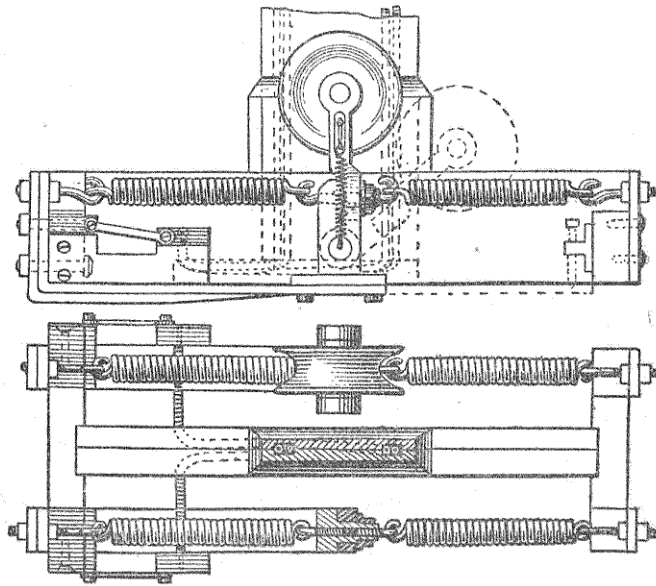


Fig. 621. — Organe de prise de courant à roulettes du caniveau Love.

On a employé, pour la construction de ce caniveau, l'appareil représenté sur la figure 626. C'est, en somme, une sorte de moule suspendu à des galets roulant sur les fers de la rainure. On pilonne le béton autour de ce moule ; lorsqu'il a fait prise, on fait rouler le moule un peu plus loin.

L'Union Electricitäts Gesellschaft qui est la filiale allemande de la

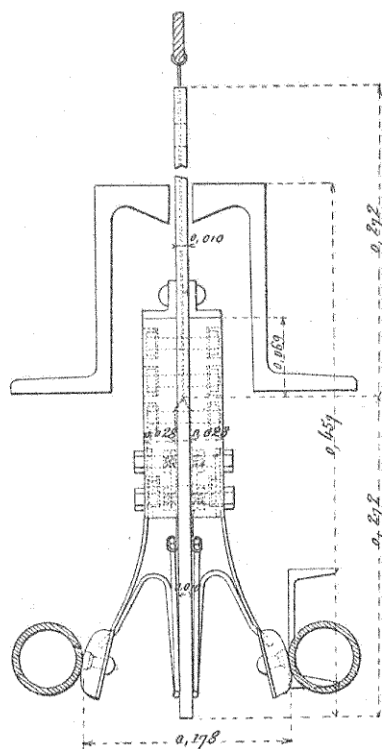


Fig. 622. — Organe de prise de courant pour conducteurs tubulaires.

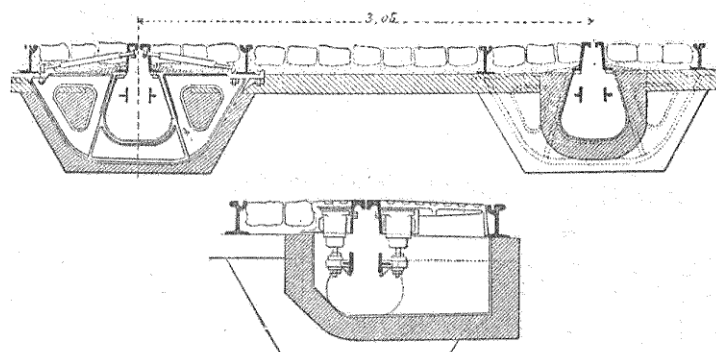


Fig. 623 et 624. — Caniveau de Washington, système Connett.

Compagnie Thomson Houston, a établi — de même que la Compagnie

Siemens — un tramway à caniveau dans l'intérieur de Berlin. La

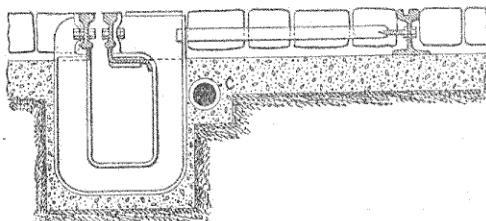


Fig. 625. — Caniveau latéral essayé en Amérique.

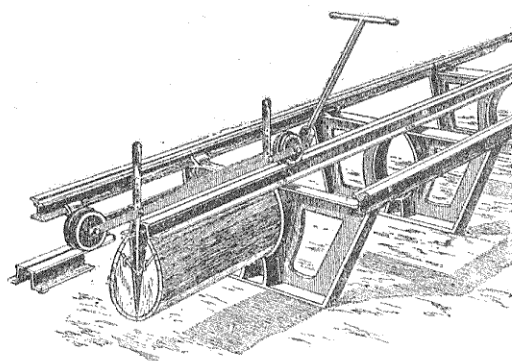


Fig. 626. — Appareil pour la construction du caniveau en béton.

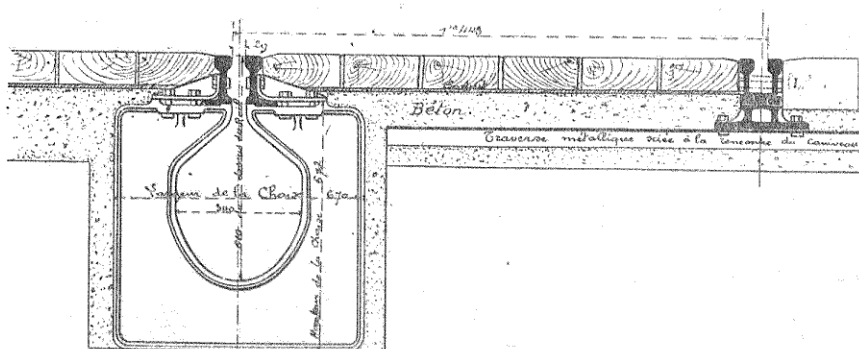


Fig. 627. — Caniveau latéral, système Siemens.

figure 628 représente une coupe de ce caniveau en un point où se trouve installé un dispositif de communication avec les égouts.

Les conducteurs employés sont des rails à double champignon et à

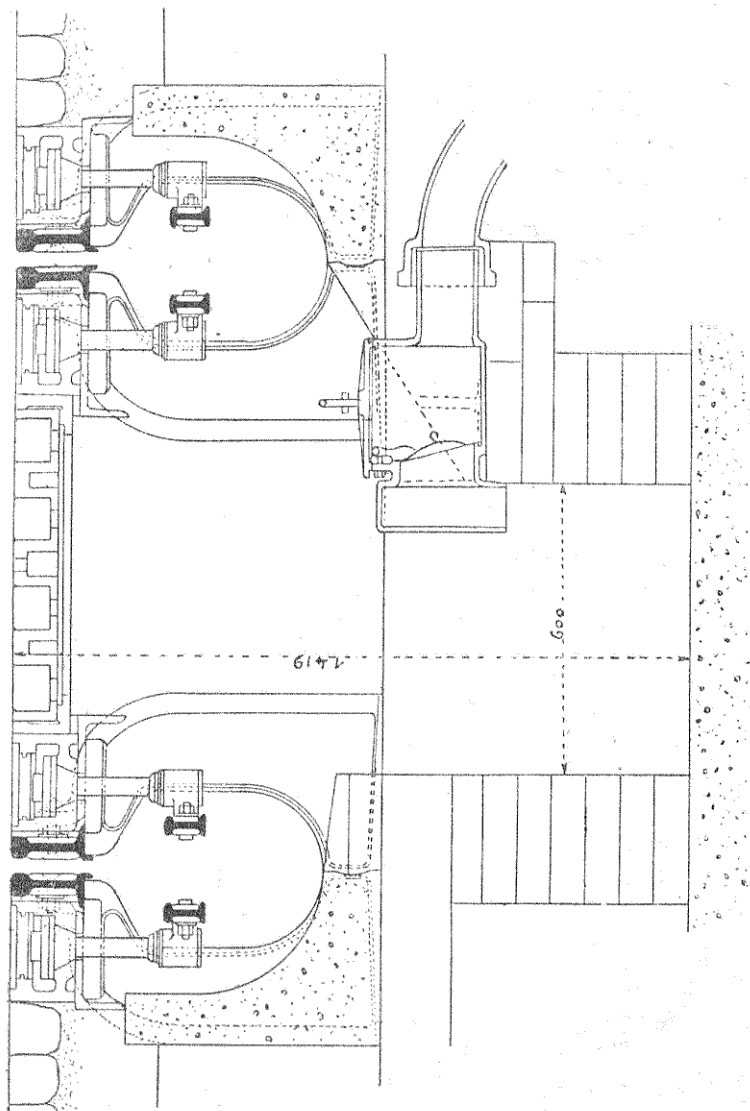


Fig. 628. — Caniveau de Berlin, système Thomson-Houston ; communication avec les égouts.

âme très élevée. Ces fers sont supportés par des isolateurs de forme spéciale.

Les chantiers de Hörde ont construit à titre d'essai un caniveau entièrement métallique qui supprime complètement l'emploi du béton

(fig. 629 et 630). Ce caniveau est constitué par des cadres en fonte sur lesquels viennent reposer des feuilles de tôle ondulée qui constituent les parois. On pilonne ensuite de la terre tout autour du conduit en tôle ainsi constitué. Le nettoyage du caniveau s'opère en enlevant des pièces amovibles situées le long de la rainure.

L'un des inconvénients de ces caniveaux consiste dans la difficulté de leur nettoyage par suite de leur exigüité. Certains inventeurs ont proposé de rendre le nettoyage facile en donnant au caniveau des dimensions suffisantes pour qu'un homme puisse y circuler. MM. Peire et Lavezzari ont même proposé d'utiliser ces caniveaux pour l'ins-

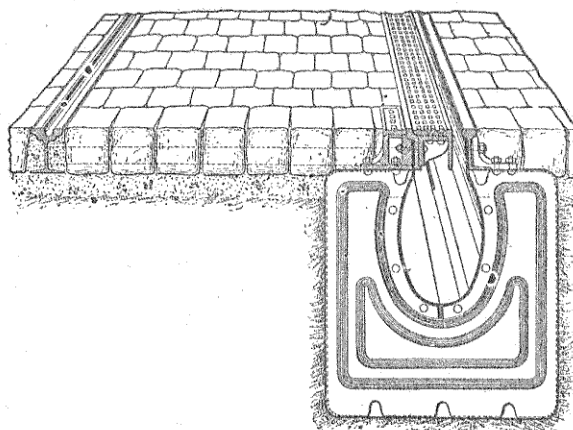


Fig. 629. — Caniveau métallique, système de Hørde.

tallation de toutes les canalisations électriques pouvant se trouver sous la chaussée (fig. 632 et 633).

Un tel caniveau doit être construit sous l'entrevoie de manière à remplacer les deux caniveaux habituels.

Cette disposition n'a pas reçu d'applications en raison même des frais considérables d'installation qu'elle entraîne et de l'impossibilité matérielle de construction pouvant résulter de la présence des égouts et des canalisations de tous genres qui encombrent le sous-sol des grandes villes.

En définitive les caniveaux de prise de courant, que l'on construit aujourd'hui, se ramènent à deux types :

- 1° Le caniveau latéral;
- 2° Le caniveau axial.

Ces deux systèmes ont leurs avantages et leurs inconvénients.

Le caniveau latéral est certainement beaucoup plus économique que le caniveau axial qui nécessite des cadres en fonte de très grandes

dimensions. L'aspect des chaussées n'est pas modifié par la présence de la rainure centrale. Dans les chaussées en pavés de bois, les bords de cette rainure métallique ne tendent pas à faire saillie comme les

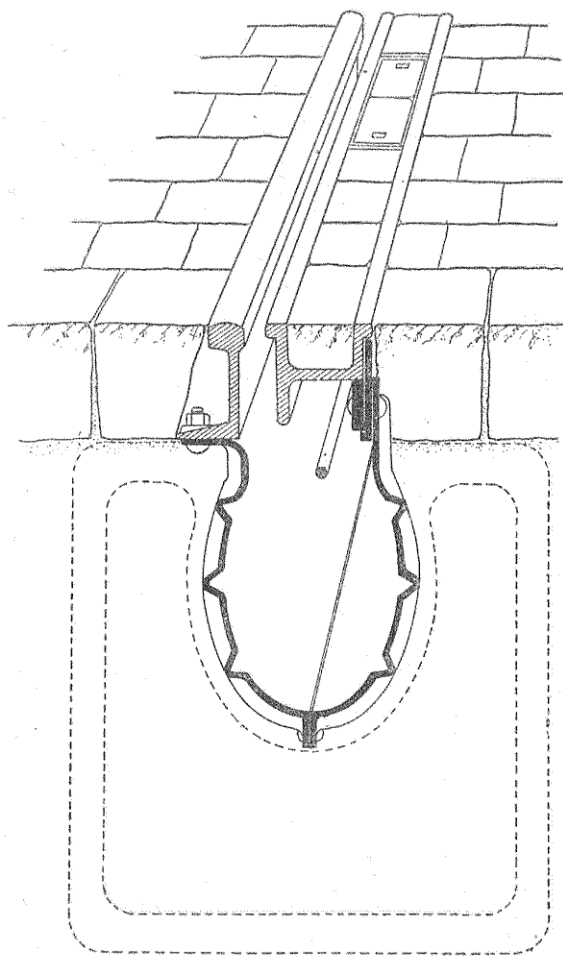


Fig. 630. — Caniveau métallique, système de Hørde (Coupe entre deux cadres).

rails eux-mêmes et à constituer des obstacles à la circulation des voitures.

Par contre le caniveau latéral n'est pas exempt d'inconvénients.

On lui reproche de supporter le poids et les efforts directs des voitures et de nécessiter, par suite, une construction plus robuste que le caniveau central.

On lui reproche également de rendre l'isolement de la prise de courant plus difficile en raison des projections de boue provenant des roues.

L'inconvénient capital du caniveau latéral réside dans l'obligation

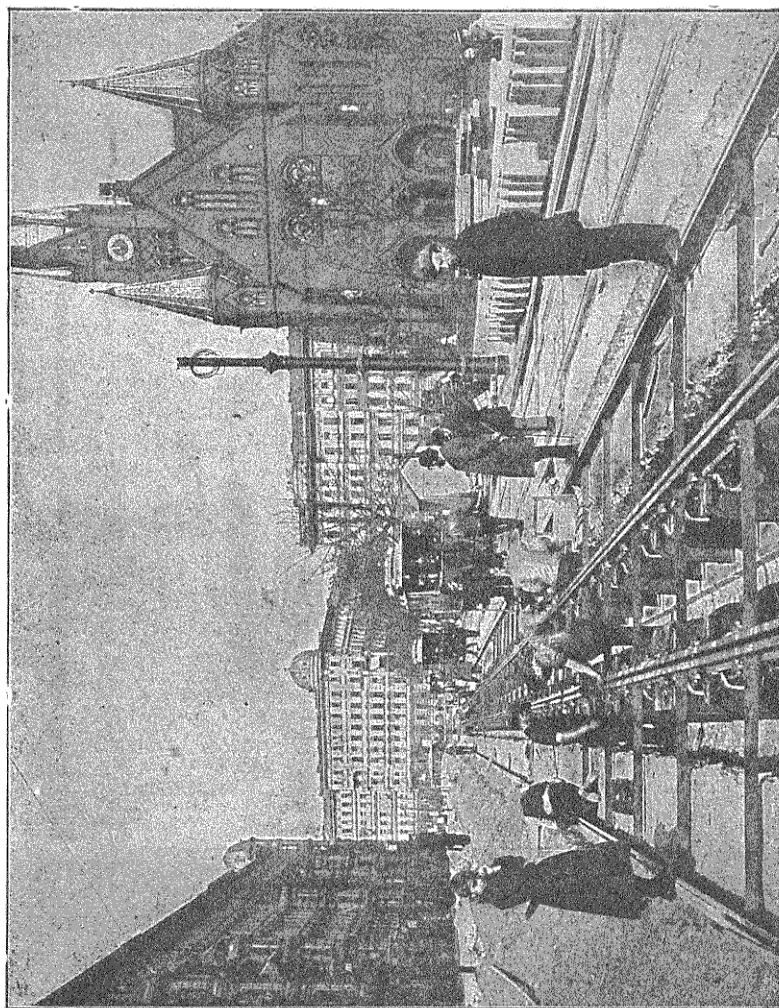


Fig. 631. — Construction d'un caniveau latéral.

dans laquelle on se trouve d'avoir des aiguilles en porte-à-faux et, par suite, exposées aux ruptures et aux détériorations.

Les différentes tentatives qui ont été faites pour diminuer ce grave inconvénient ont conduit à donner à la rainure une largeur d'environ 5 centimètres à l'extrémité de l'aiguille.

Une telle largeur devient dangereuse pour les voitures légères et surtout pour les vélocipèdes.

La figure 632 représente des coupes horizontales et verticales d'ai-

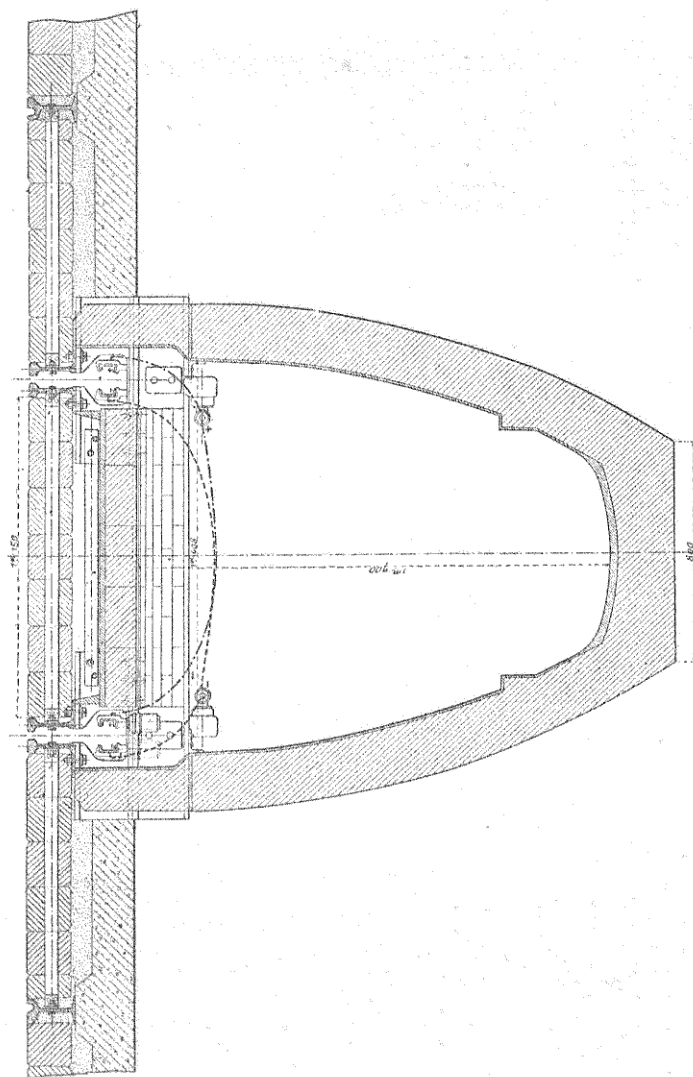


Fig. 632. — Coupe transversale d'un grand caniveau circulaire.

guillages pour caniveaux latéral et central qui permettent de se rendre compte de ces diverses particularités.

Nous allons décrire avec quelques détails ces deux types de cani-

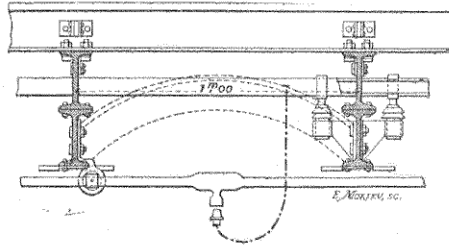


Fig. 633. — Coupe longitudinale d'un grand caniveau circulaire.

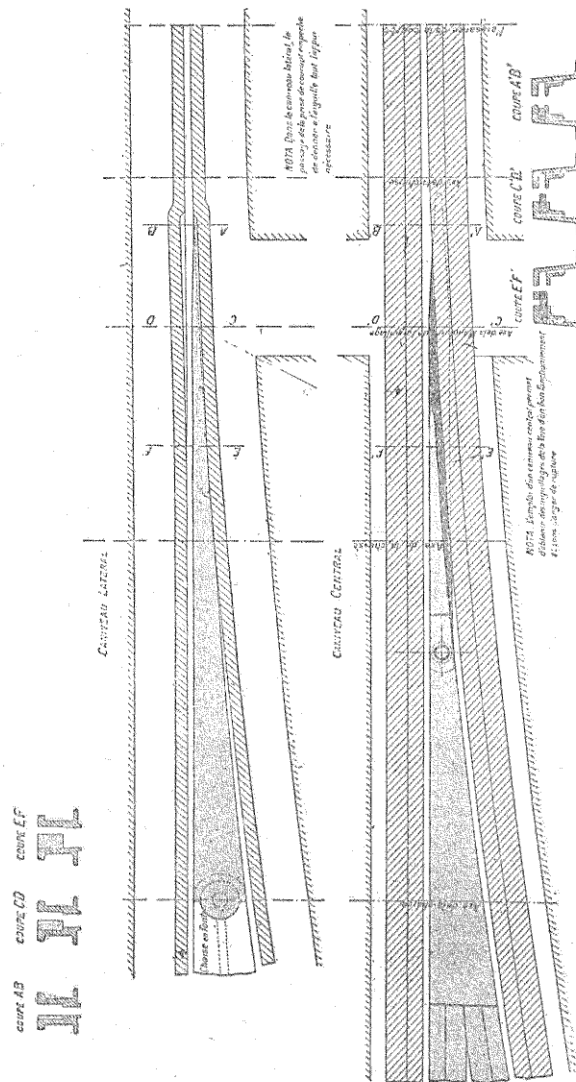


Fig. 634. — Comparaison entre les aiguilles pour caniveau latéral et pour caniveau axial.

veaux qui sont devenus d'une construction courante à l'heure actuelle.

Nous prendrons comme type de caniveau latéral, le caniveau Siemens et Halske qui a reçu plusieurs applications en Allemagne et en Autriche.

Nous décrirons ensuite le caniveau central Thomson-Houston qui est le plus employé en Amérique.

Nous terminerons en disant quelques mots du caniveau mixte tantôt central tantôt latéral construit à Paris par la même Compagnie.

CHAPITRE IV

CANIVEAU LATÉRAL SYSTÈME SIEMENS ET HALSKE

Le caniveau latéral système Siemens et Halske a été installé à Berlin, à Dresde et à Budapest.

Nous avons vu précédemment les dispositions qui avaient été adoptées dans cette dernière ville lors de l'installation de la première ligne. La figure 635 permet de se rendre compte des dispositions actuelles.

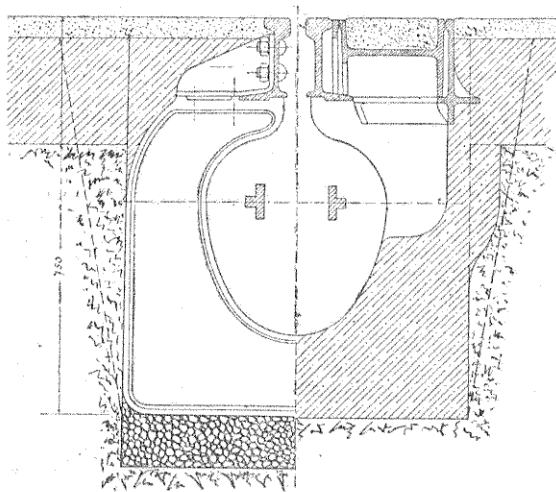


Fig. 635. — Coupe du caniveau Siemens de Berlin.

Le caniveau, qui est en béton, est constitué par des cadres en fonte placés à 1^m,25 de distance. Ces cadres supportent le rail et le contre-rail entre lesquels se trouve la rainure de prise de courant. La fixation des rails sur ces cadres en fonte se fait au moyen d'éclisses cornières en fer forgé qui serrent fortement l'âme et le patin du rail au moyen de quatre boulons (fig. 636 et 637).

Pour empêcher le resserrement de la rainure par rapprochement des

deux rails, les patins, qui sont légèrement inclinés sur leur âme respective, reposent sur un appendice venu de fonte avec le cadre (fig. 635).

Les cadres déterminent, avec leurs deux bras, un caniveau de section ovoïde de 0^m,340 de largeur et de 0^m,450 de hauteur intérieure. Ils sont situés sur une plate-forme en béton et servent de membrures au caniveau également en béton.

L'eau qui peut pénétrer dans la rainure est dirigée sur les égouts de la ville. Dans ce but on dispose tous les 50 mètres des puisards aboutissant à ces égouts.

Le nettoyage du caniveau s'opère en faisant circuler une sorte de tampon présentant la même section que le caniveau.

Conducteurs de prise de courant. — Les conducteurs de prise de courant sont constitués par des fers à simple T dont les semelles, placées en regard, sont distantes de 12 centimètres.

Les conducteurs sont situés à 24 centimètres au-dessus du radier

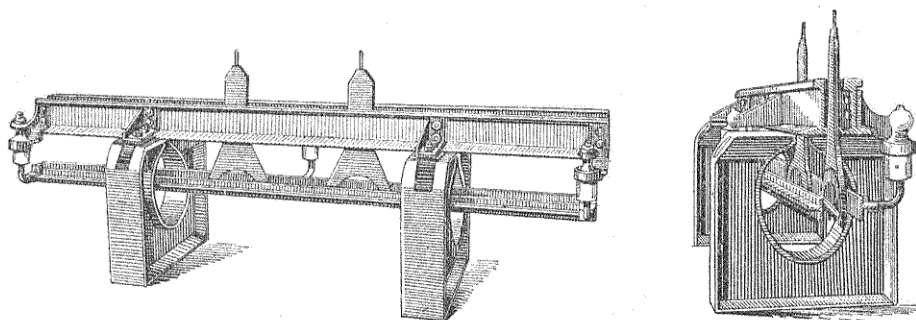


Fig. 636 et 637. — Vues en perspective de l'ossature métallique du caniveau de Berlin.

du caniveau ; ils ont donc peu de chances d'être atteints par les eaux qui peuvent circuler dans le caniveau.

La fixation des conducteurs se fait au moyen d'isolateurs attachés à l'âme des rails, entre les cadres en fonte. Ils sont espacés à des intervalles variant de 2^m,50 à 4 mètres.

La disposition de ces isolateurs est représentée sur les figures 636, 637 et 638.

L'isolateur est fixé dans une douille en fer boulonnée elle-même sur l'âme du rail par l'intermédiaire d'une ferrure spéciale. Dans la partie intérieure de l'isolateur se trouve vissée une tige recourbée à angle droit et terminée par une fourchette qui vient saisir la branche horizontale du fer à T ; l'assemblage est, de plus, consolidé par une goupille.

Grâce à l'emploi des dispositions précédentes les isolateurs sont à l'abri de la pluie qui pourrait pénétrer par la rainure.

Enfin, les isolateurs sont placés dans des cavités ménagées dans la paroi du caniveau et sont enfermés dans des caisses en fonte noyées

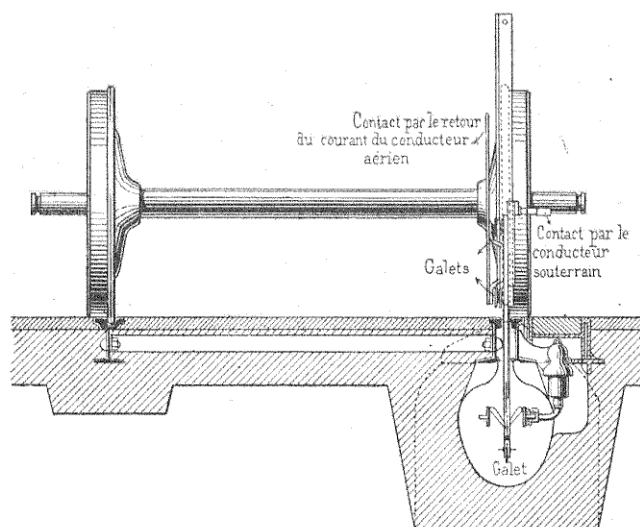


Fig. 638. — Ensemble du caniveau et de la prise de courant.

dans le béton. Le tout est recouvert par un tampon amovible permettant de visiter et de remplacer les isolateurs.

En certains endroits, notamment dans les courbes, on peut accéder au caniveau par un regard qui facilite l'entretien des conducteurs.

Aiguillages. — Comme nous l'avons déjà dit, les aiguillages consti-

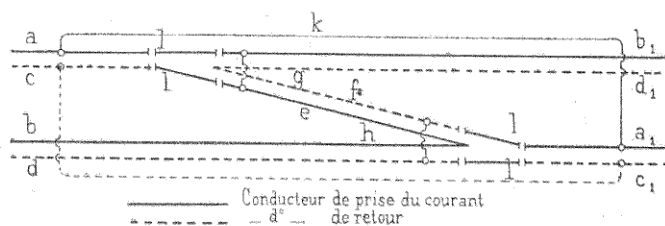


Fig. 639. — Schéma des connexions dans une diagonale.

tuent le point faible du caniveau latéral. Il est impossible d'empêcher que les aiguilles ne se trouvent en porte-à-faux pendant leur manœuvre.

On dispose bien sous leur extrémité et dans leurs deux positions un léger redan formant support, mais cet avantage ne s'acquiert qu'en

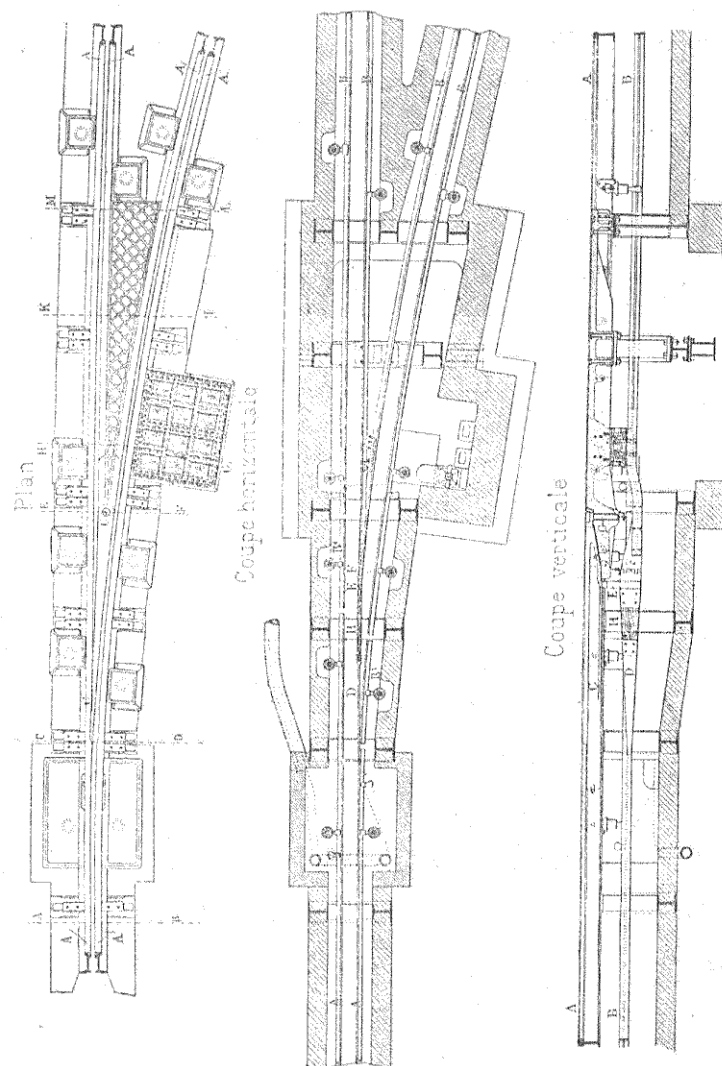


Fig. 640, 641 et 642. — Plan et coupe d'un aiguillage.

augmentant la largeur de l'ornière au point de la rendre gênante et même dangereuse pour la circulation.

Les figures 640-643 montrent les dispositions que l'on a adoptées pour les aiguillages du caniveau Siemens. En A sont les rails et en B les conducteurs de prise de courant. L'aiguille des rails est représentée en C ; G est son point d'articulation.

L'aiguille de courant est figurée en D ; elle tourne autour du point F. Une barre de liaison E, isolée, est intercalée entre les points C et D.

L'aiguille D se compose d'une lame élastique ; elle est isolée du reste de l'aiguillage électrique par une pièce en matière non conductrice.

En face de l'aiguille se trouvent deux tronçons de conducteurs B_1 qui sont isolés des conducteurs proprement dits B.

La longueur de ce tronçon isolé est plus grande que celle de la pièce de matière isolante interposée en H.

Grâce à cette disposition les étincelles de rupture ne se produisent jamais en D, mais toujours sur les conducteurs B.

Les conducteurs de prise de courant étant plus écartés que les rails

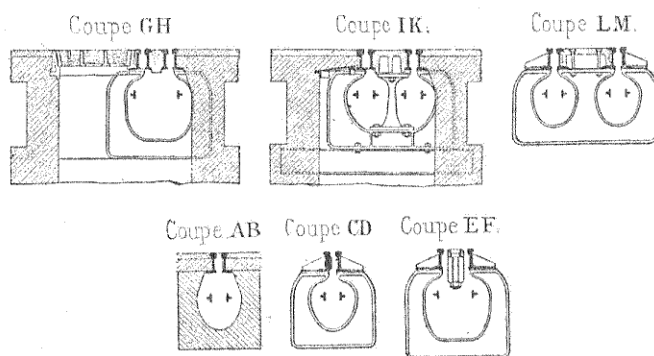


Fig. 643. — Coupes transversales d'un aiguillage.

et les deux manœuvres d'aiguilles devant se faire simultanément, on a dû recourir à un artifice pour obtenir ce résultat.

Le rayon de l'aiguille de courant est plus petit que celui de l'aiguille des rails. Les deux aiguilles sont reliées par une barre verticale isolée E. Il en résulte qu'à un déplacement angulaire de l'aiguille des rails correspond un déplacement angulaire supérieur de l'aiguille de courant.

Le schéma (fig. 639) indique la disposition pour une diagonale complète ; a, b, c, d , sont les conducteurs des deux voies ; e, f sont ceux de la voie bifurquée. Les conducteurs a, b, c, d , sont séparés de a_1, b_1, c_1, d_1 , par le tronçon isolé l de l'aiguillage. Les conducteurs de prise de courant b_1 et e , d_1 et f sont respectivement liés l'un avec l'autre. De plus les conducteurs a et a_1 , c et c_1 , e et b_1 , d et f sont reliés entre eux par les câbles k, i, g, h , de telle sorte que le circuit n'est nulle part interrompu.

Appareil de prise de courant. — L'appareil de prise de courant

(fig. 644) se compose de deux parties distinctes, afin de recueillir le courant sur les conducteurs positif et négatif du caniveau.

Chaque partie est constituée essentiellement par un corps en fer forgé dans lequel est fixée une plaque de cuivre bien isolée terminée à sa partie inférieure par une sorte d'étrier.

Une languette en bronze, mobile autour d'un axe horizontal et solli-

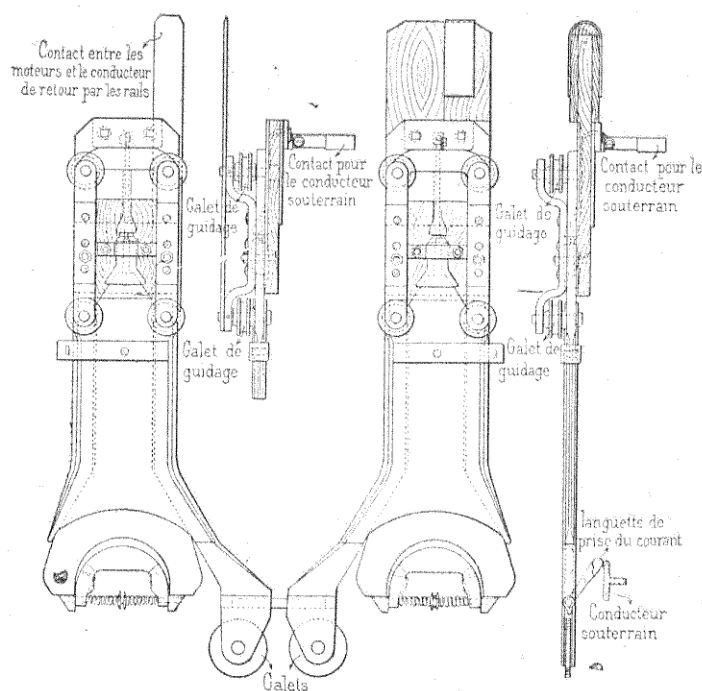


Fig. 644. — Appareil de prise de courant du caniveau Siemens.

citée par deux ressorts à boudin, frotte contre le conducteur. Les ressorts tendent à ramener cette languette dans la position horizontale, de sorte qu'elle peut appuyer sur la partie inférieure ou sur la partie supérieure du conducteur.

On peut introduire facilement l'appareil de prise de courant par la rainure du caniveau grâce à la mobilité des languettes. On le retire également sans plus de difficultés.

De la languette de contact le courant passe par la plaque de l'appareil de prise de courant et arrive enfin aux moteurs par l'intermédiaire d'un câble isolé.

Le collecteur de courant est muni de quatre gaiets à gorge qui roulent sur deux guidages verticaux faisant partie du truck de la voi-

ture. En manœuvrant, de la plate-forme, une roue à rochets agissant sur une chaîne par l'intermédiaire d'un petit treuil, on peut faire descendre ou monter tout l'appareil selon qu'on veut ou non utiliser les conducteurs de prise de courant.

A la partie inférieure de l'appareil de prise de courant se trouvent deux galets qui sont utilisés à l'entrée et à la sortie des sections à conducteurs souterrains.

Quelques mètres avant d'arriver à l'origine de la rainure, le conducteur de la voiture laisse descendre par son propre poids, en relevant le cliquet de la roue à rochets, l'appareil de prise de courant qui repose alors, par ses deux galets, dans l'ornière du rail.

A l'entrée du caniveau se trouve un plan incliné le long duquel les galets vont redescendre jusqu'à ce que le collecteur de courant ait atteint l'enfoncement normal et que les languettes soient respectivement en contact avec les conducteurs.

La manœuvre inverse s'exécute à la sortie du caniveau. L'appareil de prise de courant remonte de lui-même un autre plan incliné et roule au moyen de ses galets dans l'ornière qui remplace la rainure¹.

Le wattman agit alors sur la chaîne afin que les galets demeurent à 5 centimètres au-dessus du rail et ne roulent pas inutilement.

Grâce à l'ensemble de ces dispositions on parvient à éviter la production de l'étincelle de rupture à l'intérieur du caniveau.

Des tramways à caniveau latéral système Siemens fonctionnent d'une manière régulière à Budapest, Dresde et Berlin.

D'après la Compagnie Siemens le prix de revient d'une semblable installation serait de 75 000 francs par kilomètre de voie simple et de 150 000 francs par kilomètre de voie double. Bien que ces prix ne comprennent ni les rails, ni l'aménagement extérieur de la voie, il nous semble, d'après les expériences faites récemment en France, qu'il y aurait lieu de les majorer d'au moins 25 p. 100. Il paraît difficile, en particulier, de construire un caniveau latéral dans une grande ville comme Paris, Lyon, Bordeaux, etc., sans dépasser notablement les prix que nous avons indiqués plus haut.

¹ Voir *le Génie Civil* du 5 novembre 1898. *Le tramway électrique de Berlin à prise de courant tantôt aérienne, tantôt souterraine*, par Henry Martin.

CHAPITRE V

CANIVEAU AXIAL SYSTÈME THOMSON-HOUSTON

La caniveau axial système Thomson-Houston a été installé à Paris, sur la ligne Bastille-Charenton, ainsi qu'à Lyon et à Bordeaux.

L'ossature de ce caniveau est constituée par des cadres en fonte séparés par des intervalles de 1^m,40 (fig. 645 et 646). Ces cadres repo-

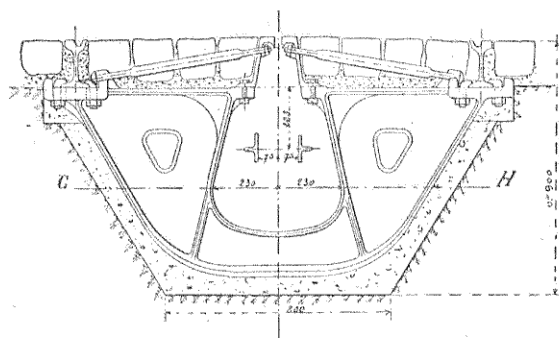


Fig. 645. — Coupe de caniveau axial Thomson-Houston.

sent sur un lit de béton de 160 millimètres d'épaisseur et sont eux-mêmes noyés dans le béton formant le caniveau proprement dit. La section intérieure de ce caniveau se rapproche sensiblement de la forme d'un fer à cheval ; les dimensions de cette section sont 0^m,50 de hauteur sur 0^m,46 de largeur.

La rainure d'accès du caniveau est réalisée au moyen de deux fers profilés en forme de Z, dont les faces voisines sont distantes de 25 millimètres (fig. 646). Dans le but de résister aux efforts dus à la dilatation des pavés de bois, les fers en Z sont entretoisés au moyen de tirants venant s'attacher aux parties des cadres supportant les rails (fig. 645). On évite ainsi, autant que possible, le rétrécissement de la rainure qui avait fait échouer les premières tentatives d'installation de caniveaux.

Les conducteurs sont constitués par des fers à simple T comme dans

le caniveau Siemens ; l'écartement des faces verticales de ces fers est de 150 millimètres.

Les conducteurs sont supportés par des isolateurs en porcelaine encastrés dans des chapeaux en fonte boulonnés aux fers en Z formant la rainure (fig. 648).

Les isolateurs en porcelaine ont leurs surfaces extérieure et intérieure

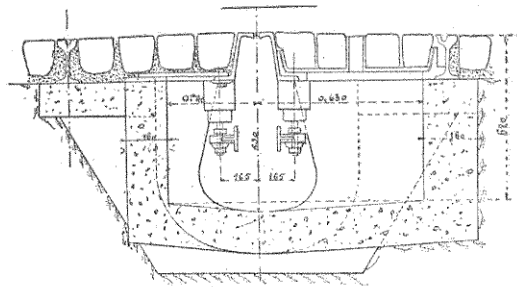


Fig. 646. — Coupe du caniveau axial au droit des isolateurs.

ondulées de manière à faciliter le scellement des pièces métalliques.

Au droit de chaque paire d'isolateurs on ménage dans le caniveau une petite fosse recouverte par des plaques de fonte que l'on peut enlever pour effectuer le nettoyage et la visite.

On ménage, de plus, tous les 30 à 40 mètres des fosses de visite

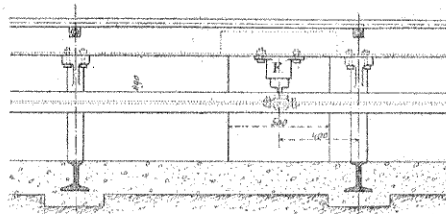


Fig. 647. — Coupe longitudinale du caniveau axial.

de $0^m,50 \times 0^m,40$ dont le fond est au niveau du radier du caniveau et qui sont fermées par un tampon. Ces fosses permettent de procéder à l'enlèvement des boues accumulées dans le caniveau.

L'accès des eaux est d'ailleurs rendu plus difficile que dans la rainure du caniveau latéral par suite de la légère surélévation des fers de la rainure et du bombement que l'on peut donner à la voie.

La surélévation des fers de la rainure n'est cependant pas à recommander lorsque la voie est établie dans le pavé de bois car la saillie

des pièces métalliques a toujours une tendance à augmenter par suite de l'usure de la chaussée.

Aiguillages. — Les aiguillages du caniveau axial sont complètement indépendants de ceux de la voie sauf, bien entendu, en ce qui concerne la commande qui doit être commune.

L'aiguillage de caniveau axial comprend deux aiguilles superposées. L'aiguille inférieure a pour but de diriger l'organe de prise de courant dans la nouvelle rainure qu'il doit occuper (fig. 650 et 651).

Il y a interruption de courant au passage de la voiture, mais pendant un temps suffisamment court pour qu'il n'en résulte pas une gêne pour l'exploitation.

L'examen de la figure 651 suffit pour expliquer la cause de cette suppression momentanée du courant au passage de l'aiguille. Les deux conducteurs provenant du tronc commun sont continus. Les deux autres qui sont de polarité différente doivent être interrompus avant leur rencontre. La voiture ne reçoit donc plus de courant sur une longueur variant avec l'angle de l'aiguillage. En

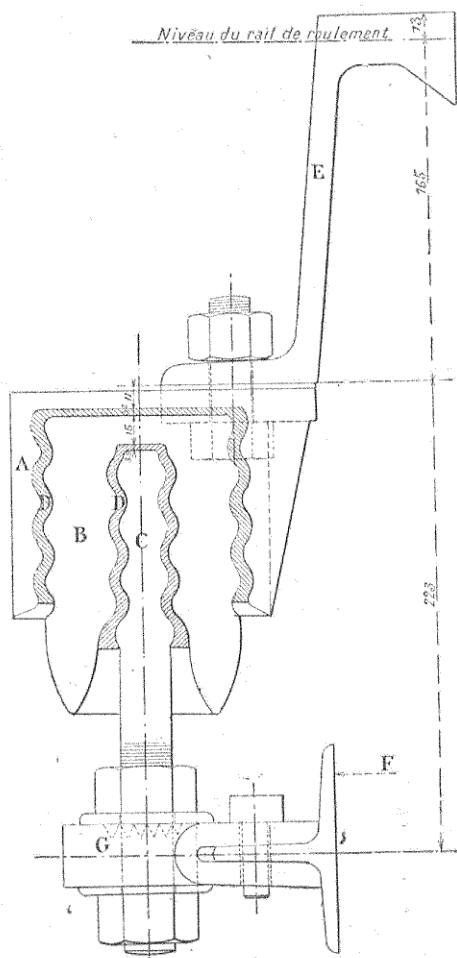


Fig. 648. — Isolateurs pour conducteurs.

général, cette longueur est de 5 à 7 mètres.

Les voitures doivent, cependant, éviter avec soin de s'arrêter en ces points car elles ne pourraient plus démarrer.

L'aiguille inférieure, qui est mobile, est disposée au-dessous de la rainure formée par les fers à Z (fig. 651 bis, coupe AG). Son extrémité

est supportée par deux cornières rivées sur les fers en question. Cette aiguille, par suite de sa position à l'intérieur du caniveau, n'est pas exposée à être faussée par les roues des voitures. Elle supporte une

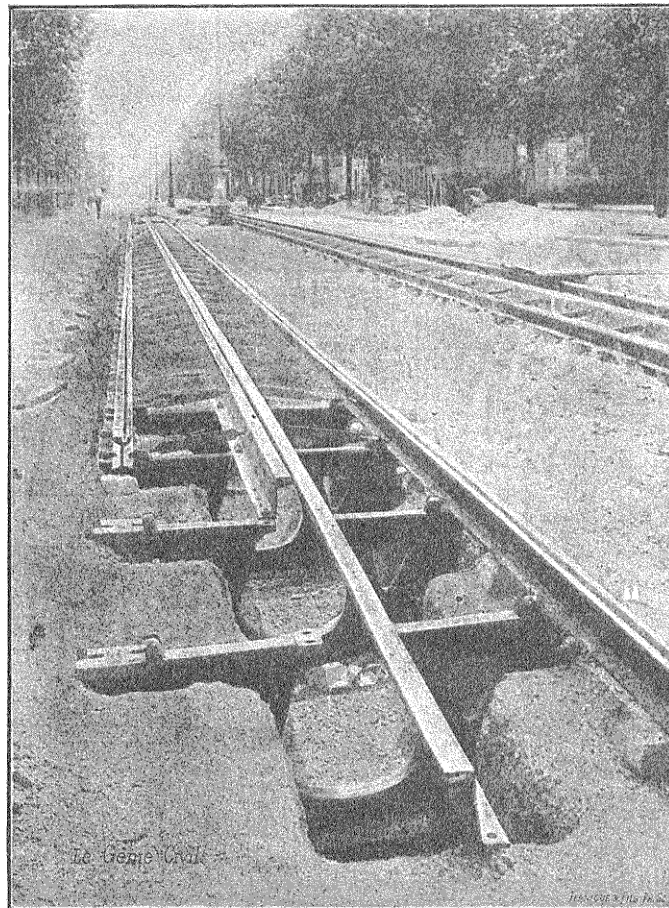


Fig. 649. — Construction du caniveau axial.

aiguille fixe E dont la pointe immuable est disposée suivant une position intermédiaire (fig. 650). Il est, en effet, impossible de trouver pour cette pointe un autre support que l'aiguille mobile supportée elle-même, dans ses positions extrêmes par les cornières rivées aux fers en Z.

Ces deux aiguilles mobiles sont manœuvrées, en même temps que les aiguilles de la voie, au moyen d'un parallélogramme dont le côté supérieur est constitué par des barres agissant sur les aiguilles. Le

côté inférieure est constitué par une bielle horizontale recevant le mouvement d'une bielle articulée directement au levier de manœuvre ; les deux autres côtés sont formés par des leviers pouvant pivoter chacun

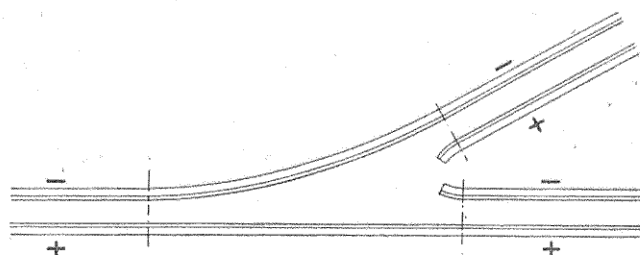


Fig. 651. — Plan des conducteurs de prise de courant sous un aiguillage.

autour d'un point fixe et transmettant aux barres de commande des aiguilles le mouvement du levier de manœuvre. L'aiguille de caniveau se trouve repoussée, dans un sens ou dans l'autre, par l'une ou l'autre

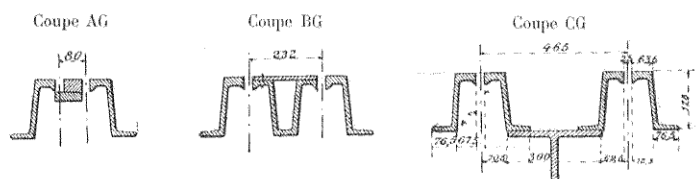


Fig. 651 bis. — Coupes transversales.

des tringles prolongées effectuant la commande des aiguilles de voie. Le contact des extrémités de ces tringles avec l'aiguille de caniveau se fait par l'intermédiaire d'un ressort à lame de façon que l'organe de prise de courant puisse se frayer un passage le long de l'aiguille en écartant le ressort de la tige effectuant la poussée.

Les fosses d'aiguillages sont munies de tampons de visite afin que l'on puisse effectuer commodément leur nettoyage.

Organe de prise de courant. — L'organe de prise de courant (fig. 652) est suspendu sous la voiture au moyen d'une chaîne s'enroulant sur un petit treuil. En agissant sur ce dernier on peut faire remonter ou redescendre l'organe de prise de courant.

Cet appareil de prise de courant est constitué par deux plaques d'acier rendues solidaires au moyen de vis et comprenant entre elles les deux conducteurs positif et négatif d'amenée de courant. Ces deux conducteurs sont, bien entendu, soigneusement isolés de la masse de l'appareil.

A la partie inférieure se trouvent les deux frotteurs que des ressorts

Trappes de passage de l'organe de prise de courant. — Contrairement à ce que nous avons vu pour le caniveau Siemens, l'organe de prise de courant ne peut être retiré du caniveau ou introduit dans ce dernier en

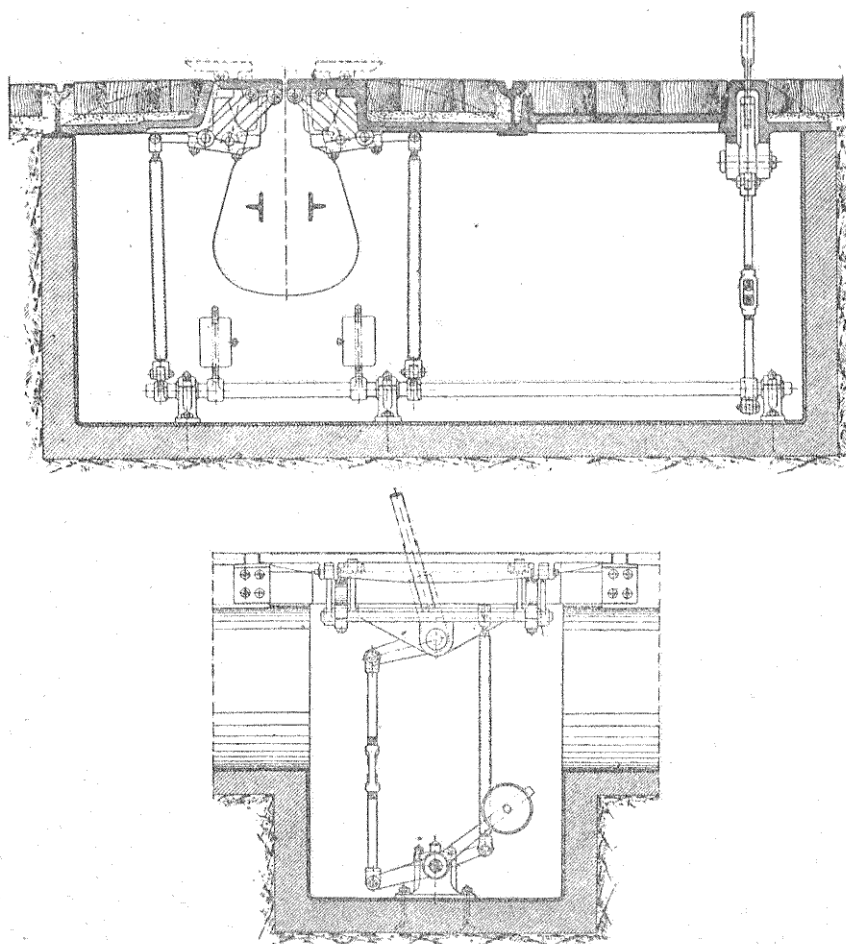


Fig. 653 et 654. — Coupes des trappes permettant le passage de l'organe de prise de courant.

un point quelconque de la voie. Cette particularité résulte de la position des frotteurs qui ne sont pas mobiles autour d'axes horizontaux.

La manœuvre ne peut donc se faire qu'en des points déterminés où se trouvent disposées des trappes spéciales (fig. 653 et 654).

Ces trappes sont constituées par deux plaques striées en acier coulé disposées de chaque côté de la rainure. Ces plaques sont supportées

par des biellettes formant des parallélogrammes articulés. En manœuvrant simultanément ces jeux de biellettes au moyen de leviers convenablement disposés, on provoque en même temps le soulèvement des plaques et leur écartement. On peut alors librement faire passer l'organe de prise de courant.

En abandonnant le levier de manœuvre les plaques reviennent d'elles-mêmes à leur position primitive et reposent alors complètement sur des ressauts convenablement disposés dans le cuvelage métallique qui entoure la trappe. Les biellettes ne sont donc soumises à aucun effort pendant que la trappe est fermée.

Les différents leviers de manœuvre actionnant les trappes sont logés dans une fosse de 0^m,75 de longueur (dans le sens de la voie), 2^m,25 de largeur et 0^m,95 de profondeur ; un tampon de visite permet de nettoyer ces fosses et d'entretenir tout le mécanisme.

Les tramways à caniveau axial fonctionnent d'une manière très satisfaisante dans toutes les villes où on les a installés (Paris-Daumesnil, New-York, etc.). Ce système permet d'abriter les conducteurs électriques d'une manière plus satisfaisante tout en ménageant les appareils de prise de courant qui sont incontestablement affectés par la boue et l'eau projetées par les roues des voitures lorsque le caniveau est latéral. On évite également le grand porte-à-faux des cadres en fonte qui n'ont plus à soutenir le rail de roulement et le contre-rail correspondant et par suite les surcharges roulantes dues aux essieux des voitures du tramway. L'emploi de fers en Z à âme inclinée permet de réduire ce porte-à-faux au minimum. Ces âmes inclinées sont sans inconvénient puisque les fers en Z n'ont plus à supporter que les charges peu fréquentes dues à des véhicules plus légers que les voitures de tramway.

La pratique a démontré, de plus, qu'avec le temps la base d'appuis des rails de roulement sur les cadres en fonte s'usait par suite du martelage produit par le passage des voitures.

Cette usure n'affecte pas le caniveau quand il est axial, c'est-à-dire séparé des rails de roulement.

Au contraire, lorsqu'on emploie la rainure latérale la détérioration des bases d'appui des rails peut entraîner la destruction totale du caniveau.

Le caniveau axial a, par contre, plusieurs inconvénients. Nous avons vu que par suite de l'usure des pavés de bois la rainure axiale avait une tendance à faire saillie sur la chaussée et constituait — comme les rails, d'ailleurs — un sérieux obstacle à la circulation des véhicules. L'inconvénient principal du caniveau axial est, à notre avis, la dépense considérable qu'entraîne son installation. Il semble difficile, en effet, d'établir ce caniveau pour une somme inférieure à 150 000 francs par kilomètre de voie simple et 300 000 francs par kilomètre de voie double, sans compter la dépense d'établissement de la voie proprement dite.

CHAPITRE VI

CANIVEAU MIXTE AXIAL ET LATÉRAL SYSTÈME THOMSON-HOUSTON

Nous avons vu dans les deux chapitres précédents que le caniveau latéral et le caniveau axial avaient chacun leurs avantages et leurs inconvénients. Dans les parties courantes de la voie, le caniveau latéral

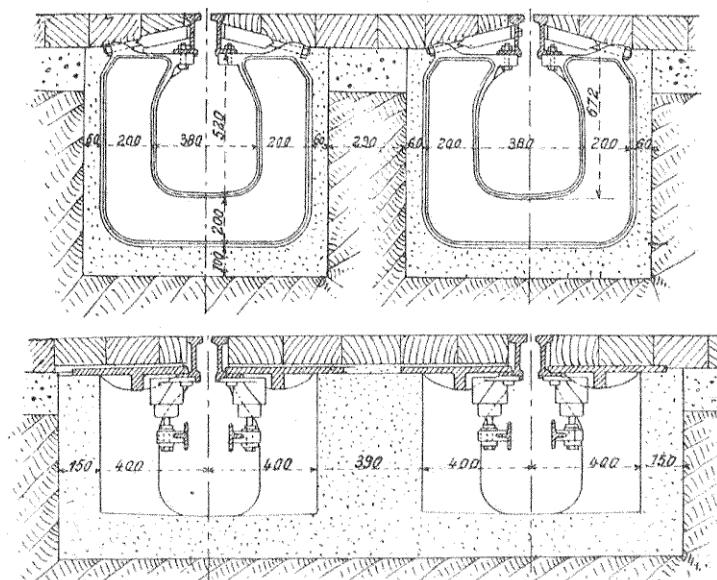


Fig. 655 et 656. — Coupes transversales de l'entrevoie d'une ligne à caniveau latéral.

paraît plus pratique au point de vue du passage des véhicules de tous genres circulant sur les chaussées et en raison de l'économie résultant de sa construction. Par contre le caniveau axial est incontestablement supérieur au caniveau latéral dans les aiguillages.

En combinant ces deux types de caniveau, on arrive à constituer le caniveau mixte que la Compagnie Thomson-Houston a installé à Paris sur la ligne Bastille-Saint-Ouen.

PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

Le caniveau latéral Thomson-Houston (fig. 655, 656 et 657) présente beaucoup d'analogie avec le caniveau Siemens. Les deux caniveaux sont placés dans l'entre-voie. Les ossatures de ces caniveaux sont constituées par des cadres en fonte distants de 1^m,05. Tous les 2^m,40 les rails de la rainure sont entretoisés aux rails Broca de l'autre file.

La pression des pavés de bois est équilibrée au moyen de tirants inclinés boulonnés sur les rails de la rainure et sur les cadres en fonte.

Le coulage du béton se fait, comme pour les autres caniveaux, en employant des plaques de tôle s'appuyant sur les courbes intérieures des cadres et épousant la forme de ces dernières. Ces tôles sont maintenues écartées au moyen d'entretoises mobiles suspendues à des galets roulant sur la rainure. Le béton employé est fait avec du gravillon. On le pilonne légèrement tout autour des tôles (fig. 658).

Lorsque le béton a fait prise, on déplace les galets entraînant les entretoises et l'on peut ensuite enlever les tôles en trois pièces représentant la surface intérieure du caniveau.

Traversée des ponts. — La traversée des ponts présente des difficultés particulières en raison de la faible profondeur dont on dispose pour installer le caniveau.

Ces difficultés sont tournées en employant un caniveau entièrement métallique dont la section est très réduite (fig. 659).

Ce caniveau est constitué par des tubes jointifs en fonte, d'un mètre de longueur environ, renforcés par des nervures.

L'assemblage des tubes se fait au moyen de plaques d'acier sur lesquelles reposent les rails de rainure. Ces derniers affectent la forme d'un Z, mais leur âme est verticale car ils doivent supporter les roues des voitures.

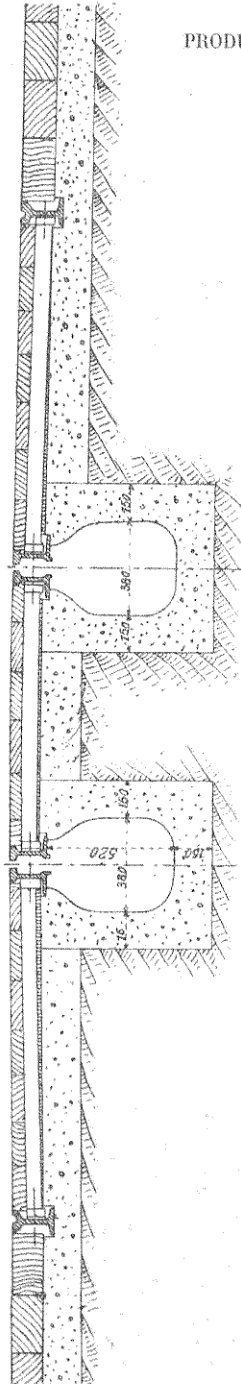


Fig. 657. — Coupe transversale de la double voie entre les cadres.

La profondeur totale de ce caniveau métallique n'est que de 42 centimètres au lieu de 80 centimètres, comme dans le caniveau en béton.

Dans ce caniveau métallique les conducteurs de prise de courant

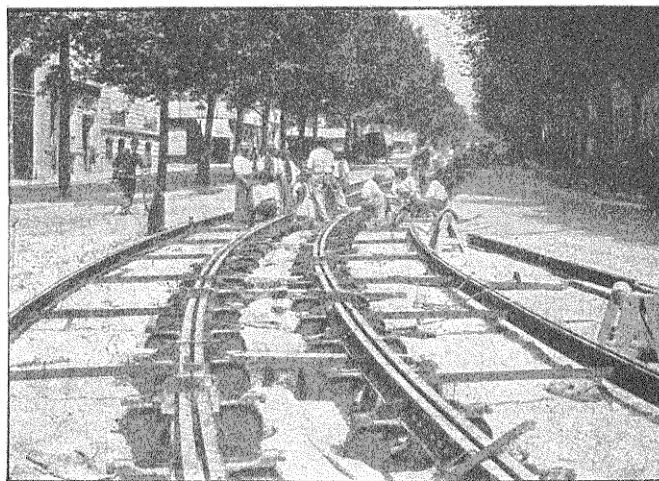


Fig. 638. — Construction du caniveau latéral système Thomson-Houston.

sont surélevés d'environ 12 centimètres. Il est donc nécessaire que

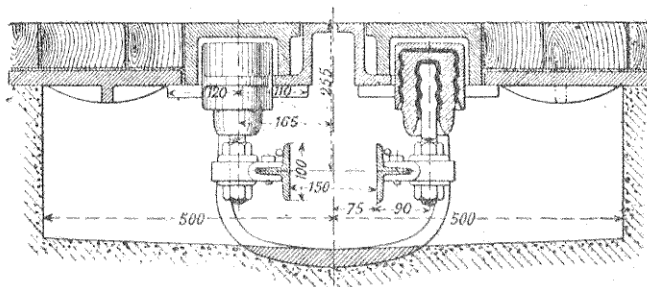


Fig. 639. — Caniveau en fonte à profondeur réduite pour le passage sur les ponts.

l'organe de prise de courant puisse s'élever ou s'abaisser à volonté de manière à rester constamment en contact avec les conducteurs.

Le caniveau latéral est remplacé par le caniveau axial dans toutes les bifurcations et diagonales et dans tous les croisements de voies équipées en caniveau. Le raccordement se fait au moyen de courbes

suffisamment allongées pour que le coincement de l'organe de prise de courant dans la rainure soit évité.

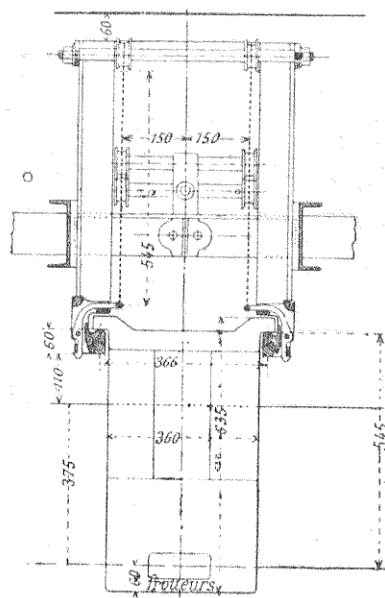


Fig. 660. — Suspension de l'organe de prise de courant.

Les trappes permettant l'entrée et la sortie de l'organe de prise de courant sont installées dans les parties de voie qui sont munies du caniveau axial. On installe également des trappes sur le caniveau latéral. Ces trappes sont fermées au moyen d'un tampon métallique et ne doivent être utilisées qu'en cas d'accident survenant à un frotteur pendant le trajet de la voiture.

Suspension de l'organe de prise de courant. — Le courant est recueilli sur les conducteurs du caniveau au moyen d'un appareil identique à celui que nous avons décrit à propos du caniveau axial. Le mode de suspension de cet appareil est, par contre, sensiblement différent.

Dans le cas du caniveau axial, l'organe de prise de courant est sim-

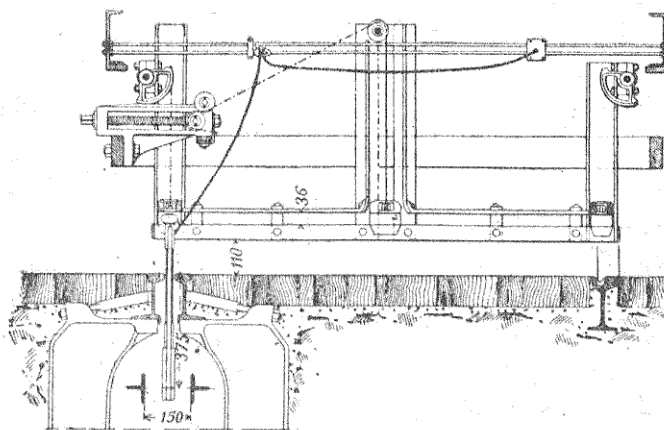


Fig. 661. — Position de l'organe de prise de courant dans le caniveau latéral.

plement suspendu sous la voiture au moyen de chaînes s'enroulant sur

un petit treuil. Avec le caniveau mixte, l'appareil doit pouvoir, de plus, se déplacer dans le sens de la largeur de la voie, de manière à occuper toutes les positions comprises entre les rails. Le passage des parties

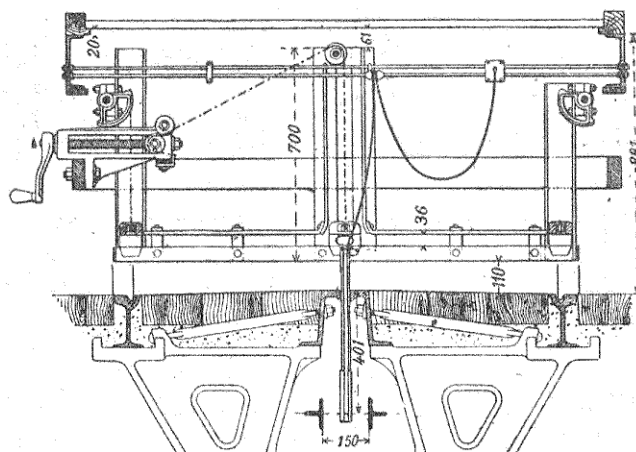


Fig. 662. — Position de l'organe de prise de courant dans le caniveau axial.

axiales aux parties latérales doit se faire automatiquement quelle que soit la vitesse de la voiture (fig. 661 et 662).

Le relèvement total de l'organe de prise de courant doit pouvoir

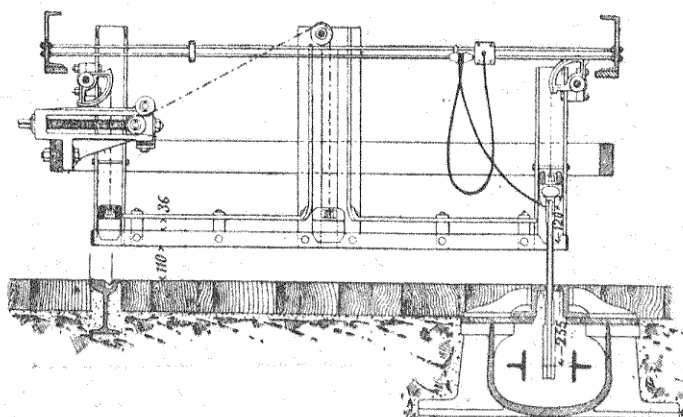


Fig. 663. — Position de l'organe de prise de courant dans le caniveau à section réduite.

s'opérer dans les parties munies du caniveau axial lorsqu'on veut passer de la prise de courant souterraine à la prise de courant par trolley et inversement.

Le relèvement partiel doit pouvoir se faire lorsqu'on passe du caniveau latéral ordinaire au caniveau à faible profondeur.

Les diverses conditions que doit réaliser l'organe de prise de courant,

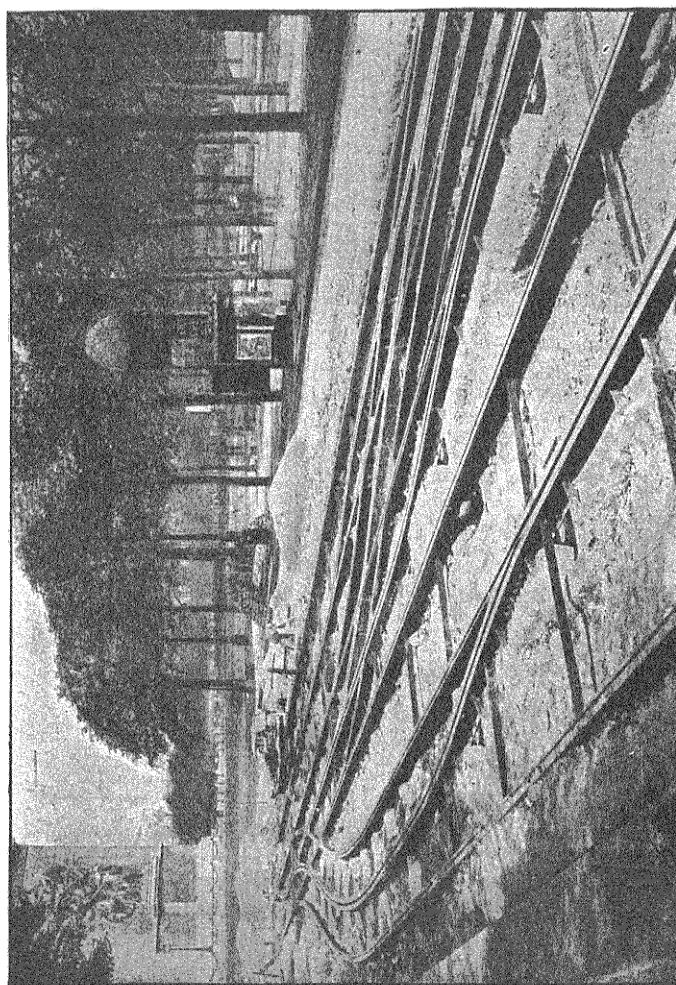


Fig. 631. — Passage du caniveau latéral au caniveau axial pour un aiguillage.

ont conduit les constructeurs à lui donner le mode de suspension suivant :

L'organe de prise de courant repose par ses deux oreilles sur deux glissières fixes perpendiculaires à l'axe de la voiture. Les déplacements latéraux de l'appareil sont donc parfaitement libres (fig. 660-663).

Dans le cas où ce dernier se trouve dans l'axe de la voie on peut le retirer complètement du caniveau au moyen d'un petit treuil agissant

sur des crochets qui viennent saisir les deux oreilles de l'appareil. Ce treuil se manœuvre au moyen d'une manivelle que l'on place sur le côté de la voiture (fig. 660 et 662).

Dans les positions extrêmes, l'organe de prise de courant peut être relevé partiellement au moyen de deux autres treuils qui permettent le passage des caniveaux de faible profondeur. En raison du peu de hauteur à racheter, la chaînette du treuil s'enroule simplement sur un secteur (fig. 661 et 663).

En résumé, le caniveau mixte, tantôt axial, tantôt latéral semble devoir être considéré comme une très bonne solution au point de vue du fonctionnement et de l'économie. Il n'en est pas moins vrai que les dépenses d'établissement de ce caniveau sont considérables. Il ne faut pas compter, en effet, sur une dépense d'établissement inférieure à 250 000 francs par kilomètre de voie double.

Les aiguillages qui sont toujours en caniveau axial (fig. 664), constituent l'une des parties les plus coûteuses de l'installation.

En tenant compte des dépenses entraînées par la construction de la voie proprement dite et par la réfection des pavages, ainsi que par l'installation des feeders d'alimentation, le prix du kilomètre de voie double ne s'écarte pas sensiblement de 400 000 francs.

Ce chiffre indique suffisamment que ce mode de distribution du courant n'est applicable qu'aux lignes à grand trafic où l'amortissement d'un capital important est possible.

Les dépenses d'exploitation sont également assez importantes. Le nettoyage du caniveau nécessite toutes les nuits un personnel considérable. De plus, les organes de prise de courant qui sont souvent exposés à des chocs violents, et dans lesquels se produisent parfois des courts-circuits, doivent être remplacés assez fréquemment, ce qui entraîne des frais relativement considérables.

Quoi qu'il en soit, ce mode de prise de courant est le seul qui puisse assurer une exploitation aussi régulière et aussi intense que celle que l'on réalise couramment avec l'emploi des lignes aériennes.

CHAPITRE VII

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE PRISE DE COURANT PAR CONTACTS SUPERFICIELS

L'emploi des systèmes de prise de courant par contacts superficiels est tout indiqué toutes les fois que le trafic des lignes n'est pas suffisamment rémunérateur pour permettre l'établissement d'un caniveau, et que, d'autre part, la construction d'une ligne aérienne n'est pas autorisée par les municipalités.

Les accidents qui sont arrivés dans les derniers temps sur les lignes à contacts superficiels, ont jeté un certain discrédit sur ce mode de prise de courant. Il est malheureusement évident que les accidents, bien qu'étant assez rares sur ces lignes, ne sont pas impossibles. Les appareils mis en jeu sont nombreux et ils fonctionnent un grand nombre de fois dans une journée. Il n'est donc pas extraordinaire qu'il puisse se produire parfois des dérangements.

On estime que, sur une ligne à circulation assez intense, chaque appareil fonctionne en moyenne trois cents fois par jour. Ces appareils étant placés au maximum à 5 mètres d'intervalle, il en résulte qu'une ligne à double voie de 5 kilomètres de longueur comportera 2 000 plots. Il y aura donc 800 000 fonctionnements d'appareils par jour et 24 000 000 de fonctionnements par mois. Il n'est donc pas étonnant qu'il puisse se produire de temps en temps un fonctionnement défectueux. De plus, les accidents qui se produisent ne concernent guère que les chevaux, les accidents de personnes n'ayant, pour ainsi dire, jamais de conséquences bien graves.

Quoi qu'il en soit, un système de prise de courant par contacts superficiels n'est admissible que si les accidents qu'il occasionne sont excessivement rares. Le public n'admet pas — avec beaucoup de raison, d'ailleurs — qu'un accident de ce genre puisse se produire sur une voie publique.

Historique. — En tête des différents dispositifs de prise de courant

au niveau du sol, nous signalerons les conduites à surfaces longitudinales flexibles. En 1884, Van Depoele imagina une sorte de conduit présentant une fente à sa partie supérieure. Cette fente était obturée, en temps ordinaire, par deux lèvres en caoutchouc. L'organe de prise de courant écartait, en les soulevant, les lèvres élastiques (fig. 665).

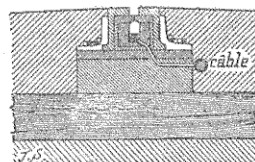


Fig. 665. — Coupe de la conduite de prise de courant système Van Depoele.

Van Depoele expérimenta ce dispositif pendant un an sur une voie de 1 000 mètres installée à l'exposition de Toronto (Canada).

Différents inventeurs essayèrent de reprendre cette idée. M. Brain, en particulier, remplaça les lèvres de caoutchouc par une bande métallique continue.

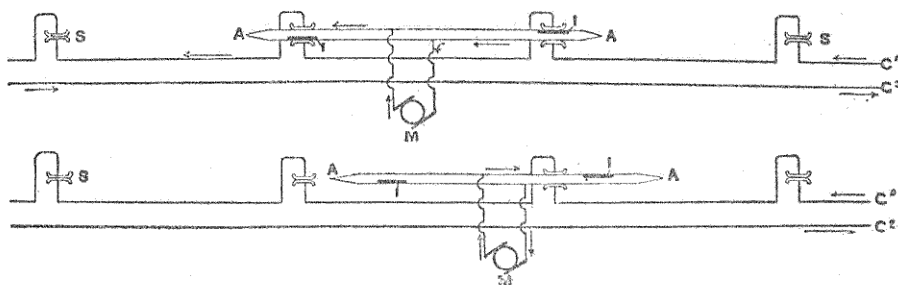


Fig. 666 et 667. — Schéma de la distribution en série expérimentée à Northfleet.

En 1889, MM. Waller et Manville essayèrent de réaliser la transmission du courant en série aux voitures sur une ligne d'expérience à Northfleet (fig. 666 et 667).

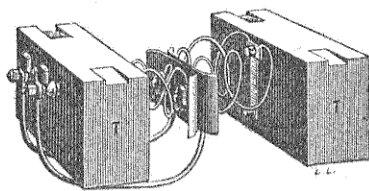


Fig. 668. — Patins à ressorts pour la distribution en série.

Le conducteur amenant le courant était subdivisé en sections de 6^m,40 de longueur. Ces sections étaient maintenues, à leurs extrémités, en contact entre elles au moyen de patins à ressorts (fig. 668). L'organe de prise de courant intercalait le circuit du moteur en écartant deux de ces

patins et en y prenant séparément contact. Cet appareil, en forme de flèche, était muni de deux lames montées sur une carcasse en bois. Ces deux lames étaient en communication avec les deux pôles du moteur.

Le courant, après avoir atteint l'extrémité de la ligne, était ramené

par les rails ou par un câble isolé. Avec le système Lineff, expérimenté pour la première fois en 1888, nous voyons apparaître le premier dispositif comportant un conducteur logé dans une conduite fermée, absolument dépourvue de rainure (fig. 669 et 670).

Le conducteur était constitué par une bande continue en fer f soulevée sous l'influence d'un électro-aimant porté par la voiture (fig. 670).

Cette bande, en se soulevant, venait se coller sous le patin d'une série de tronçons de rails isolés les uns

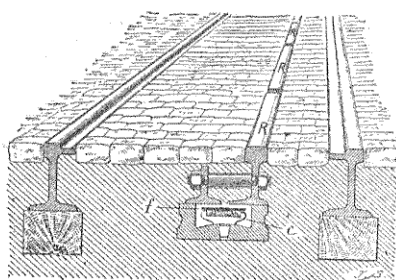


Fig. 669. — Coupe de la voie Lineff à aimantation externe.

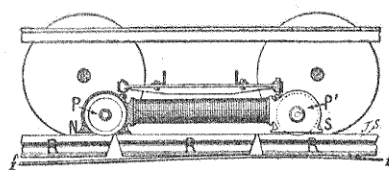


Fig. 670. — Électro-aimant porté par la voiture circulant sur la voie Lineff.

des autres et placés dans l'axe de la voie. C'est sur les champignons de ces rails que s'appliquait le frotteur de la voiture recueillant le courant. Cet électro-aimant était excité par le courant principal et, en son absence, par une petite batterie.

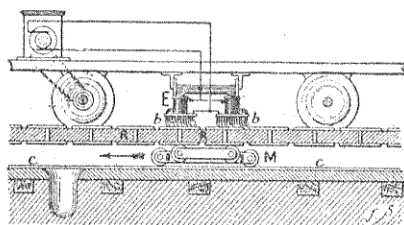


Fig. 671. — Alimentation des plots par chariot magnétique souterrain.

Ce dispositif fonctionna pendant quelque temps en Angleterre (à Hammersmith) sur une voie d'essai.

D'autres inventeurs essayèrent de remplacer la bande métallique par un câble en fer ou par une chaîne.

On a également essayé de remplacer le conducteur mobile par un petit chariot roulant à l'intérieur d'un conduit placé sous la voie. Les rails de ce petit chariot étaient en communication permanente avec le courant. Les tronçons de rails isolés, servant à la prise du courant, étaient mis en relation avec le chariot au moyen de galets à ressorts placés à la partie supérieure de ce dernier (fig. 671). Ce chariot se déplaçait en même temps que la voiture par suite de l'attraction d'un électro-aimant puissant.

Tous ces dispositifs, malgré leur ingéniosité, n'ont pas donné de résultats véritablement pratiques.

En 1883, les professeurs Ayrton et Perry avaient proposé une solu-

tion consistant à transmettre le courant à la voiture par l'intermédiaire de tronçons de rails isolés les uns des autres et pouvant être en communication avec le câble d'alimentation par l'intermédiaire d'un interrupteur. Le côté original de cette invention consistait à faire manœuvrer automatiquement ces interrupteurs au moyen d'un électro-aimant porté par la voiture. Après le passage de cette dernière, les interrupteurs devaient s'ouvrir, également d'une manière automatique, par suite de la suppression du champ de l'électro-aimant.

Les figures 672 et 673 indiquent les dispositions qui furent proposées pour réaliser les conditions précédentes.

Par suite de l'insuffisance des moyens dont on pouvait disposer, ce

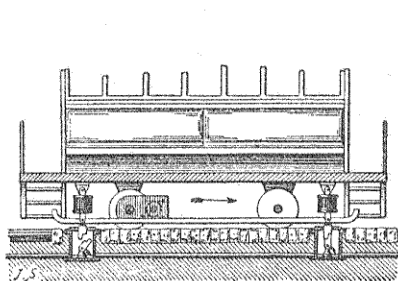


Fig. 672. — Distribution par interrupteurs automatiques.

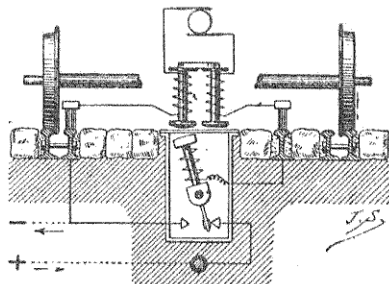


Fig. 673. — Interrupteur à manœuvre automatique au passage de la voiture.

dispositif ne donna pas de résultats pratiques à l'époque où il fut proposé pour la première fois.

Le principe de l'interrupteur automatique commandé par la voiture a cependant été repris durant ces dernières années. Les systèmes Diatto et Dolter, que nous étudierons plus loin, ne sont, en somme, que des réalisations pratiques du principe d'Ayrton et Perry.

D'autres dispositifs basés sur un principe un peu différent furent imaginés en 1890 par Wynne et en 1894 par la Compagnie Westinghouse. La manœuvre automatique des interrupteurs est alors obtenue sous l'action de courants dérivés que la voiture, en avançant, leur envoie par les frotteurs qui ferment le circuit général sur les tronçons de rails isolés.

Le système inventé en 1894 par MM. Claret et Vuilleumier est également basé sur le même principe. Nous en dirons autant en ce qui concerne les dispositifs inventés par MM. Vedovelli et Stobrawa.

Tout dernièrement MM. Barbillion et Griffisch ont inventé un système de prise de courant par contacts superficiels présentant des dispositions très originales. Les inventeurs de ce système ont cherché à combiner les avantages du caniveau avec ceux des contacts superficiels sans en avoir les inconvénients.

Leur dispositif de prise de courant est basé sur l'emploi d'un distributeur automobile MB de courant actionné par un moteur M que traverse la totalité ou seulement une partie du courant principal (fig. 674). Ce distributeur automobile circule dans une conduite fermée Λ (fig. 675) qui peut être disposée sous les plots ou sous les trottoirs.

Le moteur du chariot distributeur est établi de manière à ce que la vitesse de ce dernier soit toujours supérieure à celle du tramway.

Ce distributeur est arrêté dans sa course par une série de tocs-butoirs R

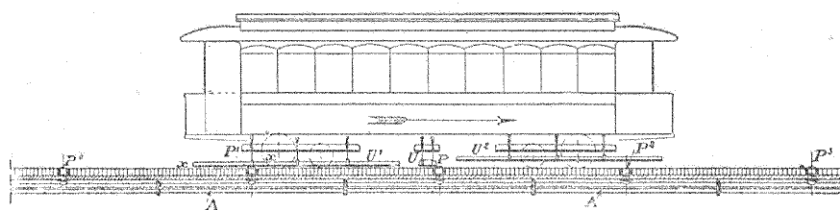


Fig. 675. — Coupe longitudinale d'une voie système Barbillion et Griffisch.

(fig. 674) qui correspondent respectivement à chaque plot P. Au moment où le tramway rejoint le distributeur, le soulèvement du toc sous l'action d'un électro-aimant E permet au chariot distributeur de repartir et d'atteindre le plot suivant.

Ce résultat est obtenu grâce à l'emploi des dispositions suivantes :

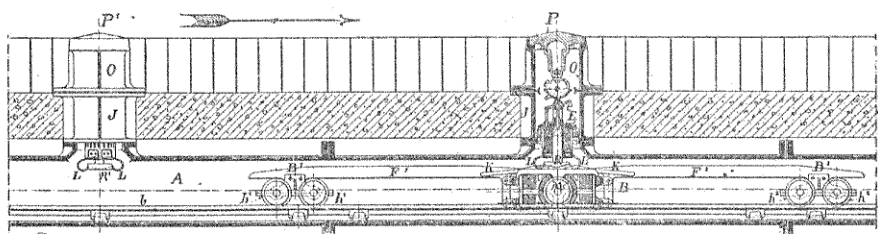


Fig. 676. — Coupe longitudinale de la voie Barbillion et Griffisch.

A l'intérieur de la conduite fermée se trouvent deux rails conducteurs l'un continu (a), l'autre sectionné (b). Chaque section de ce rail sectionné est reliée à un plot P.

Le chariot distributeur B porte, en plus du moteur, deux barres flexibles F^1 , F^2 , attelées respectivement à des chariots B^1 , B^2 . Ces chariots reposent chacun sur deux galets g , h , g^1 , h^1 , g^2 , h^2 .

Les galets g , g^1 et g^2 sont seuls reliés électriquement à la masse des chariots.

La voiture est munie de 3 frotteurs (fig. 674 et 675) l'un médian très

court, dit de déclenchement, et les deux autres d'une longueur supérieure à la distance de deux plots consécutifs.

Le grand frotteur qui se trouve à l'arrière de la voiture par rapport au sens de la marche et le frotteur médian sont seuls abaissés.

Le moteur M du distributeur porte deux enroulements M^1 et M^2 qui permettent au distributeur de circuler dans les deux sens suivant les connexions établies.

Le courant provenant du galet g traverse le moteur M, puis la barre arrière F^1 et de là se rend aux moteurs du tramway par le galet g^1 et le plot P.

Le chariot distributeur avance, pendant ce temps, jusqu'au plot P^2 , mais là il est arrêté par la fourchette R sur laquelle vient buter la gorge constituée par le rapprochement des deux barres F^1 et F^2 séparées par l'isolant F. Cet arrêt est d'ailleurs facilité par le freinage électrique obtenu sur le moteur M dont le circuit M^1 qui travaille seul est fermé sur le circuit M^2 qui est inactif.

Lorsque le frotteur médian U vient porter sur le plot P^2 , un circuit électrique se ferme à partir du galet g au moyen des pièces K portées par le chariot distributeur de l'enroulement de l'électro-aimant E et du plot P. La fourchette R est soulevée, le court-circuit détruit et le chariot reprend alors sa marche.

La figure 676 représente le chariot distributeur dans sa conduite. Les

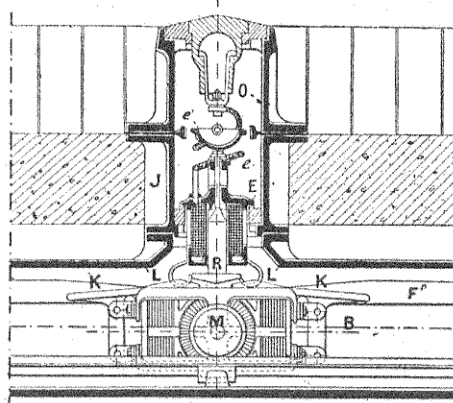


Fig. 677. — Coupe longitudinale d'un plot Barbillion et Griffisch.

détails de construction du plot lui-même et du toc-butoir se voient clairement sur les figures 677 et 678.

En l'absence d'expériences faites dans les conditions d'une exploitation réelle, on ne peut se prononcer sur la valeur de ce système. C'est pour cette raison que nous n'avons pas cru pouvoir le classer parmi les

différents dispositifs que nous étudierons plus loin d'une manière plus détaillée.

Il était cependant intéressant de citer ce procédé très original mais qui, à notre avis, manque de simplicité¹.

Nous terminerons ce rapide examen des différents procédés de traction par contacts superficiels en disant quelques mots d'une solution qui a été proposée dans ces derniers temps et qui a attiré l'attention par son caractère original, bien que n'étant pas encore entrée dans le domaine de la pratique. Nous voulons parler de la traction indépendante de l'adhérence que l'on a parfois appelée la *traction tangentielle*.

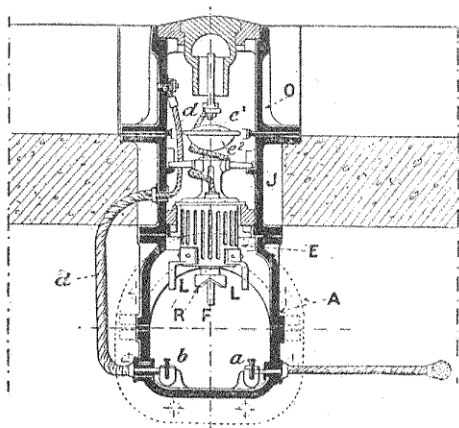


Fig. 678. — Coupe transversale d'un plot Barbillion et Griffisch.

L'idée première de ce mode de traction a été émise en 1895 par M. D. Korda, elle est basée sur l'application des courants polyphasés.

La voiture motrice porte un organe R (fig. 679 et 680), correspondant au *rotor* d'un moteur polyphasé, mais qu'on aurait développé en ligne droite. Cet organe est constitué par une série de feuilles de tôles à la partie inférieure desquelles on a logé un enroulement E'. Cet induit mobile est supporté par la voiture de manière à se trouver à une très faible distance d'un autre organe situé dans la voie et qui, lui, correspond au *stator* ou, autrement dit, aux inducteurs d'un moteur polyphasé. Ces inducteurs logés dans la voie seraient continus ou discontinus (fig. 680) et leurs enroulements E seraient alimentés par les circuits secondaires de transformateurs T dont les circuits primaires seraient en communication directe avec l'usine génératrice.

Ce système qui n'est plus à « champ tournant » mais à « champ voya-

¹ Voir sur ce sujet *L'Eclairage électrique*, t. XXVIII, n° 29 ; *le Génie civil*, t. XXXIX, n° 13.

geant » a été repris dernièrement par MM. Dulait, Rosenfeld et Zelenay qui lui ont donné le nom de *traction tangentielle*.

L'une des grandes difficultés de la réalisation pratique de ce système

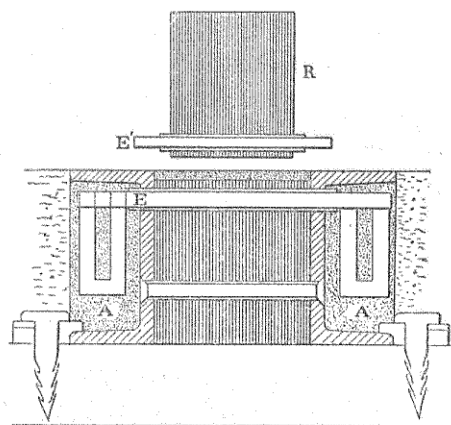


Fig. 679. — Coupe d'une voie équipée pour la traction tangentielle.

réside dans la faible valeur qu'il faut donner à l'entrefer dans les moteurs à champ tournant; cette valeur ne doit souvent pas dépasser $1/2$ milli-

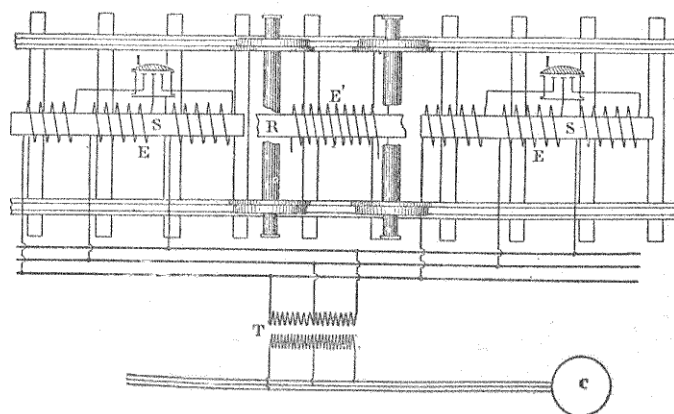


Fig. 680. — Schéma d'une installation de traction tangentielle.

mètre. MM. Dulait, Rosenfeld et Zelenay prétendent avoir réussi à augmenter cet entrefer tout en réduisant le poids du cuivre. Ils proposent des sections de 500 mètres de longueur garnies de stators sur un cinquième environ de leur développement.

Comme on peut le voir, ce mode de traction n'est pas encore entré

dans le domaine de la pratique. Il semble, dans tous les cas, que les frais d'établissement d'une ligne, établie dans cet ordre d'idées, doivent être considérables.

Quoi qu'il en soit les expériences pratiques que les inventeurs ont l'intention d'exécuter présenteront le plus grand intérêt¹.

Ces quelques indications générales étant données, nous ne nous occuperons, dans la suite, que des systèmes de prise de courant par contacts superficiels ayant fait l'objet d'applications industrielles.

Nous laisserons de côté tous les systèmes plus ou moins théoriques qui n'ont pas été soumis à des essais suffisamment sérieux pour qu'on ait pu se rendre compte de leurs qualités et surtout de leurs défauts.

Classification des différents systèmes. — Nous classerons les différents systèmes de prise de courant par contacts superficiels en quatre catégories différentes.

Dans la première classe nous comprendrons les systèmes dans lesquels les plots ne sont pas indépendants entre eux, chaque plot étant excité par le précédent et désexcité par le suivant. A cette catégorie appartiennent les systèmes Claret-Vuilleumier, Vedovelli et Schuckert.

Cette absence d'indépendance des plots entre eux est évidemment un défaut puisque le manque de contact avec un plot dérange toute la combinaison et laisse le plot précédent électrisé. Il est vrai que ces systèmes comportent des dispositifs de sécurité qui ont pour effet de couper le courant dans le cas où cette hypothèse viendrait à se réaliser. Dans tous les cas, l'expérience a prouvé que, sur les lignes de ce genre, les accidents n'étaient pas plus fréquents qu'avec les plots indépendants.

Lorsque les plots sont dépendants, les frotteurs se réduisent à de simples barres de fer, et les voitures n'ont à porter aucune batterie d'accumulateurs, ce qui est un sérieux avantage.

Dans la seconde catégorie nous classerons les systèmes dans lesquels les plots sont indépendants entre eux et jouent un double rôle. Ils sont utilisés pour produire leur propre excitation et pour fournir ensuite le courant principal au frotteur de la voiture.

Nous placerons dans cette catégorie les systèmes Diatto et Dolter.

L'emploi d'une batterie d'accumulateurs est indispensable sur chaque voiture. Les frotteurs, au lieu d'être de simples barres de fer, comportent des électro-aimants d'un grand poids. Les plots renferment chacun un véritable interrupteur dont la fermeture se produit sous l'action du champ magnétique créé par la voiture. L'ouverture de cet

¹ Voir sur ce sujet *le Génie civil*, t. XXXVIII, n° 23.

interrupteur se produit, après le passage de la voiture, sous l'action de la pesanteur.

Avec ces systèmes de prise de courant, les voitures sont aussi indépendantes que si elles étaient alimentées par une ligne aérienne. Elles franchissent les aiguillages et utilisent les diagonales sans qu'il soit nécessaire d'effectuer aucune manœuvre. Par contre, chaque plot renferme un appareil délicat dans lequel des arcs peuvent se produire accidentellement et occasionner de graves désordres.

Dans la troisième catégorie nous classerons les systèmes dans lesquels les plots ont leur indépendance, mais sont pourvus de plots auxiliaires d'excitation. Les plots sont alors disposés sur deux rangées :

Sur l'une de ces rangées se trouvent disposés les plots d'excitation et sur l'autre les plots d'alimentation.

On obtient, de la sorte, une plus grande sécurité de fonctionnement, mais on augmente considérablement la gêne produite par la présence des pavés métalliques sur la chaussée. A cette dernière catégorie appartiennent les systèmes Potter, Westinghouse et Stobrawa.

Ces plots peuvent être disposés en quinconces comme dans le premier de ces systèmes ou sur une même ligne perpendiculaire à la voie comme dans les deux autres.

Les électro-aimants ne sont plus portés par les frotteurs des voitures. Ils font alors partie des organes distributeurs placés le long de la voie. Les frotteurs sont au nombre de deux et attaquent chacun une série différente de plots. Ils sont constitués par un simple barreau métallique. Les voitures doivent porter une batterie d'accumulateurs comme dans les systèmes de la deuxième catégorie.

Le prix d'installation des systèmes comportant des plots d'excitation et des plots d'alimentation est sensiblement plus élevé que lorsque les plots remplissent une double fonction. Par contre les appareils semblent moins exposés aux détériorations puisqu'ils ne sont pas traversés par le courant principal.

La quatrième catégorie comprendra, enfin, les systèmes de prise de courant par contacts superficiels, dans lesquels la manœuvre de l'appareil électrisant ou désélectrisant le plot est purement mécanique. Nous avons vu que l'emploi d'une commande exclusivement mécanique était quelquefois usité dans les dispositifs de 3^e rail sectionné. L'application de la commande mécanique aux tramways est beaucoup moins fréquente, puisque les chaussées ne doivent présenter aucun organe mobile.

On expérimente en ce moment en Angleterre une ligne équipée avec le système Kingsland qui appartient à cette catégorie.

Nous allons maintenant examiner avec quelques détails les différents systèmes appartenant à ces quatre catégories.

CHAPITRE VIII

SYSTÈMES DE PRISE DE COURANT PAR CONTACTS SUPERFICIELS AU MOYEN D'APPAREILS DISTRIBUTEURS DÉPENDANTS ENTRE EUX

§ 1. — SYSTÈME CLARET-VUILLEUMIER

Les premiers essais du système Claret ont été faits à Clermont-Ferrand, en 1890, sur une voie d'essai de 200 mètres de longueur.

En 1894, MM. Claret et Vuilleumier firent à Lyon une expérience plus sérieuse et plus concluante. Une ligne de 3 200 mètres fut installée entre le pont Lafayette et le parc de la Tête-d'Or où se trouvait alors installée une Exposition. Le service sur cette ligne était assez intensif puisque dans chaque sens les départs avaient lieu toutes les 5 minutes.

En 1896 on inaugurait à Paris la ligne de la place de la République à Romainville qui fonctionna avec le système Claret-Vuilleumier jusqu'au mois de mars 1900. Cette ligne ayant été rachetée par la Compagnie de l'Est parisien qui installait le système Diatto sur tout son réseau et en particulier sur le prolongement vers l'Opéra de la ligne de Romainville, il fut décidé que le système Vuilleumier serait remplacé par le système Diatto. Cette transformation était nécessaire, car l'équipement électrique des voitures est complètement différent pour les deux systèmes. Pendant la période de transition, il fut convenu que la ligne de Romainville serait exploitée au moyen d'une ligne aérienne provisoire. Cette ligne provisoire fonctionne encore aujourd'hui, car la substitution du système Diatto n'a pas encore été commencée.

Enfin, en 1900, MM. Claret et Vuilleumier ont mis en service le tramway d'Enghien à la Trinité et à l'Opéra qui paraît fonctionner d'une manière régulière.

Dans le système Claret-Vuilleumier la prise de courant se fait au moyen de pavés métalliques (fig. 693) espacés à 2^m,50 d'intervalle et mis en relation avec le câble d'alimentation au moyen de *distributeurs* (fig. 681).

Ces distributeurs peuvent alimenter un nombre variable de plots.

Dans ces dernières installations, chaque distributeur alimente 19 plots

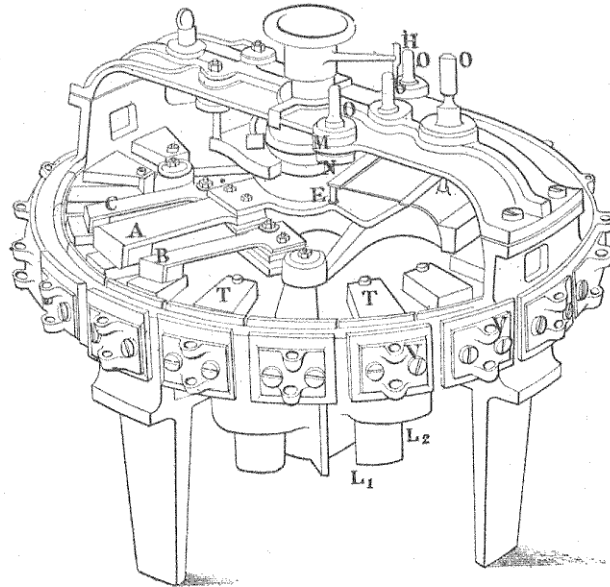


Fig. 681. — Distributeur Claret-Vuilleumier.

(fig. 682). Ce nombre de plots paraît être, en effet, le plus convenable.

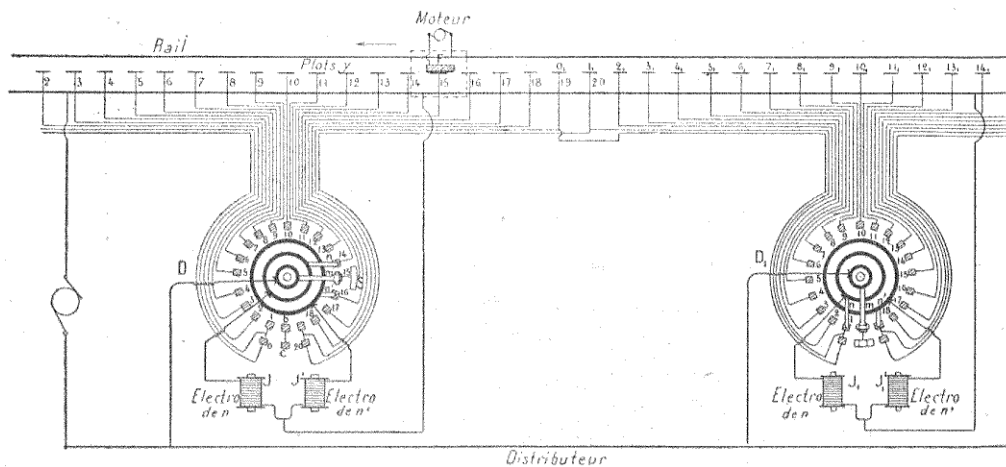


Fig. 682. — Ensemble des connexions de deux distributeurs.

Une augmentation du nombre de plots desservis par chaque distri-

buteur augmenterait la longueur de la section dans laquelle deux voitures ne peuvent pénétrer à la fois. Une diminution de ce nombre de

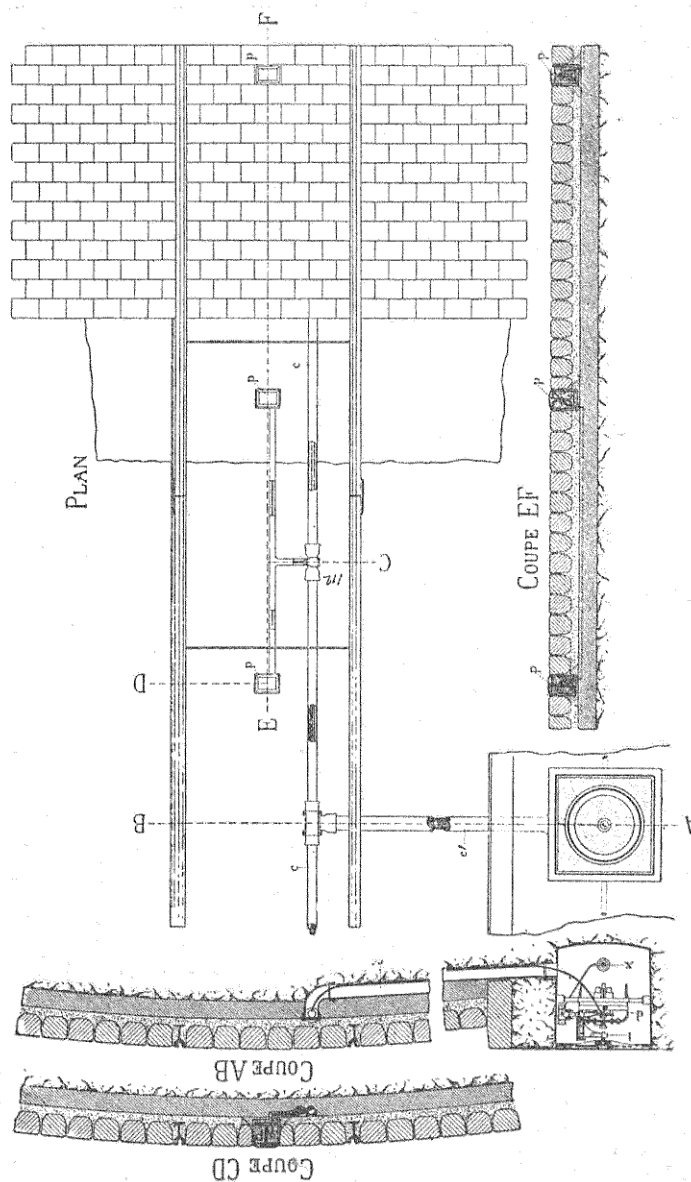


Fig. 683. — Plan et coupes de la voie du tramway de Romainville.

plots augmenterait le nombre des distributeurs et par suite les frais d'établissement et d'entretien de la ligne.

Nous avons vu que les plots étaient situés à 2^m,50 d'intervalle. En réalité les plots sont réunis entre eux deux par deux, ce qui réduit de moitié le nombre de touches que doivent avoir les distributeurs. Un

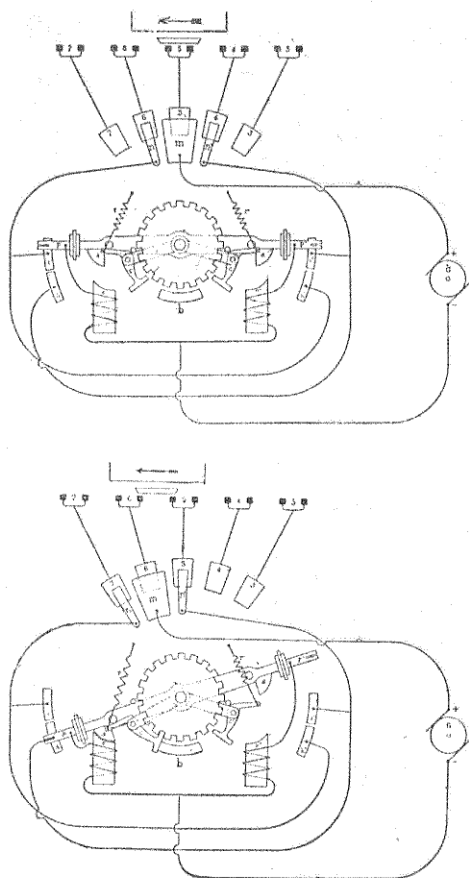


Fig. 684 et 685. — Fonctionnement du distributeur.

distributeur de 20 touches peut donc desservir une section de 100 mètres.

Ces quelques explications préliminaires étant données, examinons maintenant quel est le fonctionnement du système (fig. 684).

Soient 7, 6, 5, 4, 3, des touches quelconques d'un distributeur. Ces touches sont en relation permanente avec les groupes de deux pavés 7, 6, 5, 4, 3.

Sur ces touches peut se déplacer un contact mobile *m* ayant une

largeur suffisante pour reposer sur deux touches à la fois. Ce contact est relié d'une manière constante au câble d'alimentation.

Ce contact m est monté sur une manette pouvant tourner tout autour du distributeur.

Cette manette porte également deux petits contacts n et n' isolés du contact m . Le contact n' a pour but de provoquer la rotation du distributeur dans le sens des aiguilles d'une montre ; le contact n provoque la rotation dans le sens opposé qui, dans la figure, correspond au déplacement de la voiture indiqué par la flèche.

Cette rotation du distributeur dans un sens ou dans l'autre est obtenue au moyen d'une roue dentée sur laquelle peuvent agir deux cliquets différents.

Le bras portant les cliquets peut être attiré par deux électro-aimants différents alimentés par le courant provenant des touches n ou n' . Ce courant se rend aux électro-aimants e ou e' par l'intermédiaire d'un commutateur p comportant une touche reliée à n et une autre touche reliée à n' . Les extrémités des deux électro-aimants sont reliées à la terre d'une manière permanente.

Lorsque le frotteur de la voiture est à cheval sur les deux plots 5 (fig. 685), la voiture est en communication avec le câble d'alimentation par l'intermédiaire du contact m .

Les contacts n et n' reposent alors sur les touches 6 et 4 qui sont privées de courant.

La voiture continuant son chemin, le frotteur met en court-circuit les plots 5 et 6. Une dérivation s'établit donc au plot 6 par l'intermédiaire du frotteur. Cette dérivation se rend à la terre par l'intermédiaire du contact n de la touche i , du commutateur p et enfin de l'électro-aimant e .

Ce dernier attire vivement le bras portant les cliquets. Le cliquet de gauche s'engage sur la roue dentée, par suite de la présence du ressort r . Lorsque le bras a été attiré par l'électro-aimant, la roue dentée a donc tourné de la valeur d'un cran. Il en est résulté que le contact m a quitté la touche 5 pour venir sur la touche 6. Le contact n est maintenant sur la touche 7 et le contact n' sur la touche 5.

C'est ici qu'intervient le commutateur dont il a été question plus haut. Il met automatiquement l'électro-aimant e en communication avec le contact n' qui reçoit du courant de la touche 5, le frotteur étant encore à cheval sur les plots 5 et 6. Il en résulte que le courant n'est pas coupé avant que le bras à cliquets n'ait terminé sa course.

Aussitôt que le frotteur abandonne le plot 5 l'action de l'électro-aimant e cesse, et le bras se trouve ramené dans sa position primitive par l'action de ressorts. Les mêmes phénomènes se reproduiront lorsque le frotteur arrivera au contact du plot 7.

Le bras portant le contact m tournera ainsi jusqu'à ce qu'il soit arrivé à la vingtième touche qui ne communique avec aucun plot. A partir de ce moment la voiture sera alimentée par le distributeur suivant. Le contact m restera sur la touche de repos jusqu'à ce qu'une voiture s'engage sur la section du distributeur auquel il appartient.

Dans le cas où une voiture circule dans le sens opposé à celui de la flèche, tout se passe de la même manière avec cette différence que c'est le contact n' qui agit le premier sur l'électro-aimant e' qui provoque l'inclinaison du bras à cliquets en sens inverse. Le cliquet c' agit alors sur la roue dentée et provoque sa rotation dans l'autre sens.

Comme on a pu le voir facilement, il est indispensable que le contact m se trouve sur la touche de repos lorsqu'une voiture se présente à l'entrée d'une section. Cette condition n'est réalisée que si la voiture précédente est elle-même sortie de cette section. Si la deuxième voiture pénètre, sous l'action de sa force vive, dans une section occupée, elle tombera en détresse faute de courant.

Dans le cas où ce fait se produit, il faut d'abord attendre que la voiture précédente soit sortie de la section alimentée par le distributeur. Le contact de ce dernier se trouve alors sur la touche de repos. Il faut alors mettre avec la main le contact sur la touche correspondant au plot sur lequel se trouve la voiture. Il est indispensable, pour cela, de compter les numéros des pavés, car, dans le cas contraire, on s'exposerait à électriser des plots sur la chaussée.

Il y a donc là un inconvénient qui est absolument inhérent au système, mais qui n'est peut-être pas aussi grand qu'on pourrait se l'imaginer tout d'abord. Les règlements en vigueur dans la plupart des villes imposent une distance minimum entre les voitures circulant sur une même voie. A Paris cette distance est de 50 mètres. Il est vrai que d'après le même règlement cette distance peut être réduite à 10 mètres aux points de stationnement des voitures. Cette réduction de la distance n'est pas irréalisable avec le système Vuilleumier. Il suffit d'employer, en ces points particuliers, des distributeurs comportant un plus petit nombre de touches. En pratique on se sert des mêmes appareils sur lesquels on réunit les touches diamétralement opposées, ce qui réduit pratiquement le nombre des touches du distributeur à 10. On peut réduire ce nombre à cinq en faisant convenablement les connexions. Le distributeur comporte alors quatre touches de repos séparant quatre séries de quatre touches desservant les mêmes plots.

Distributeurs. — Nous avons vu que ces distributeurs comportaient en général 20 touches. Ces touches en charbon sont supportées par un cercle métallique avec interposition des pièces isolantes (fig. 686-689). Ce cercle est supporté par un croisillon dont les quatre branches

portent des pièces verticales que l'on enfonce dans des pièces creuses portées par le bâti fixe de l'appareil (fig. 687). Une pièce en forme d'arceau supporte l'axe vertical portant les trois contacts mobiles. Sur

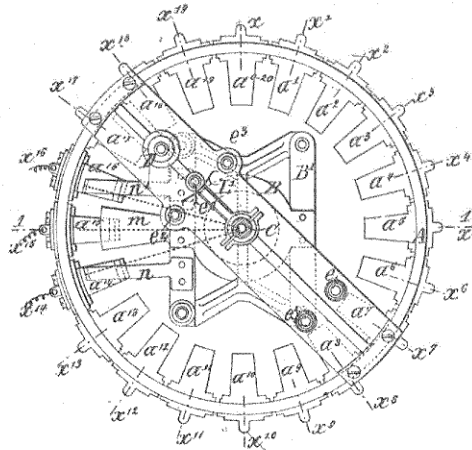


Fig. 686. — Vue en plan d'un distributeur.

cet axe vertical se trouve également calée la roue dentée sur laquelle agit le bras à rochets oscillant entre les quatre noyaux de deux électro-aimants croisés.

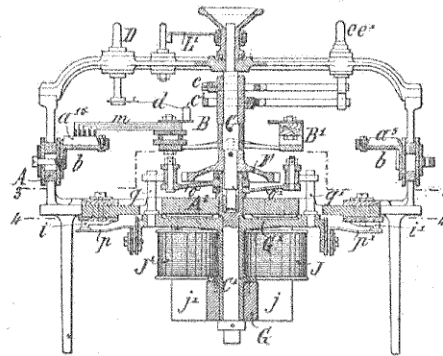


Fig. 687. — Coupe verticale d'un distributeur.

Le courant est amené au contact *m* au moyen d'un cercle horizontal mobile sur lequel un balai fixe, en communication avec le câble d'alimentation, reste constamment appuyé (fig. 686 et 687). Les circuits des contacts *n* et *n'* sont établis au moyen de deux petits cercles situés au-dessus du précédent et sur lesquels s'appuient tangentielle-ment deux petits balais.

L'ensemble de l'appareil est recouvert par une cloche métallique étanche. Sur la partie supérieure de cette cloche se trouve un cadran portant les numéros des différentes touches (0 à 20) (fig. 698). Une aiguille calée sur l'axe indique le numéro de la touche sur laquelle se trouve le contact m , c'est-à-dire le numéro de la touche électrisée. Cette aiguille permet, également, de mettre le contact m sur la touche désirée, manœuvre qui est nécessaire en cas de raté du distributeur.

La surface supérieure de la cloche porte quatre pièces en ambroïne, permettant de faire la connexion de quatre fils pénétrant dans l'appareil (arrivée du courant, fil de terre, communications avec les deux distributeurs voisins).

La connexion des fils réunissant les touches aux différents plots

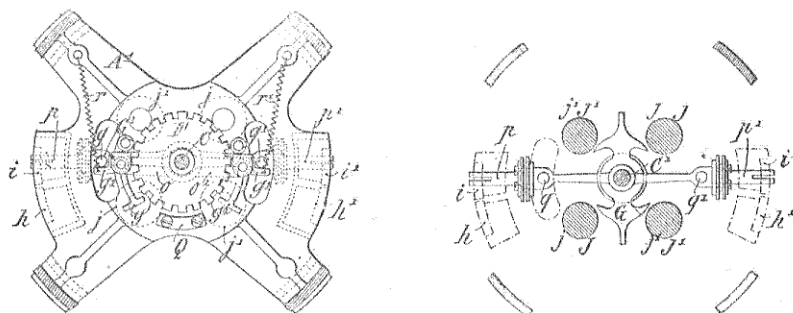


Fig. 688 et 689. — Coupes horizontales du distributeur.

s'établit au moyen d'une série de pièces de contact à ressorts disposés tout autour du distributeur (fig. 690-692). Les fils des plots viennent se connecter sur les pièces au moyen de fiches spéciales plates portant une échancrure en forme d'U. Cette échancrure permet d'enfoncer la fiche entre deux rondelles métalliques enfilées sur un même axe et pressées l'une contre l'autre au moyen d'un ressort.

Le remplacement d'un distributeur et le rétablissement des 23 connexions n'exige pas plus d'une minute.

Cuves. — Les appareils distributeurs sont placés dans des cuves disposées sous les trottoirs (fig. 683). Primitivement ces cuves étaient métalliques (fig. 697). Sur la dernière installation faite par MM. Claret et Vuilleumier, les cuves sont construites entièrement en béton. Elles ont une section carrée (1^m,25 de côté), et leur profondeur est d'environ 1 mètre. Le radier de ces cuves est muni d'une conduite établissant la communication directe de la cuve avec les égouts. L'envahissement de la cuve par les eaux n'est donc pas à craindre.

Les cuves sont obturées au moyen de tampons dont les bords sont

coniques (fig. 698). La plaque de logement de ces tampons est égale-

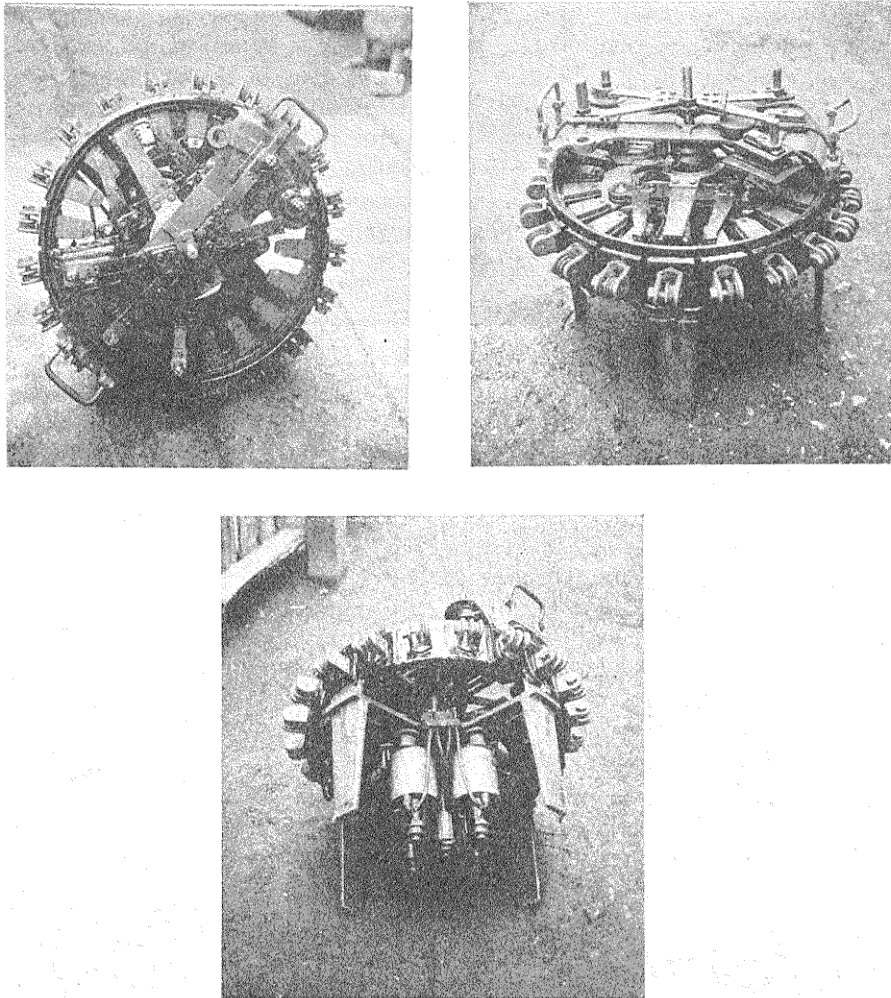


Fig. 690, 691 et 692. — Vues d'un distributeur de la ligne Enghien-Opéra.

ment conique. Il en résulte que le joint réalisé est suffisamment hermétique.

En plus du distributeur chaque cuve comporte : 1° un interrupteur à main permettant de supprimer la communication du câble d'alimentation lorsqu'on veut toucher le distributeur (fig. 699 au dernier plan).

2° Un disjoncteur automatique (à gauche de la figure) fonctionnant

lorsque le frotteur de sécurité que traîne chaque voiture, rencontre un plot électrisé. Toutes les touches du distributeur sont alors privées de courant.

3° Un coupe-circuit fusible (coin gauche de la figure) remplissant le même but dans le cas où le disjoncteur viendrait à ne pas fonctionner.

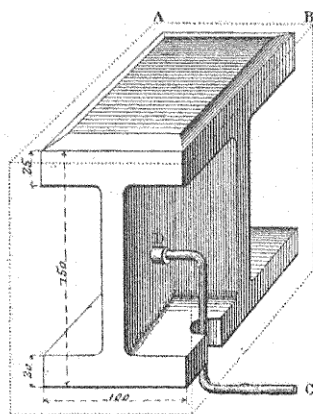


Fig. 693. — Vue d'un plot.

Chaque voiture traîne, en effet, derrière elle un petit frotteur qui est réuni d'une manière permanente au châssis de la voiture, c'est-à-dire aux rails, par l'intermédiaire d'une résistance de quelques ohms.

Le but de cette résistance est de limiter les effets du court-circuit et d'empêcher que les autres sections ne soient privées de courant par suite du déclenchement du disjoncteur de l'usine.

Plots. — Les plots sont constitués par de simples pièces en acier coulé (fig. 693 et 694) portant un trou

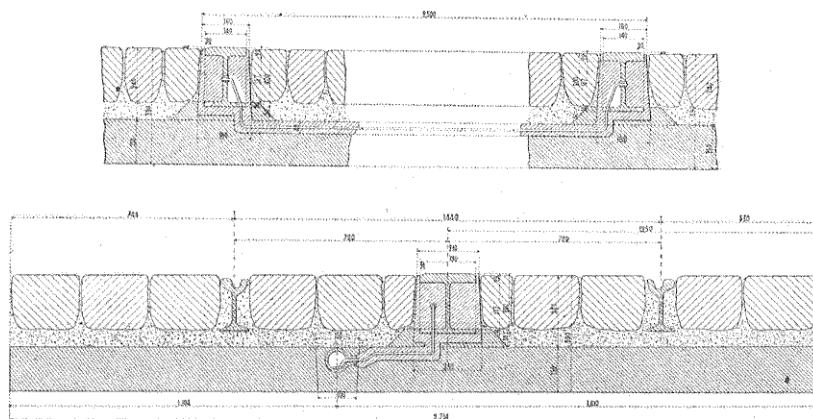


Fig. 694 et 695. — Installation des plots Claret-Vuilleumier.

dans lequel on vient river le fil d'alimentation. Les plots sont noyés dans du bitume qui les isole de la chaussée.

Les fils d'alimentation sont en cuivre et ont 3 millimètres de diamètre; ils sont isolés au caoutchouc vulcanisé. Ces fils sont logés dans un tuyau en fonte qui longe la voie (fig. 683 et 695) dans toute

sa longueur. Ce tuyau en fonte présente tous les 5 mètres et en face de chaque couple de plots, une boîte de raccord par où passe le fil d'alimentation (fig. 689, à droite).

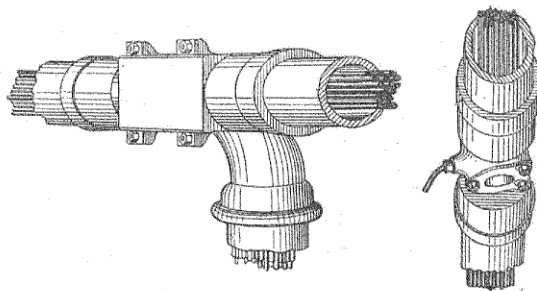


Fig. 696. — Boîtes de raccord du fourreau en fonte.

En face de chaque poste de distributeurs se trouvent des boîtes de branchement (gauche de la figure 696).

Dans les nouveaux pavés de contact de la ligne Enghien-Opéra

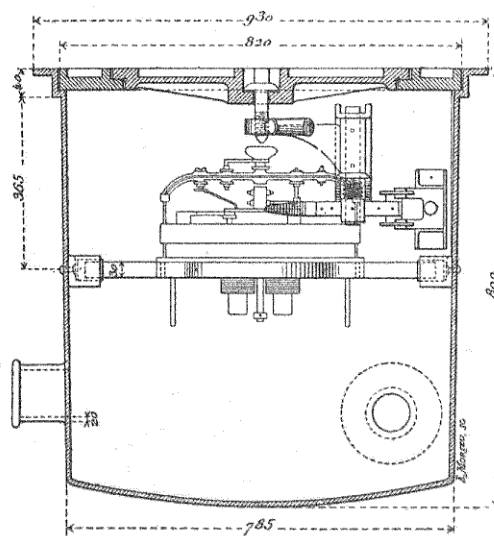


Fig. 697. — Cuve à distributeur du tramway de Romainville.

on peut remplacer la partie sur laquelle s'exerce l'usure due au frotteur.

Traversées. — Le système Claret-Vuilleumier, de même que tous les autres systèmes de prise de courant par contacts superficiels, nécessite

l'emploi de précautions spéciales toutes les fois que la voie est traversée par une pièce métallique. Ce cas se présente dans toutes les traversées de voies et dans tous les aiguillages. Les couvercles métalliques recouvrant les tringles des aiguilles sont également dans le même cas.

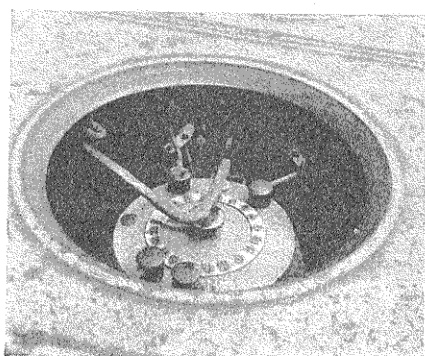


Fig. 698. — Cuve en maçonnerie contenant un distributeur (tramway d'Enghien à l'Opéra).

Ces différentes pièces métalliques, qui sont en communication avec le pôle négatif des dynamos, peuvent venir en contact avec le frotteur de la voiture qui est au pôle positif. Il en résulterait un court-circuit franc entraînant le déclenchement du disjoncteur de l'usine et par suite la suppression du courant.

On évite cet inconvénient en sectionnant les pièces métalliques rencontrées par le frotteur et en les isolant du reste de la voie. MM. Claret et Vuilleumier emploient dans ce but une série de petits coupons d'acier coulé isolés entre eux et assemblés par des oreilles pratiquées sur les âmes au moyen de boulons isolants.

En ce qui concerne les couvercles des boîtes des aiguillages, il est nécessaire de faire usage de matières non conductrices ou bien de supprimer la plaque elle-même en la remplaçant par deux petites plaques disposées le long des rails.

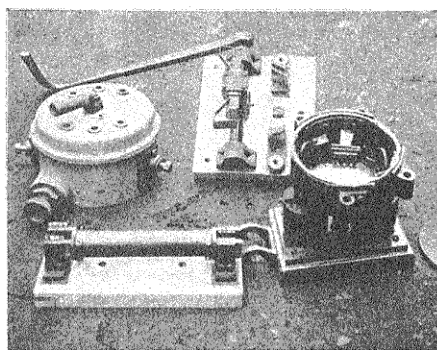


Fig. 699. — Appareils accessoires contenus dans les cuves.

Frotteurs. — Les voitures recueillent le courant au moyen de frotteurs constitués par une cornière de 3^m,30 de longueur. Cette cornière est placée de champ, de façon que le contact soit toujours assuré d'une manière parfaite, malgré la boue ou la neige. La barre collectrice est maintenue sur champ par deux tiges qui peuvent coulisser dans des boîtes montées sur des supports. Les ouvertures dans lesquelles passent les tiges sont ovalisées et sont disposées de façon que l'entraînement du frotteur se fasse toujours par la tige avant, par rapport au sens de

marque de la voiture, la tige arrière ne servant plus que de guide. A la partie supérieure des tiges sont montées des traverses, aux extrémités desquelles viennent agir des ressorts.

Passage des aiguillages. — L'équipement électrique des aiguillages de bifurcation constitue un point délicat du système Claret-Vuilleumier. Dans une bifurcation, les plots installés dans l'aiguillage sont en relation avec trois distributeurs différents (fig. 701). La commutation est obtenue au moyen d'un commutateur automatique (à droite de la figure 699) dont le fonctionnement est la conséquence de la manœuvre des aiguilles de la voie.

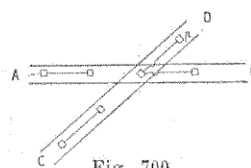


Fig. 700.
Schéma d'un croisement.

Dépenses d'installation. — Les dépenses d'installation du système Claret-Vuilleumier sont évaluées à 60 000 fr. par kilomètre de voie simple. Ce prix comprend tout ce qui concerne l'installation du système et particulièrement les dépenses occasionnées par le sectionnement des rails dans les traversées. Par contre, l'installation du câble principal d'alimentation, la fourniture et la pose des

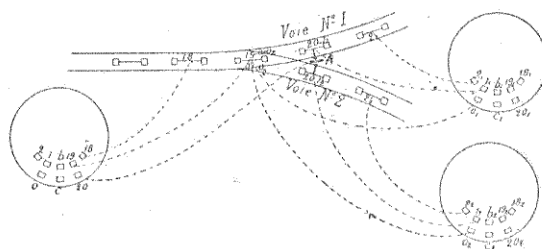


Fig. 701. — Schéma d'une bifurcation.

rails et des connexions ne sont pas comprises dans ce prix. Les dépenses d'exploitation peuvent être évaluées à 5 centimes par kilomètre-voiture.

Le système Claret-Vuilleumier fonctionne d'une manière régulière, quel que soit l'état du sol. En particulier, les projections de sel sur la voie ne nuisent en rien à son fonctionnement. Les ruptures du contact se produisent toujours entre le frotteur et le plot. Il n'y a donc jamais production d'étincelles dans le distributeur, quel que soit l'état du sol.

La marche des voitures se fait indifféremment dans les deux sens, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer aucune manœuvre des distributeurs.

Les frotteurs des voitures sont de simples barres dépourvues de

bobines. Les voitures ne portent aucune batterie d'accumulateurs. Cette dernière est, au contraire, indispensable dans tous les systèmes à contacts superficiels dans lesquels les plots sont indépendants entre eux.

Par contre, le système Vuilleumier nécessite l'espacement des voitures, ce qui est toujours gênant dans une grande ville, où les encombrements sont fréquents.

§ 2. — SYSTÈME VEDOVELLI

Le système Vedovelli peut être caractérisé par ce fait que chaque plot comporte un distributeur distinct dont le fonctionnement dépend du plot précédent et du plot suivant. Il se forme, en effet, entre les plots, par l'intermédiaire du frotteur, des circuits fermés qui ont pour résultat d'exciter et de désexciter les plots.

Chaque plot comportant un distributeur, il en résulte que les voitures ont la faculté de se rapprocher les unes des autres, ce qui n'est pas possible avec les systèmes comportant un distributeur unique pour toute une série de plots.

Description du système. — Le principe du système Vedovelli est le suivant :

Soit une série de plots P_1, P_2, P_3, P_4 , reliés d'une manière constante aux solénoïdes S_1, S_2, S_3, S_4 (fig. 702). Chacun de ces solénoïdes attire

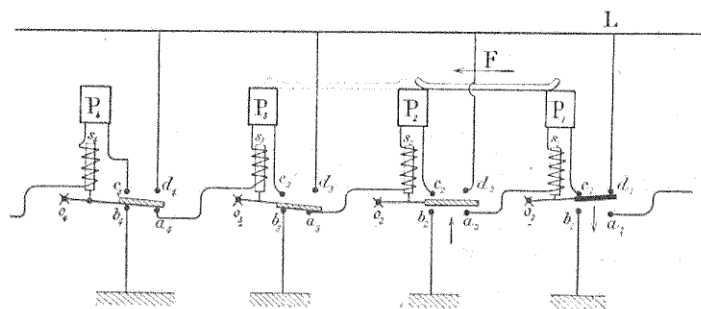


Fig. 702. — Schéma du système Vedovelli.

un noyau faisant osciller une palette métallique mobile autour d'un axe O et pouvant mettre simultanément en communication les contacts a, b ou c, d .

Les contacts a_1, a_2, a_3, a_4 sont respectivement reliés d'une manière constante aux plots précédents P_0, P_1, P_2, P_3, P_4 , par l'intermédiaire

des solénoïdes. Les contacts c_1, c_2, c_3, c_4 , sont reliés aux plots P_1, P_2, P_3, P_4 . Les contacts d_1, d_2, d_3, d_4 , sont en communication permanente avec le câble d'alimentation, tandis que les contacts b_1, b_2, b_3, b_4 , sont reliés à la terre.

Ces quelques explications préliminaires étant données, voyons maintenant comment fonctionne ce système de prise de courant.

Supposons le plot P_1 électrisé. Lorsque l'extrémité du frotteur (dont la longueur est légèrement supérieure à l'intervalle des plots) arrive au contact du plot P_2 , il s'établit une dérivation entre le plot P_1 et la terre par l'intermédiaire du frotteur, du plot P_3 , du solénoïde S_2 et des contacts a_3, b_3 qui sont réunis dans la position de repos de leur palette mobile.

Le solénoïde S_2 attire son noyau ; par suite, la palette mobile vient mettre c_2, d_2 en communication. Le plot P_2 se trouve donc directement alimenté par le feeder L .

L'attraction du noyau du solénoïde S_2 a également eu pour résultat de couper en b_2, a_2 la dérivation à la terre du plot P_1 qui maintenait la palette du solénoïde S_1 appliquée sur c_1, d_1 . Il en résulte que le courant alimentant le plot P_1 se trouve coupé en c_1, d_1 .

La mise en circuit d'un plot a donc pour conséquence immédiate la mise hors circuit du plot précédent.

La longueur du frotteur étant supérieure à l'intervalle séparant deux plots consécutifs, il en résulte que le plot P_2 est déjà en communication avec le feeder lorsque s'établissent les contacts c_2, d_2 .

De même lorsque la coupure se produit en c_1, d_1 , le pavé de contact P_1 se trouve encore au potentiel du feeder, grâce au plot P_2 et au frotteur. La rupture de la communication avec le feeder s'établit donc entre les plots et le frotteur et non pas dans les commutateurs.

Cette particularité a une grande importance pour ces derniers, qui se trouvent soustraits à l'action destructive des étincelles, puisque la palette mobile ne réunit ou ne sépare les contacts c et d que lorsque ces derniers sont au même potentiel.

En réalité, les contacts c, d d'une part, b, a d'autre part, sont mis en relation par deux palettes différentes mues toutes les deux par le noyau du solénoïde, mais réunies de telle sorte que l'ouverture de b, a ne se fasse qu'après la fermeture du circuit principal c, d . On évite, de la sorte, qu'il y ait interruption de courant, même pendant un temps très court, sur les deux plots que touche le frotteur.

Cette particularité permet à M. Vedovelli de dire que le courant est commuté, et non pas coupé, dans ses appareils.

Le dispositif que nous venons de décrire ne permet la marche des voitures que dans un seul sens. La marche en arrière ne peut s'obtenir qu'en modifiant les connexions des commutateurs entre eux. Il est

nécessaire pour cela de descendre de voiture et d'ouvrir la cuve contenant les appareils.

L'impossibilité de marcher indifféremment dans les deux sens constitue, à notre avis, un inconvénient très grave. Il arrive fréquemment, en effet, que la circulation des voitures s'effectue sur une voie unique. Le système Vedovelli ne paraît pas applicable dans ce cas particulier.

Commutateurs. — Nous avons vu que chaque plot comportait un commutateur. Ces commutateurs ne se trouvent pas disposés à côté du plot qu'ils alimentent ; ils sont concentrés dans des fosses séparées par des intervalles de 100 à 200 mètres.

La carcasse de chaque commutateur est constituée par une cage en ambroïne munie d'une poignée à sa partie supérieure (fig. 703 et 704).

Dans cette cage se trouve logée une bobine de fil fin composée de deux parties enroulées en sens inverse et séparées par une cloison isolante.

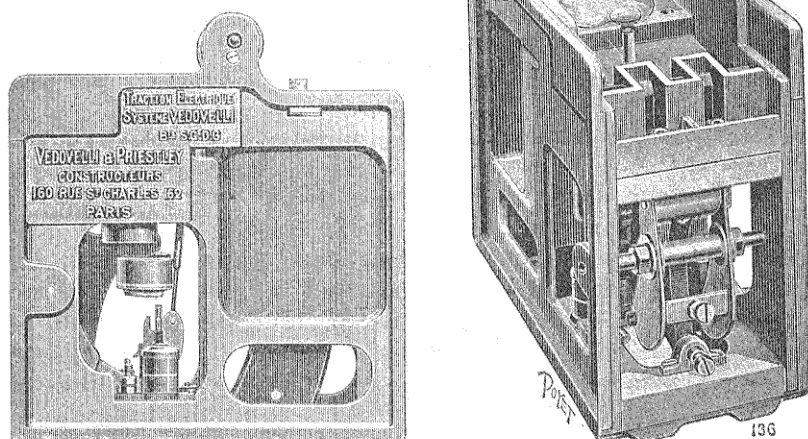


Fig. 703 et 704. — Commutateurs Vedovelli.

Cette disposition a été adoptée afin que la différence de potentiel entre les extrémités des demi-bobines ne soit que de 250 volts. Les constructeurs des appareils Vedovelli ont pensé que ces artifices de construction préserveraient les bobines de l'action néfaste des courts-circuits. La pratique ne semble pas avoir justifié leurs prévisions, car le point faible du système a toujours été la destruction facile de ces bobines.

Le noyau placé à l'intérieur de cette bobine est en fer doux. Il est de forme méplate et est composé de plusieurs lamelles superposées.

Ce noyau est fixé à un levier pouvant tourner autour d'un axe fixe.

Lorsque le levier est soulevé, c'est-à-dire lorsque le courant passe dans la bobine, le porte-charbon supérieur se trouve soulevé. De plus, une petite pièce de forme spéciale, supportant elle-même le porte-charbon supérieur, se trouve entraînée dans le mouvement.

Nous devons signaler maintenant un détail très important.

Grâce à un jeu convenablement laissé, les charbons mobiles du porte-charbon supérieur arrivent en contact avec les charbons fixes supérieurs et glissent ensuite l'un sur l'autre jusqu'à une position limite.

Le frottement des deux charbons l'un sur l'autre a pour résultat de nettoyer la surface de ces derniers, ce qui assure dans la suite un contact plus parfait.

De plus, on réalise par cette disposition l'artifice dont nous avons parlé en exposant le principe du système et qui consiste à ne soulever le porte-charbon inférieur que lorsque le contact est bien établi entre les charbons supérieurs. On obtient ainsi l'alimentation simultanée de deux plots, pendant un temps très court, il est vrai, mais suffisant pour le fonctionnement du système.

L'émission du courant attirant le noyau peut être faite à la main au moyen d'un bouton, dans le cas où il peut être utile d'avoir recours à cette manœuvre.

Les différents commutateurs sont réunis les uns à côté des autres en face d'une règle portant une série de contacts que l'on appelle règle de distribution (fig. 706).

Les commutateurs et la règle ont leurs contacts terminés en forme de fiches. Pour réaliser les différentes connexions, il suffit d'avoir recours à des poignées munies de pinces correspondant aux différentes fiches. Ces poignées ont reçu des constructeurs le nom de *conjoncteurs* (fig. 705).

La barre de connexion (fig. 706) porte les différents plombs fusibles dont chaque plot doit être muni, afin qu'il ne soit pas possible de laisser du courant sur la chaussée dans le cas où un mauvais contact viendrait à se produire.

La barre de connexion est également munie d'une coulisse qui permet d'inverser l'ordre d'arrivée des fils. Cette manœuvre a pour but de permettre aux voitures de marcher en arrière.

Les commutateurs, les conjoncteurs et les barres de connexion sont placés par rangées dans des fosses échelonnées le long de la voie. En

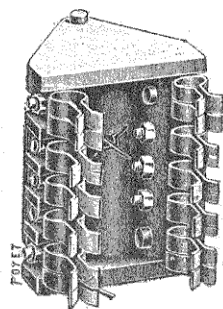


Fig. 705. — Pince de jonction (conjoncteur).

cas de dérangement, il y a lieu d'ouvrir la fosse et de remplacer immédiatement le commutateur avarié¹.

Plots. — Les plots sont constitués par des blocs de fonte surmontés

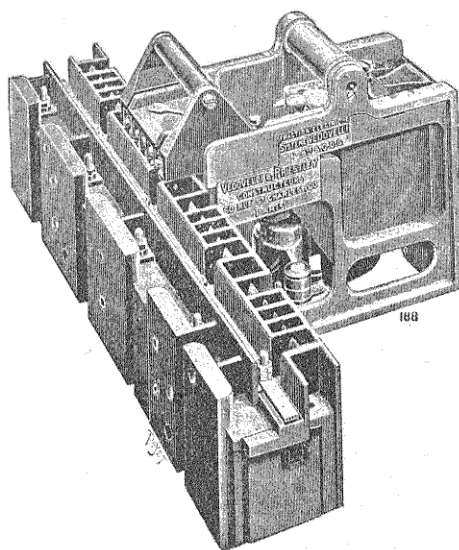


Fig. 706. — Commutateur mis en circuit par l'intermédiaire de la pince de jonction.

d'une semelle en acier coulé dont la surface supérieure est striée (fig. 707). L'assemblage de cette semelle se fait au moyen de deux boulons.

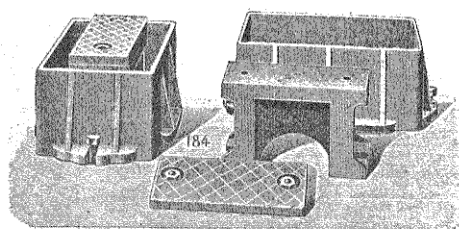


Fig. 707. — Pavé de contact (monté et démonté).

Le contact avec le câble est réalisé au moyen d'une soie que l'on coince dans le plot.

¹ M. X. Gosselin a décrit avec beaucoup de détails les appareils Vedovelli au cours de la séance du 7 mars 1900 de la *Société des Electriciens*, ainsi que dans le numéro du 16 mars 1900 de *l'Energie électrique*.

Dans les endroits où la circulation est très intense, les pavés de contacts sont entourés d'un cadre en fonte situé à une distance de 5 à 6 centimètres. L'intervalle entre le cadre et le pavé est rempli de matière isolante.

Frotteur. — Le frotteur est constitué par deux fers à simple T dont les extrémités sont convenablement relevées. Ces fers à T sont maintenus au moyen de tiges verticales munies de ressorts qui prennent appui sur une pièce soutenue par les essieux mêmes de la voiture.

Le frotteur de sécurité est remplacé par une série de chaînettes traînant sur les plots.

Le système Vedovelli a été installé sur le tramway de la Porte-Maillot à Suresne (chemin de fer du Bois de Boulogne), où il fonctionne depuis l'année 1898. L'entretien des commutateurs étant très onéreux par suite des arcs et des courts-circuits qui se produisent, on vient de décider le remplacement, sur cette ligne, du système Vedovelli par un autre système dans lequel les plots sont indépendants entre eux.

§ 3. — SYSTÈME SCHUCKERT

Le système Schuckert, qui fonctionne en ce moment, à titre d'essai, sur l'une des lignes de tramways de Munich, peut être comparé aux systèmes Claret-Vuilleumier et Vedovelli en ce qui concerne le mode d'excitation et de désexcitation des plots. Dans ces systèmes, en effet, la mise en circuit et la mise hors circuit d'un plot sont le résultat d'une combinaison de deux plots. Chaque plot cause l'excitation du plot suivant, qui à son tour cause la désexcitation de celui qui l'a excité.

Le système Schuckert, de même que le système Vedovelli, comporte un appareil distributeur par plot. Il se différencie, par contre, du système Vedovelli par ce fait que la marche des voitures peut se faire indifféremment dans les deux sens sans qu'il soit nécessaire d'effectuer aucune manœuvre de distributeur.

Tous les 60 mètres, on installe des appareils permettant la manœuvre à la main des divers conjoncteurs toutes les fois qu'il est nécessaire de faire reculer une voiture engagée sur une section.

Le frotteur est constitué par une longue brosse en fils d'acier (fig. 715). Il est suivi d'un frotteur de sécurité permettant de mettre les plots en communication avec les rails.

Dans le cas où l'un des plots demeurerait électrisé, le court-circuit résultant du passage du frotteur de sécurité aurait pour effet de déclencher l'un des disjoncteurs automatiques que l'on installe de distance

en distance le long de la ligne. Ces disjoncteurs automatiques sont, en général, placés contre les murs des maisons.

Il est juste cependant de constater que si les voitures peuvent circuler à tour de rôle dans deux sens différents, elles ne peuvent reculer

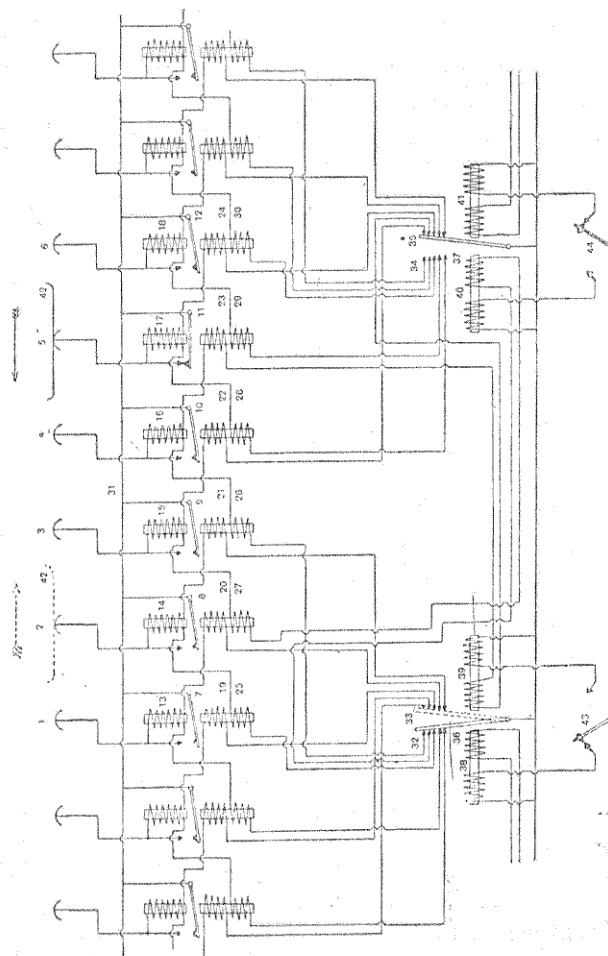


Fig. 708. — Schéma du système Schuckert.

par leurs propres moyens dans le cas où elles se trouvent engagées dans une section d'appareils distributeurs. Il faut alors manœuvrer l'un des commutateurs qui sont, dans ce but, échelonnés le long de la voie.

Description du système. — Examinons maintenant quel est le principe du système Schuckert (fig. 708).

Chaque plot comporte un électro-aimant pouvant attirer une arma-

ture mobile en fer doux fixée à un interrupteur. Cet interrupteur permet de mettre le plot en communication avec le câble d'alimentation L.

Cet électro-aimant est connecté en dérivation sur le câble reliant le plot à l'interrupteur correspondant (bobines 14, 15, 16). Au lieu de se rendre directement à la terre, cette dérivation se continue par un autre électro-aimant qui, lui, se trouve placé sous l'interrupteur du plot précédent et a pour but de provoquer l'ouverture de cet interrupteur aussitôt que le plot n'a plus besoin d'être alimenté.

En réalité, la dérivation se double aussitôt après la sortie de l'électro-aimant principal. L'une des dérivations désexcite le plot précédent (19, 20) et l'autre (25, 26)

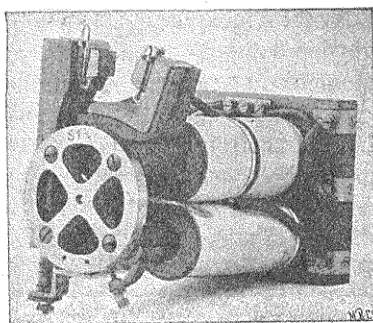


Fig. 709. — Commutateur.

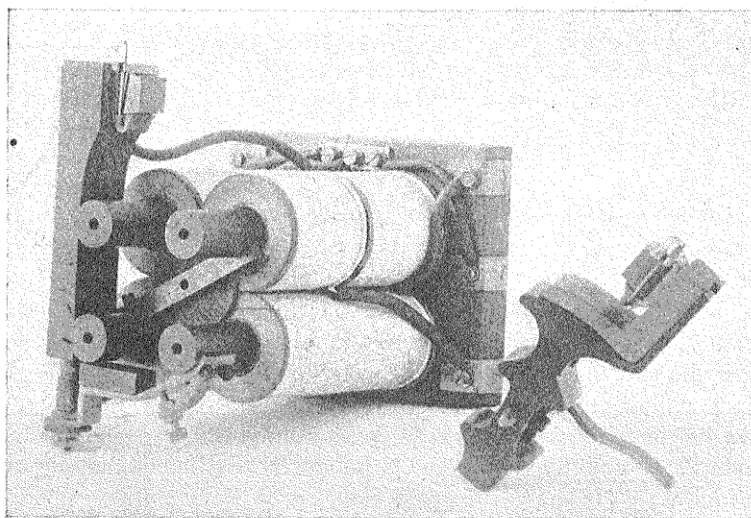


Fig. 710. — Commutateur démonté.

le plot suivant. Cette disposition a précisément pour but de permettre la marche des voitures dans les deux sens.

Cependant, les dérivations 19, 20 et 25, 30 ne sont pas reliées immédiatement à la terre d'une manière permanente.

Pour chaque groupe d'appareils (sur la figure, on a indiqué deux

groupes), un conjoncteur automatique met à la terre les bobines de la série 19, 20 ou de la série 25, 27, suivant que la voiture circule dans le sens de la flèche pleine ou de la flèche pointillée.

Avant d'indiquer le fonctionnement de ce conjoncteur automatique, voyons d'abord comment les appareils distributeurs fonctionnent au moment du passage d'une voiture.

Supposons que le frotteur soit en contact avec le plot 5, qui est électrisé. Le courant principal passe donc du câble L au plot. Une petite partie de ce courant se rend dans la bobine 17 et contribue à maintenir fermé l'interrupteur alimentant le plot. En sortant de la bobine 17, le

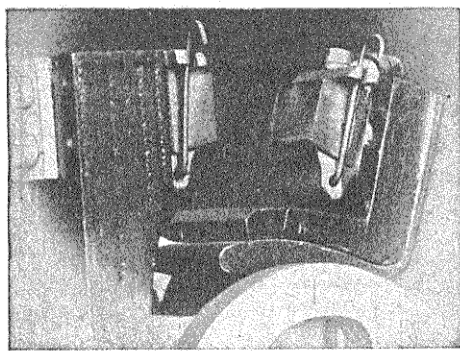


Fig. 711. — Charbons de contact du commutateur.

courant arrive à la bobine 24, qui provoque l'ouverture de l'interrupteur du plot 6, que vient de quitter la voiture. Le courant de la dérivation se rend enfin à la terre grâce à la présence en 35 de la palette du conjoncteur automatique.

La voiture avançant toujours dans le sens de la flèche, il en résulte que le frotteur met en court-circuit les plots 5 et 4. Le courant d'alimentation passe donc

du plot 5 au plot 4 par l'intermédiaire de ce frotteur. La dérivation qui s'établit ainsi ne trouve d'autre issue vers la terre que la bobine 16, qui provoque la fermeture de l'interrupteur du plot 4 et par suite l'alimentation directe de ce dernier par le feeder d'alimentation. En même temps, la bobine 23 provoque la mise hors circuit du plot 5.

Examinons maintenant ce qui se passe lorsque la voiture circule dans le sens opposé. Supposons que le frotteur se trouve sur le même plot 5 qui a été électrisé par le plot 4. Le courant qui a traversé la bobine principale 17, ne peut plus traverser la bobine 24, car le conjoncteur automatique n'est plus appliqué sur 35 mais sur 34. Il n'y a donc pas d'issue à la terre par cette bobine 24. En revanche le courant peut s'écouler à la terre par la bobine 28 qui provoque l'ouverture de l'interrupteur du plot 4.

Lorsque le frotteur arrive au contact du plot 6, il établit un court-circuit entre 5 et 6. La bobine 18 attire son armature tandis que la bobine 29 repousse la sienne et ainsi de suite.

Le point délicat du système consiste donc dans le fonctionnement des conjoncteurs automatiques mettant à la terre l'une ou l'autre série de bobines.

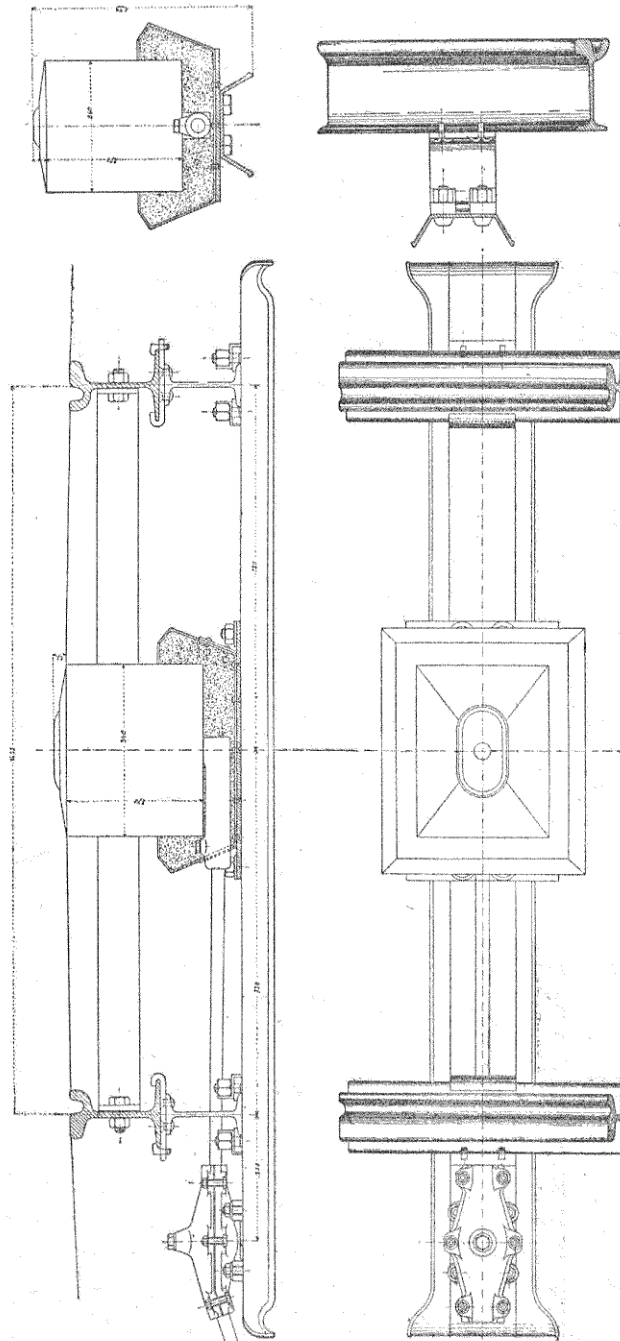


Fig. 742. — Coupes et plan de la voie Schuckert au droit d'un plot.

Les appareils d'alimentation de chaque plot sont rassemblés dans des cuves par groupes d'une trentaine environ (fig. 713 et 714). Les bobines des excitatrices de tous les appareils d'un groupe sont reliées à un seul conjoncteur automatique. Sur le schéma (fig. 708) deux groupes d'appareils ont été figurés. Lorsque le frotteur arrive sur les derniers plots d'un groupe, il est nécessaire que le conjoncteur du groupe suivant soit disposé convenablement. Cette manœuvre s'effectue automa-

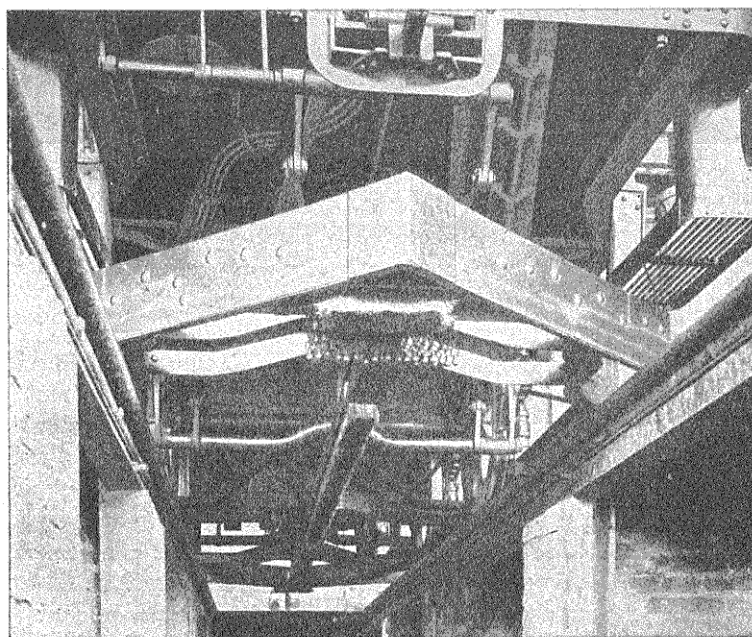


Fig. 713. — Frotteur installé sous une voiture.

tiquement de la manière suivante. La dérivation traverse la bobine excitatrice de l'avant-dernier plot du groupe et la bobine désexcitatrice de l'anté-pénultième traverse, de plus, un électro-aimant attirant l'armature du conjoncteur du groupe suivant. Cette dérivation se rend ensuite à la terre.

Sur le schéma, le circuit de cette dérivation s'établit quand le frotteur arrive sur le plot 4. Le courant dérivé traverse les bobines 16, 23 et 39 avant de se rendre à la terre. C'est cette dernière bobine qui place l'armature du conjoncteur dans la position 33 qui correspond au sens de la marche de droite à gauche.

Supposons au contraire qu'une voiture circule dans le sens opposé. Lorsqu'elle sera arrivée sur le plot 1, une dérivation traversera les

bobines 43, 27 et 40. Cette dernière bobine attirera l'armature mobile du conjoncteur dans la position 34 correspondant au sens de la marche de gauche à droite.

La manœuvre automatique des conjoncteurs s'effectue donc lorsque la voiture passe d'une section à la suivante. Il peut être cependant utile de provoquer cette manœuvre lorsqu'une voiture se trouve au milieu d'une section. Ce cas se présente fréquemment par suite d'accident ou

lorsque la voie est obstruée. On peut alors provoquer à la main la manœuvre, dans un sens ou dans l'autre, des conjoncteurs en agissant sur des commutateurs à deux directions échelonnés le long de la voie.

Ces interrupteurs 43 ou 44 permettent d'envoyer une dérivation du courant principal dans des bobines agissant sur les noyaux des conjoncteurs.

En manœuvrant le commutateur 44 à droite ou à gauche, on envoie le courant en 41 ou en 40 et on dispose ainsi les bobines désexcitatrices pour un sens de marche ou pour l'autre.

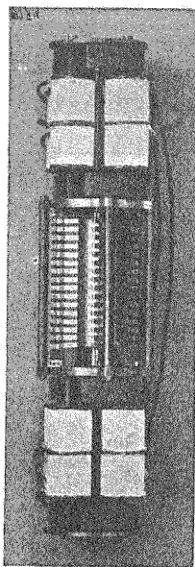


Fig. 716.
Conjoncteur automatique.

Commutateurs. — Dans la figure schématique permettant de comprendre le fonctionnement général du système, les différentes bobines ont été disposées les unes au-dessus des autres. En réalité ces bobines sont dédoublées et enfilées autour de 4 noyaux différents réunis diagonalement par leurs bases (fig. 710 et 711). L'appareil se compose donc de deux électro-aimants à deux branches, disposés l'un sur l'autre. L'un de ces électro-aimants est constitué par l'enroulement unique d'excitation et l'autre par l'enroulement double de désexcitation.

Une armature en fer doux peut prendre deux positions selon que l'un ou l'autre des électro-aimants est excité. Cette armature communique son mouvement à un contact en charbon pouvant s'appliquer sur un contact fixe également en charbon et relié d'une manière permanente au câble d'alimentation (fig. 711).

Ces appareils sont disposés, en général, par groupes de 30 dans des cuves en fonte disposées sous les trottoirs (fig. 713 et 714). Ces cuves en fonte sont munies d'un double couvercle. Le couvercle intérieur forme joint hydraulique.

En plus des commutateurs proprement dits, chaque cuve comporte un conjoncteur automatique (fig. 716).

Plots. — Au droit de chaque plot se trouve une traverse métallique

supportant les rails de la voie par l'intermédiaire de deux coupons de fers à double T (fig. 712). Au centre de la traverse se trouve fixée une boîte en tôle qui sert de support au plot. Le plot est constitué par un

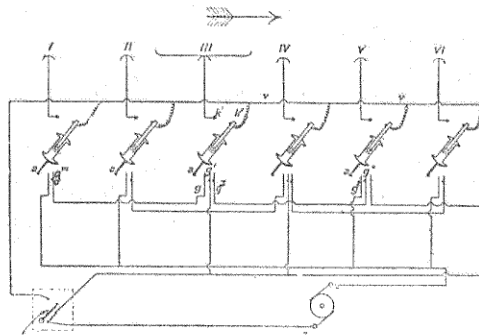


Fig. 717. — Schéma du dispositif de sécurité.

contact en acier encastré dans un bloc de granit présentant beaucoup d'analogie avec un pavé ordinaire. Ces pavés sont maintenus au moyen de béton dans des boîtes en tôle fixées aux traverses.

L'intervalle normal entre les plots est de 4 mètres.

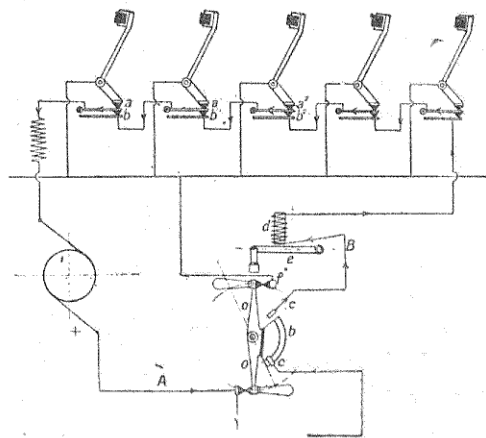


Fig. 718. — Schéma de l'enclenchement magnétique du disjoncteur.

Traversée des autres voies. — Les rails qui traversent la voie munie de contacts Schuckert ne sont ni sectionnés ni isolés. Le frotteur est simplement relevé légèrement au moyen de plots morts disposés un peu plus haut que les plots ordinaires et de part et d'autre du rail dangereux.

Dispositif de sécurité. — Le système Schuckert comporte un dispositif

de sécurité rendant impossible l'électrisation de trois plots consécutifs (fig. 717-720).

L'armature de chaque commutateur est pourvue d'un doigt qui peut appliquer les unes contre les autres trois lames flexibles connectées de la manière suivante (fig. 717):

Pour deux plots consécutifs, l'une des lames est en communication permanente avec le câble d'alimentation; pour les deux plots suivants il y a une lame en communication avec la terre et ainsi de suite en alternant de la même manière. Voyons maintenant comment sont connectées les deux autres lames

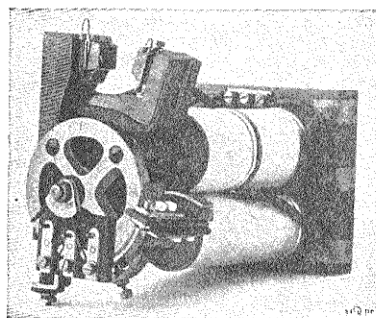


Fig. 719. — Commutateur muni du dispositif de sécurité.

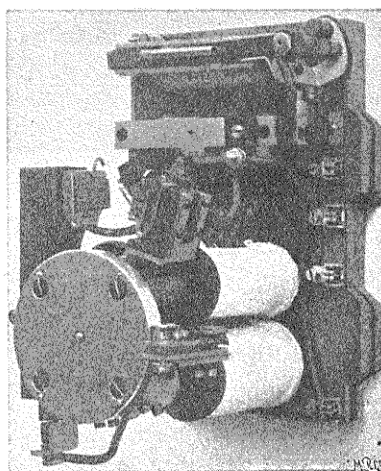


Fig. 720. — Commutateur muni d'un appareil de sécurité à verrou magnétique.

d'un appareil de rang n . L'une de ces lames est connectée avec une lame de l'appareil de rang $n+2$; l'autre lame est connectée avec une lame de l'appareil de rang $n-2$.

Si nous considérons le plot III la lame g_1 est en communication avec la lame g_2 du plot V tandis que la lame g est en communication avec la lame g''' du plot I. Remarquons également que la lame g' est en communication avec le câble d'alimentation tandis que la lame g'' est en communication avec les rails.

Voyons maintenant ce qui va se passer si les plots III, IV, V restent simultanément électrisés. Les lames de ces trois appareils vont demeurer appliquées les unes contre les autres. Il en résultera un court-circuit entre le câble d'alimentation et les rails. Ce court-circuit sera établi par l'intermédiaire des lames g', g_1, g_2, g'' .

Ce court-circuit aura pour effet de déclencher un disjoncteur automatique commandant un groupe de commutateurs. Le courant sera donc supprimé sur tous les plots de la section.

Ce disjoncteur est, de plus, pourvu d'un verrou magnétique rendant impossible la fermeture de l'appareil si tous les commutateurs qu'il protège ne sont pas dans la position de repos. La figure 718 indique clairement de quelle manière on a réalisé cet enclenchement magnétique en munissant chaque commutateur de contacts supplémentaires.

Le système Schuckert semble avoir donné de bons résultats sur une ligne des tramways de Munich où on l'expérimente depuis plus d'un an. Il serait intéressant, cependant, d'observer la manière dont se comporte ce système dans une ville où la circulation des divers véhicules serait plus intense qu'à Munich.

Le système Schuckert présente l'inconvénient d'exiger une canalisation électrique très compliquée ainsi qu'un grand nombre de bobines qui sont plus ou moins exposées aux accidents. Il n'en est pas moins vrai que ce système comporte des dispositions fort ingénieuses particulièrement en ce qui concerne la possibilité de faire circuler les voitures dans les deux sens.

CHAPITRE IX

SYSTÈMES DE PRISE DE COURANT PAR CONTACTS SUPERFICIELS AU MOYEN D'APPAREILS DISTRIBUTEURS INDÉPENDANTS

§ 1. — SYSTÈME DIATTO

La première application industrielle du système Diatto fut faite à Tours en 1898 et donna des résultats assez satisfaisants. Peu de temps après la Compagnie générale de traction adopta ce mode de distribution du courant pour toutes les parties intra-muros des diverses lignes de tramways de pénétration qui lui furent concédées en 1899 (Est parisien, Ouest parisien, tramways de la rive gauche).

Le principe du système Diatto est des plus simples. Le courant est amené dans chaque plot par une dérivation branchée sur un câble d'alimentation parallèle à la voie (fig. 731). Le tampon métallique de contact placé à l'extérieur du plot n'est en relation avec le courant qu'au moment de la fermeture d'un interrupteur placé dans le plot. Cet interrupteur n'est autre chose qu'un gros clou en fer doux plongeant dans un godet de mercure. Au moment du passage de la voiture, ce clou est attiré par des électro-aimants portés par cette dernière et vient se coller sous le tampon de contact qu'il met en communication avec le courant. Dès que le frotteur n'est plus en contact avec le plot, le clou cesse d'être attiré et retombe dans sa position primitive en coupant la communication du tampon métallique avec le courant.

Dans les premiers plots Diatto qui furent essayés à Turin en 1895 et à Lyon en 1897, le clou était entièrement métallique (fig. 721-723). Par suite du magnétisme rémanent, il arrivait fréquemment que ce clou venait se coller sur la butée R, laissant ainsi le plot électrisé. Le frotteur était constitué par un barreau unique excité par des électro-aimants (fig. 724). Sous cette forme primitive, le système Diatto n'a pas donné de résultats bien concluants. C'est à Tours, en 1899, que l'on a pu voir pour la première fois le système Diatto sous une forme capable de donner des résultats pratiques. Les plots actuels ne diffèrent, d'ailleurs,

de ceux qui sont employés sur les tramways de Tours que par de légères modifications.

Description du plot. — Actuellement, le corps de chaque plot est

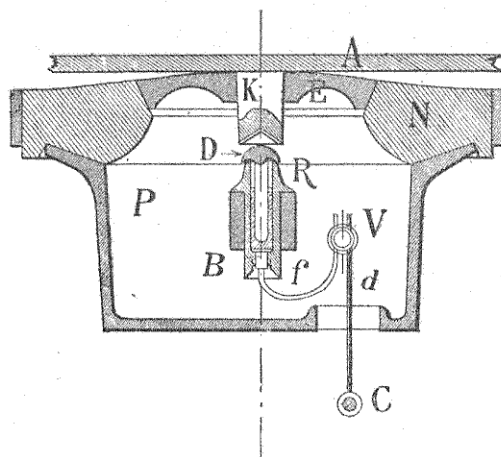


Fig. 721. — Coupe du plot Diatto primitif.

constitué par une boîte A en asphalte moulée (fig. 725). Cette boîte, qui a environ 40 centimètres de côté, porte en son milieu un trou cylindri-

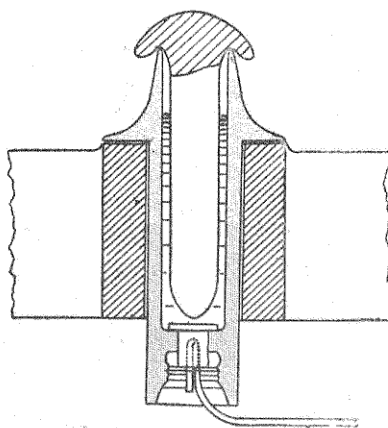


Fig. 722. — Clou du plot Diatto primitif.

que de 15 centimètres de diamètre. Ce trou est fermé par un tampon E en acier au nickel (métal anti-magnétique) muni d'un centre en acier

doux F reposant sur un siège en bronze C auquel il est fixé par trois boulons G.

A l'intérieur de l'asphalte se trouvent emprisonnées deux ailettes B en fonte, d'une grande perméabilité magnétique qui ont pour but de

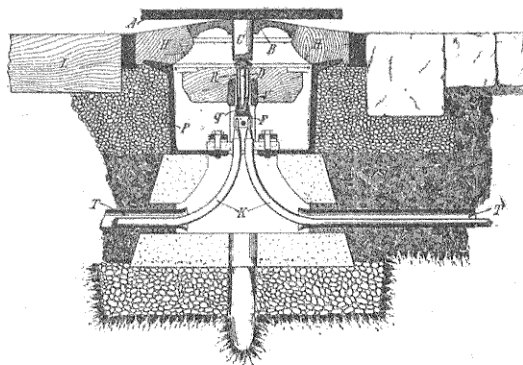


Fig. 723. — Ensemble du plot Diatto primitif.

constituer une partie des circuits magnétiques qui doivent s'établir au passage du frotteur (fig. 726). Ce frotteur est constitué, comme nous le verrons plus loin, par trois barreaux parallèles. Les ailettes s'arrêtent

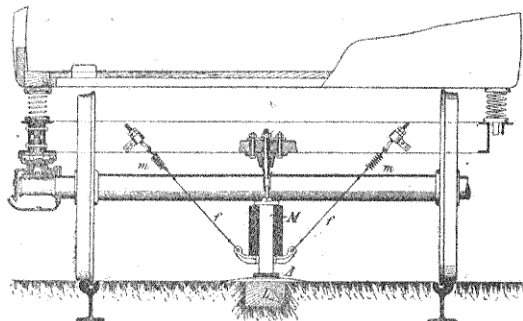


Fig. 724. — Frotteur Diatto primitif.

à environ 3 centimètres de la surface supérieure du plot afin qu'elles ne fassent pas saillie en cas d'usure de l'asphalte (fig. 725).

Les ailettes font au contraire saillie dans la cavité intérieure du plot et supportent une traverse en fonte D percée en son centre d'un trou dans lequel on enfonce à frottement doux l'appareil contenant le clou.

Cet appareil se visse dans une cavité filetée ménagée à la partie inférieure de la pièce en acier doux F. Il se compose d'une cloche K, en laiton, assemblée au moyen de 3 boulons à une autre pièce N en laiton

sur laquelle est vissé un godet en ambroïne M terminé à sa base par une cavité cylindrique. Cette cavité sert de logement au clou O en acier doux dont la tête est recouverte d'une pastille en charbon de forme conique (fig. 727). Cette tête en charbon est distante d'environ un centimètre d'une rondelle fixe en charbon fixée sur la cloche K et pouvant

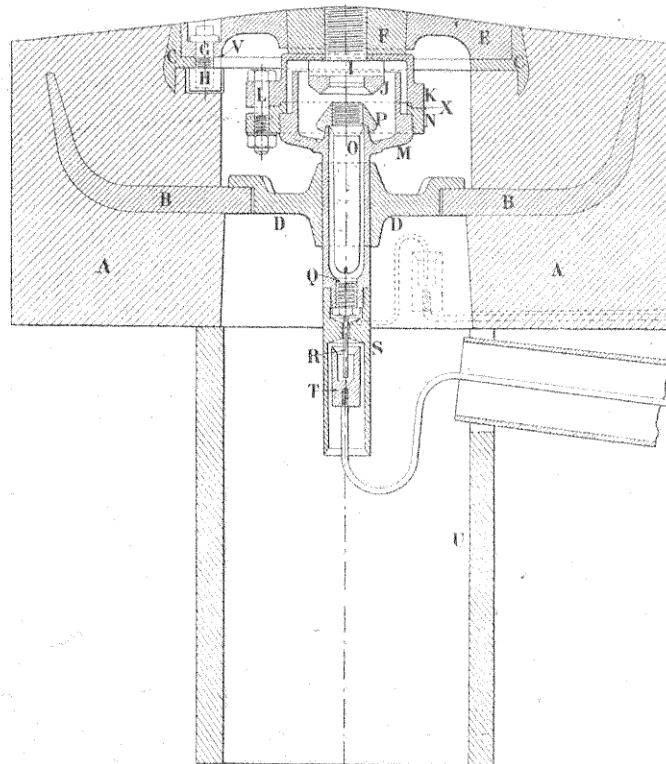


Fig. 725. — Coupe du plot Diatto actuel.

établir le contact avec la tête du clou sans que ce dernier puisse rester collé par suite du magnétisme rémanent. Dans le but d'obtenir un meilleur contact avec le mercure, l'extrémité inférieure du clou est constituée par une calotte en cuivre, vissée. On assure ainsi le contact en cas d'oxydation de la surface du clou.

Dans la position de repos la tête du clou est soutenue par un rebord en ambroïne. Le clou plonge dans le mercure quelle que soit sa position. Il peut arriver qu'une certaine quantité de mercure soit projetée dans le godet au moment où le clou retombe. Ce mercure peut revenir

dans la cuvette cylindrique grâce à la présence de petits canaux inclinés.

Le fond de la cuvette cylindrique est fermé par un boulon terminé à sa partie inférieure par une tige fusible R qui plonge dans un petit godet T rempli de mercure et vissé sur l'extrémité du fil isolé branché sur le câble d'alimentation.

Ce mode de liaison avec le fil d'alimentation est très pratique, car il permet de remplacer l'appareil avec une très grande rapidité dans le cas où il vient à être avarié.

Il y avait à redouter que l'eau ne vint en contact avec les pièces métalliques T et R. On a tourné les difficultés en vissant dans le prolongement du tube en ambroïne un autre tube S également en ambroïne, et prolongé de quelques centimètres au-dessous du godet en cuivre. Ce tube forme cloche à air et empêche le niveau de l'eau d'atteindre le godet qui est dépourvu d'isolant.

La quantité de mercure et les dimensions du clou sont choisies de telle sorte que le poids de ce dernier soit sensiblement équilibré par la poussée du liquide. Au moment où le frotteur arrive en contact avec le plot, il suffit donc d'une très faible attraction pour le soulever. La tête du clou est constituée, comme nous l'avons vu, par un tronc de cône en charbon graphitique très pur et parfaitement homogène. Ce charbon, qui est d'une grande dureté, peut être travaillé sur le tour et est susceptible d'acquiescer un beau poli.

Cette tête s'emboîte parfaitement dans une cuvette fabriquée avec le même charbon. On obtient ainsi un contact de grande surface entre deux pièces qui, théoriquement, du moins, ne devraient jamais se coller.

Frotteur. — Le frotteur se compose de trois barres parallèles entre elles parmi lesquelles la barre centrale est un peu plus large que les deux autres (fig. 728). Au-dessus de ces barres se trouvent disposées une série d'électro-aimants horizontaux disposés de manière à communiquer la polarité Nord à la barre centrale et la polarité Sud aux deux barres latérales (fig. 726). Il en résulte qu'il se forme à travers le frotteur et le plot deux flux magnétiques que l'on a remplacés par des flèches sur la figure 726. Le clou est traversé par les deux flux de même sens et se trouve alors violemment attiré contre la surface intérieure du tampon du plot.

Chacun des électro-aimants porte deux enroulements distincts et de même sens qui permettent l'excitation de deux manières différentes (fig. 729).

Ces bobines comportent, en effet, un enroulement de gros fil et un enroulement de fil fin. Les enroulements de gros fil sont connectés en série et sont traversés par la totalité du courant provenant du plot. Les enroulements de fil fin sont groupés en dérivation.

En marche normale, le courant provenant des plots suffit pour

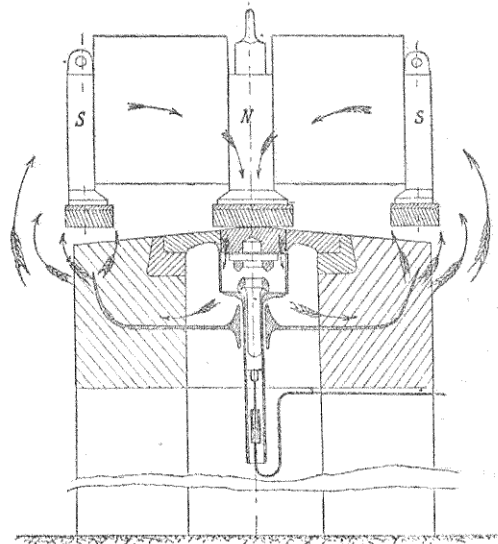


Fig. 726. — Ensemble du plot et du frotteur Diatto. Schéma des circuits magnétiques.

actionner les électro-aimants. Au moment des démarrages, une petite

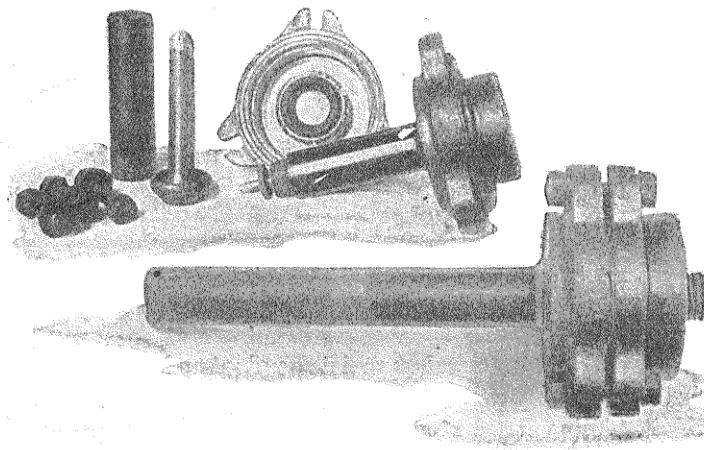


Fig. 727. — Appareils du plot Diatto monté et démonté.

batterie d'accumulateurs de huit éléments permet de suppléer à l'absence de courant pour attirer le clou. Cette batterie, qui débite 18 am-

pères sous une tension de 15 volts, est en réalité maintenue constamment en service, car on se trouve forcé d'interrompre et de rétablir constamment le courant qui alimente les moteurs des voitures. Il en résulte que les batteries se déchargent pendant toute la durée de la circulation sur les voies Diatto.

Lorsque l'on passe de la prise de courant par plots à la prise de cou-



Fig. 728. — Frotteur Diatto.

rant par fil aérien, un commutateur spécial supprime la communication du barreau avec le contrôleur et établit la connexion de ce dernier avec le trolley. En même temps le circuit des accumulateurs est coupé, ce qui les empêche de débiter du courant inutilement.

Les extrémités du frotteur sont légèrement repliés vers le haut afin que

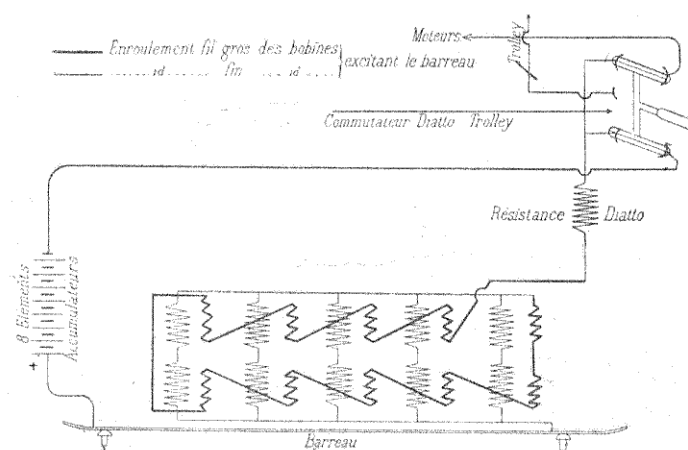


Fig. 729. — Schéma des circuits du frotteur Diatto.

l'action attractive de ce dernier persiste pendant un instant après la rupture du contact. De la sorte le clou reste collé pendant que cette rupture se produit. L'étincelle se produit alors, à l'extérieur, entre le frotteur et le plot et non pas entre le clou et la pièce conique fixe en charbon. Le clou n'est donc traversé par aucun courant lorsqu'il retombe.

Pose des plots. — Au-dessous de chaque plot se trouve disposé un tuyau vertical en poterie percé d'une petite ouverture par laquelle passe

le fil d'alimentation du plot (fig. 730). Ce tuyau en poterie, d'une hauteur d'environ 30 centimètres, a pour but de laisser s'écouler dans le sol les eaux qui pourraient s'accumuler au-dessous du plot. Dans ce but, l'ori-

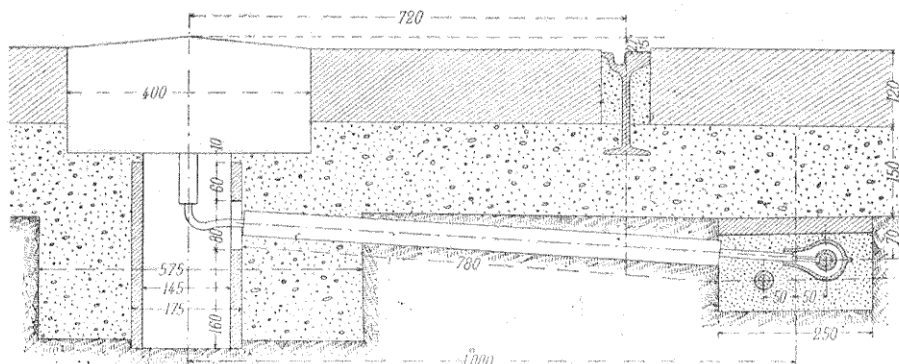


Fig. 730. — Coupe transversale de la voie Diatto.

fice inférieur de la poterie ne doit être nullement obstrué par le béton provenant de la plate-forme de la chaussée.

L'alimentation de tous les plots se fait au moyen de deux câbles

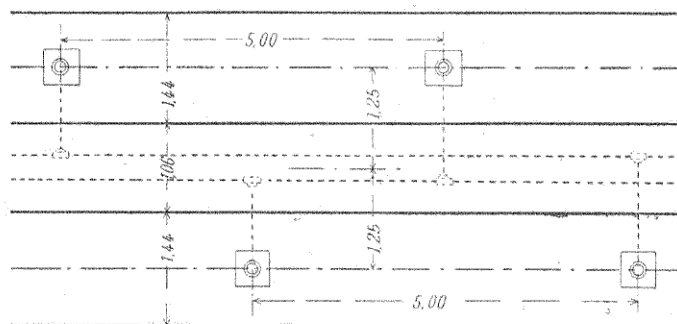


Fig. 731. — Voie double équipée avec des plots Diatto.

armés de 50 millimètres carrés de section (fig. 731). Les plots sont branchés alternativement sur l'un et sur l'autre de ces câbles principaux, de sorte que, dans le cas où l'un des deux câbles viendrait à brûler, il resterait toujours un plot sur deux pouvant donner du courant. Grâce à leur force vive, les voitures peuvent circuler avec des plots vifs espacés de 10 mètres, à la condition, toutefois, de ne pas effectuer d'arrêts sur les plots morts.

La jonction du câble principal avec le fil de chaque plot est effectuée

au moyen d'une petite boîte de branchement, en des points où l'on a préalablement mis à nu l'âme de ce câble (fig. 732).

Le fil d'alimentation particulier à chaque plot n'est autre chose qu'un fil de cuivre de 5 millimètres de diamètre isolé au caoutchouc et recouvert d'un guipage en coton. Ce fil de cuivre isolé est ensuite enfilé dans un tuyau métallique lui permettant de franchir l'espace compris entre le câble et le plot.

Ce tuyau métallique et le tuyau en poterie sont encastrés dans la plate-forme en béton de la chaussée.

Sur la plupart des voies Diatto construites à Paris, les plots sont con-

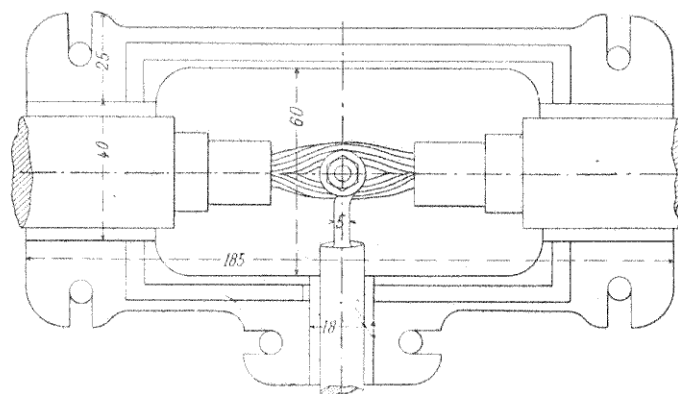


Fig. 732. — Boîte de tranchement pour les fils d'alimentation des plots.

solidés au moyen de deux entretoises de voie qui les touchent en avant et en arrière.

On avait estimé, tout d'abord, que ce mode de pose permettrait aux plots de mieux résister aux poussées des pavés de bois. La pratique ne semble pas avoir sanctionné cet emploi d'entretoises supplémentaires. Elles rendent, en effet, beaucoup plus faciles les courts-circuits entre le plot et les rails.

Dans le cas où, par suite de la présence de neige, il est nécessaire de répandre du sel sur la chaussée, les dérivations s'établissent alors beaucoup plus facilement entre le plot et le rail lui-même.

Dans le cas où la chaussée est pavée en bois, les plots sont simplement scellés à la partie supérieure de la plate-forme en béton.

Dans le cas d'un pavage en pierre, cette plate-forme en béton se trouve reportée plus bas en raison du matelas de sable qui doit la séparer des pavés. Il est alors nécessaire de faire reposer le plot sur un solin de béton; le scellement s'opère avec du ciment de Portland d'excellente qualité. Il est nécessaire, également, de faire reposer les

rails sur des solins en béton et de supprimer ainsi tout bourrage élastique.

Il est indispensable, en effet, que la différence de hauteur entre le sommet du plot et la table de roulement des rails soit toujours constante. A Paris, les ingénieurs de la Ville ont limité cette hauteur à 27 millimètres.

Dans le but d'obtenir, d'une manière exacte, cette surélévation du plot par rapport aux rails, on fait usage, pour la pose de ce dernier, d'un gabarit spécial.

Ce gabarit se compose d'une barre de fer portant à ses extrémités deux patins que l'on fait reposer sur les tables de roulement des rails. Les deux patins sont montés de telle sorte que la partie inférieure du milieu de la barre soit à la hauteur voulue pour que le contact s'exerce avec le tampon du plot lorsqu'il se trouve à 27 millimètres au-dessus des rails.

On ajoute parfois à ce gabarit des appendices permettant de régler le plot de façon que son axe soit bien vertical.

Les plots se placent à des intervalles de 5 mètres, mais lorsque le rayon des courbes s'abaisse au-dessous de 140 mètres il devient indispensable de les rapprocher.

Les intervalles adoptés sont alors les suivants :

De 140 à 100 mètres.	4 ^m ,50
De 100 à 50 —	3 ^m ,50
De 50 à 33 —	3 ^m ,50
De 33 à 20 —	2 ^m ,50
De 20 à 18 —	2 ^m ,00

Dans les aiguillages on est parfois conduit à placer deux plots l'un contre l'autre afin que les voitures puissent être alimentées sans interruption quelle que soit la voie qu'elles empruntent (fig. 733).

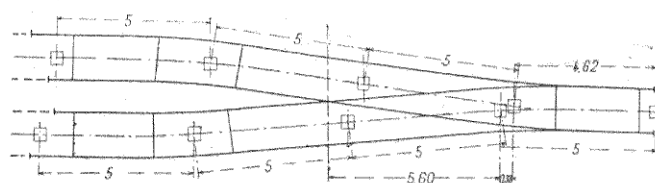


Fig. 733. — Disposition des plots dans un aiguillage.

En ce qui concerne les câbles d'alimentation, il est indispensable que leur visite ou leur remplacement puissent se faire sans bouleverser les chaussées. Les ingénieurs de la ville de Paris n'ont pas paru se rendre compte de cette nécessité, car ils ont exigé des divers concessionnaires

de lignes Diatto que tous les câbles d'alimentation fussent placés *au-dessous* de la plate-forme en béton des chaussées. Il en résulte, d'abord, que les réparations ou même les recherches des défauts d'isolement de ces câbles exigent la démolition complète d'une partie de la chaussée et, ensuite, que les câbles se trouvent placés, sur beaucoup de points, dans de véritables couches aquifères qui amèneront leur destruction dans un avenir plus ou moins éloigné.

Ces câbles ont été, en effet, disposés dans de simples rigoles, de 25 centimètres de largeur, creusées dans la terre. Ces rigoles ont été ensuite remplies de sable. On a coulé au-dessus de ce sable une bande de bitume afin d'avertir les ouvriers de la présence des câbles dans le cas où il serait nécessaire d'ouvrir une fouille dans la chaussée. La plate-forme en béton a été ensuite exécutée sur toute la surface de la chaussée.

Précautions à prendre dans les aiguillages et traversées. — Il y a lieu de prendre dans les aiguillages et dans les traversées les précautions qui sont communes à tous les systèmes à contacts superficiels sans exception.

Au début, la Compagnie Diatto avait voulu éviter de sectionner les rails rencontrés par les frotteurs. Elle avait, dans ce but, intercalé des résistances sur tous les fils d'alimentation des plots des aiguillages. Ces résistances étaient d'autant plus grandes que le plot était plus voisin du rail traversant la voie.

On espérait, de la sorte, supprimer les courts-circuits s'établissant par le frotteur entre les plots et les rails transversaux ou, plus exactement, atténuer ces courts-circuits au point d'empêcher le déclenchement des disjoncteurs de l'usine.

La pratique n'a pas justifié les prévisions de la compagnie Diatto et cela ne nous étonne nullement. Il était bien évident, en effet, que le courant trouvant deux chemins, l'un directement par le frotteur et l'autre par les moteurs, choisirait le plus facile. Il est arrivé, en effet, que les moteurs ne recevaient aucun courant tandis que les résistances des plots brûlaient les unes après les autres.

Il a donc fallu se résigner à sectionner les rails et à intercaler dans les joints des plaques de caoutchouc ayant environ 1 centimètre d'épaisseur.

Chaque rail traversant la voie est sectionné en quatre endroits de façon qu'il y ait deux points isolants consécutifs interposés entre le frotteur et les parties courantes de voie.

On est amené, par cette pratique, à avoir des coupons de rails de très petite longueur lorsque le rail sectionné est perpendiculaire à la voie. Ces coupons ont, en effet, 20 centimètres, à peine, de longueur.

L'éclissage de ces coupons entre eux n'est pas possible puisqu'ils doivent être isolés les uns des autres. On se trouve donc obligé de les tirefonner tant bien que mal sur des longrines en bois placées sous leurs patins.

A la longue et sous l'influence du passage de lourdes voitures, ces petits coupons perdent peu à peu leur stabilité. Ce mode d'opérer ne semble donc pas bien recommandable.

La Compagnie Diatto a l'intention d'essayer un nouveau dispositif dans lequel la coupure est maintenue franche sans interposition d'organes isolants. Les extrémités des rails sectionnés sont maintenus par des chaises en fonte constituant une sorte de petit caniveau au-dessous du joint. Il suffirait, alors, de faire tomber dans le caniveau la boue qui pourrait obstruer la rainure. Toutefois ce dispositif paraît bien coûteux.

Entretien des voies Diatto. — Le système Diatto nécessite un service d'entretien très sérieusement établi. Les récents accidents qui ont alarmé la population parisienne en sont la meilleure preuve.

Il est un fait certain que les plots restent parfois électrisés après le passage des voitures. Ce fait se renouvelle plus ou moins souvent, mais on n'est pas encore parvenu à le supprimer. Il faut donc que les plots soient inspectés d'une manière constante, afin qu'il soit possible de les réparer avant qu'ils n'aient causé des accidents.

Dans le système Diatto, comme dans tous les systèmes où chaque plot comporte un interrupteur, le danger provient des dérivations qui, pour une cause ou pour une autre, peuvent s'établir entre le plot et les rails au moment où le clou est attiré par le frotteur de la voiture.

Lorsque le clou retombe, cette dérivation persiste encore. Il en résulte que le courant absorbé par cette dérivation est coupé, à l'intérieur de l'appareil, entre les deux contacts en charbon. Il peut alors se former un arc entre ces deux contacts après que le clou est retombé. La production de cet arc est favorisée par ce fait qu'il se forme vase clos, c'est-à-dire dans des conditions particulièrement favorables à sa persistance.

On nous objectera que le frotteur de sécurité trainé par chaque voiture doit, dans ce cas, faire sauter le plomb fusible du plot. Il n'en est malheureusement pas toujours ainsi, car la grande résistance, que l'arc doit vaincre pour persister, limite le débit au point d'empêcher la fusion du plomb. D'ailleurs, le frotteur n'étant appliqué que pendant un temps très court ne suffit généralement pas pour provoquer la fusion du court-circuit.

On a même trouvé, dans ces derniers temps, que la présence de ce frotteur de sécurité était plus nuisible qu'utile, car il peut produire un court-circuit avec le rail avant que le clou ne soit complètement

retombé. On réalise donc ainsi accidentellement la dérivation qui est si nuisible à la conservation du plot Diatto.

A la suite de cette constatation, les frotteurs de sécurité ont été supprimés sur toutes les voitures circulant sur les voies Diatto. La pratique semble avoir sanctionné cette manière de faire, car les accidents ont diminué depuis la suppression de ce frotteur dit de sécurité.

Cela ne veut pas dire que le frotteur de sécurité soit inutile ou même dangereux dans tous les systèmes à contacts superficiels. Il y a, en effet, des systèmes où son emploi est indispensable ; tous les dispositifs basés sur l'emploi de distributeurs rentrent dans cette dernière catégorie.

Dans le système Diatto, le clou, qui est partiellement équilibré par le mercure, ne retombe pas avec une vitesse suffisante pour permettre l'emploi efficace de ce frotteur.

Un autre reproche que l'on peut adresser au système Diatto consiste dans le peu de distance existant entre les deux contacts en charbon après que le clou est retombé. Cette distance qui ne dépasse pas 8 à 10 millimètres n'est pas toujours suffisante pour que l'arc soit rompu. De plus, sous l'action des étincelles provenant des ruptures de courant à l'intérieur du plot, le charbon graphitique excessivement dur peut perdre sa consistance primitive. Il se forme des dépôts de noir de fumée qui diminuent encore cette distance déjà faible. Il peut se produire, également, des effritements de ces charbons pouvant amener un contact permanent.

Lorsqu'il se produit un arc à l'intérieur d'un appareil de plot, on peut considérer cet appareil comme étant absolument perdu. L'ambroïne constituant le corps de l'appareil se carbonise en dépit de toutes les précautions que l'on peut prendre pour la préserver. La Compagnie Diatto a essayé, dans ce but de placer, à l'intérieur de la cuvette contenant les contacts, une sorte de cylindre en toile d'amiante. Cette modification, qui est certainement une amélioration, ne supprime pas complètement le danger.

Comme on peut facilement s'en rendre compte, le clou retombe, pour ainsi dire, toujours à sa position de repos, mais cela ne signifie pas pour cela que le contact doive être rompu.

On nous objectera encore que la présence d'un frotteur de sécurité permettrait de rendre inoffensifs les plots dans lesquels un contact permanent s'est établi. Dans ce cas, comme dans celui de la formation d'un arc permanent, le plomb aurait les plus grandes chances de ne pas fondre parce que la résistance due au noir de fumée est considérable. Dans ce dernier cas on peut avoir 500 volts sur le tampon du plot, sans qu'une barre de fer mise à la fois en contact avec le plot et avec l'un des rails fasse sauter le plomb fusible.

La suppression du frotteur de sécurité s'imposait donc, à tous les points de vue, dans le système Diatto.

Nous avons vu précédemment que le mal provenait surtout des dérivations accidentelles qui peuvent s'établir entre le plot et les rails. A cet égard, le sel que l'on jette sur la chaussée pour faire fondre la neige a une influence absolument néfaste par suite de la conductibilité qu'il communique au sol. L'urine de cheval possède également, quoique à un degré moins élevé, les mêmes propriétés. Il y a donc grand intérêt à supprimer les entretoises de voies enserrant les plots, puisqu'elles facilitent ces dérivations.

Lorsque le sous-sol des rues, dans lesquelles sont établis les plots Diatto, est humide, les accidents sont beaucoup plus fréquents que lorsqu'on se trouve dans des conditions normales. Il y a lieu, dans ce cas particulier, de réaliser des dispositifs de drainage des plots qui peuvent entraîner des dépenses relativement considérables.

Essais des plots. — Il est indispensable de faire de fréquents essais



Fig. 734. — Essai des plots Diatto.

des plots afin de se rendre compte, en temps utile, des défauts qu'ils peuvent présenter.

Dans ce but, les Compagnies qui exploitent les lignes Diatto emploient une petite voiture à bras munie de tous les instruments de contrôle qui peuvent être nécessaires (fig. 734).

Cette petite voiture à bras contient :

1° Deux éléments d'accumulateurs permettant d'alimenter un électro-aimant enfermé à sa partie inférieure dans une monture en bois ;

2° Un voltmètre ;

3° Cinq lampes à incandescence, montées en série.

On commence par placer l'électro-aimant (privé de courant) sur le plot et on le met en communication directe avec le rail. Un voltmètre branché en dérivation sur le fil indique de suite si le plot est excité d'une manière permanente. Les cinq lampes à incandescence intercalées sur le fil remplissent le même but en s'allumant si le plot est électrisé. La première épreuve consiste donc à constater que le plot n'accuse aucune tension.

On intercale ensuite la petite batterie d'accumulateurs dans le circuit allant du plot au rail, de manière à exciter le plot, et on s'assure que le voltmètre indique bien le chiffre voulu et qu'il n'y a pas de résistances anormales à l'intérieur du plot. Si l'on coupe le courant des accumulateurs, les lampes doivent s'éteindre instantanément.

Lorsque cette constatation est faite, on peut passer au plot suivant.

On peut également installer sur la voiture à bras deux bobines d'induction reliées à un téléphone grâce auquel on pourra trouver les défauts d'un câble ou d'un fil de branchement.

L'installation du système Diatto revient à 35 000 francs par kilomètre de voie simple. Ce prix ne comprend cependant que la fourniture des plots et des appareils qu'ils contiennent.

Si l'on tient compte de la pose de ces plots et des sujétions qu'ils entraînent, de la fourniture et de la pose des deux câbles d'alimentation, des fils de branchement et des boîtes de jonction, ainsi que des dépenses supplémentaires causées par la coupure et l'isolement des rails traversant la voie, on peut estimer à 60 000 francs au moins le prix de revient de l'équipement d'une voie simple.

Ce prix ne comprend, bien entendu, ni la fourniture, ni la pose de la voie proprement dite ; les feeders à basse tension ne sont également pas compris dans ce prix.

Le prix d'une ligne Diatto à deux voies est un peu inférieur au double du prix d'une voie simple puisque les deux câbles d'alimentation sont communs aux deux voies.

Quant aux dépenses d'entretien elles sont considérables. Nous avons vu qu'il fallait remplacer tous les jours un certain nombre d'appareils de plots qui ont une assez grande valeur. De plus, les visites de plots exigent un personnel nombreux qui grève lourdement le budget des compagnies d'exploitation.

Le système Diatto a été assez violemment attaqué dans ces derniers temps. En plus des accidents provenant de plots électrisés, on a

reproché aux plots de se comporter fort mal sous l'influence de la circulation très intense qui existe dans une grande ville comme Paris.

L'asphalte du plot se creuse, en effet, rapidement autour du tampon métallique. Ce dernier arrive, au bout de peu de temps, à faire saillie de 4 ou 5 centimètres. Quelquefois, même, les ailettes noyées dans le plot deviennent visibles. La compagnie Diatto entretient ces plots en piochant leur surface sur quelques centimètres de profondeur et en comprimant de l'asphalte en poudre jusqu'à ce que le plot ait repris son aspect primitif.

Dans les rues les plus fréquentées, cette reconstitution de la surface du plot doit être faite assez souvent.

Cette reconstitution de la surface du plot est encore une charge très lourde que l'on doit ajouter aux dépenses d'exploitation que nous avons examinées plus haut.

Dernièrement, la compagnie Diatto a essayé de recouvrir la surface en asphalte du plot avec des carreaux fabriqués avec un produit industriel appelé pierre de verre. Cette pierre de verre joint à une très grande dureté des qualités isolantes toutes particulières. Jusqu'à présent, ces plots blindés paraissent s'être bien comportés, mais on ne peut pas encore se prononcer sur leurs qualités ou sur leurs défauts.

§ 2. — SYSTÈME DOLTER

De même que le système Diatto, le système Dolter comporte à l'intérieur de chaque plot un interrupteur qui est mis en mouvement par un barreau aimanté porté par la voiture.

Cet interrupteur est constitué par deux contacts en charbon, l'un fixe, l'autre mobile. Ce dernier est fixé sur un petit pendule qui est vertical dans sa position de repos. Un petit levier horizontal en fer doux, calé à angle droit sur le premier, est attiré par le frotteur de la voiture et provoque l'application des deux pastilles de charbon l'une contre l'autre. Dès que l'action du barreau aimanté a cessé, le contact mobile s'écarte du contact fixe par la simple action de la pesanteur.

Comme on peut le voir, le principe de cet appareil n'est pas nouveau ; il est identique à celui qu'Ayrton et Perry appliquèrent en 1883 dans leurs essais de traction par contacts superficiels. Tout le mérite du système Dolter réside donc dans les moyens employés pour rendre pratique l'idée d'Ayrton et Perry.

Description du plot. — Le plot Dolter ne comporte pas d'asphalte tout autour de la partie métallique balayée par les frotteurs. Le corps du plot est constitué par un manchon conique en fonte de faible hau-

teur que l'on peut obturer au moyen du tampon de prise de courant (fig. 735 et 736). Ce tampon est construit d'une manière toute spéciale. Il se compose d'une calotte en fonte antimagnétique contenant une forte proportion de silicium.

Dans cette calotte, on emboîte deux pièces en acier, en forme de demi-cercle, noyées dans une couche d'ambroïne. Ces deux demi-cercles se trouvent isolés l'un de l'autre par une faible épaisseur d'ambroïne.

Sur la partie inférieure de la calotte, on visse l'organe faisant office

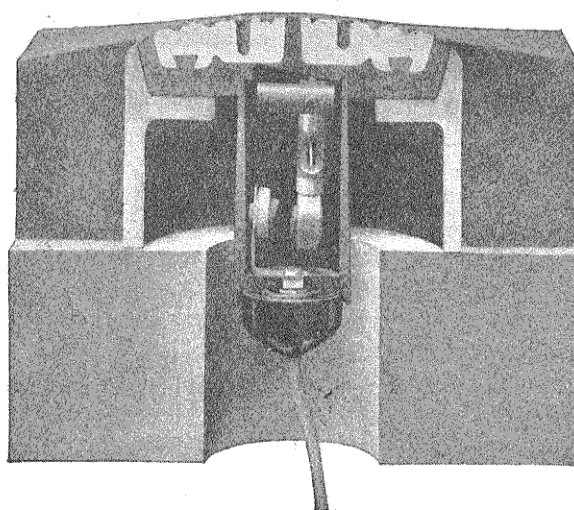


Fig. 735. — Plot Dolter primitif.

d'interrupteur (fig. 737). M. Dolter a baptisé cet organe du nom de *balance* en raison des deux leviers qu'il comporte. Cette balance est, bien entendu, en communication permanente avec l'un des demi-cercles en acier enchâssés sur le tampon du plot. Dans la calotte en fonte du tampon se trouve encastré un cylindre vertical en ambroïne ayant environ 20 centimètres de hauteur. Ce cylindre d'ambroïne renferme la balance ainsi que le contact fixe.

La balance est constituée par un petit barreau horizontal en fer doux sur lequel est vissé un petit cylindre vertical d'ambroïne. Ce cylindre d'ambroïne porte à sa partie inférieure un disque métallique sur lequel est fixée une pastille en charbon.

Cette balance est supportée, au moyen de deux tourillons, par une chape métallique vissée dans le tampon. Les trous de la chape ont un diamètre sensiblement supérieur à celui des tourillons afin qu'il n'y ait aucune gêne dans les mouvements de la balance. La pastille de char-

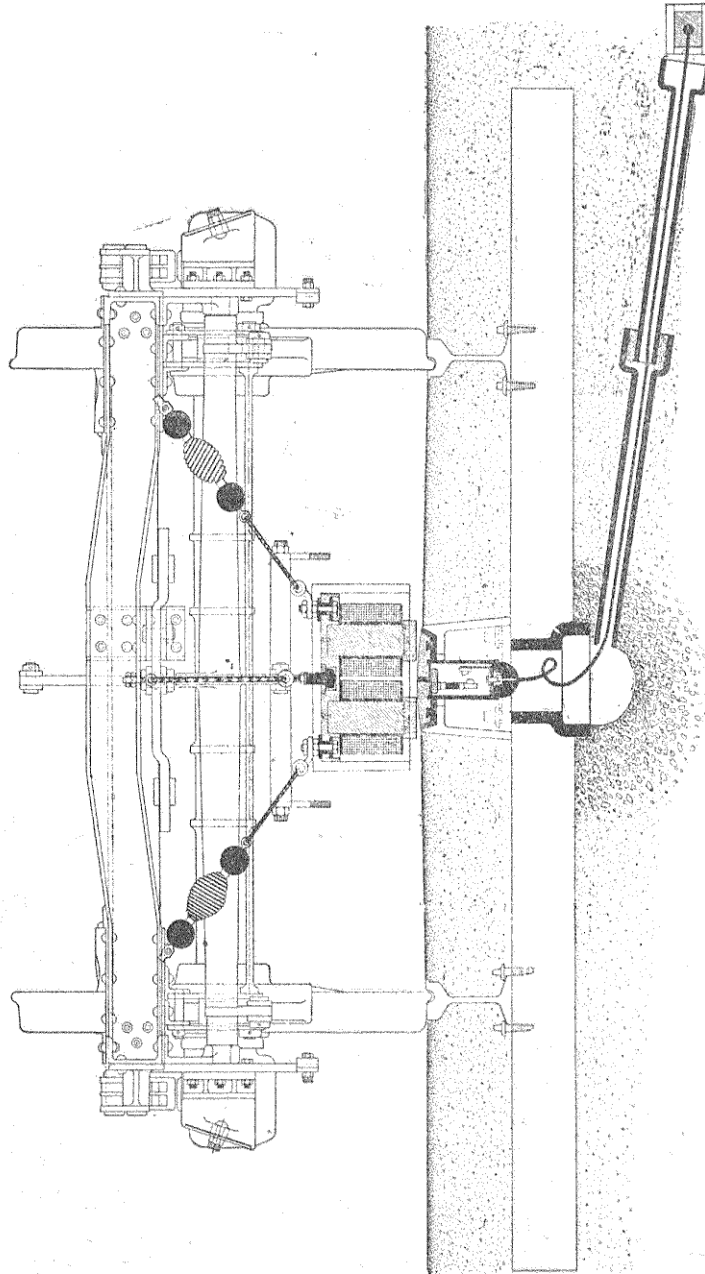


Fig. 736. — Coupe transversale de la voie Dolter primitive et du frotteur.

bon est réunie à la chape fixe par un fil flexible qui joue également le rôle de plomb fusible.

En face du contact mobile de la balance se trouve un contact fixe

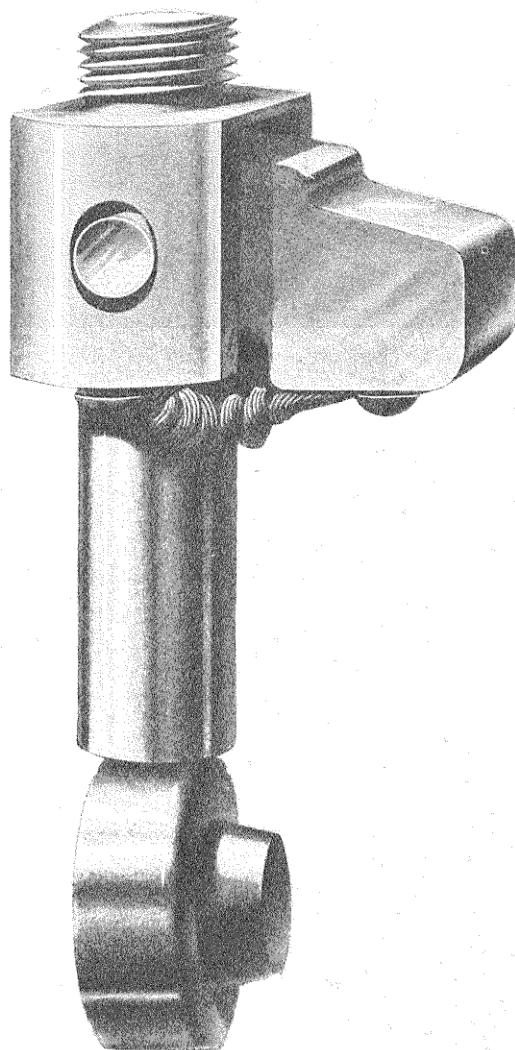


Fig. 737. — Balance de commutation du plot Dolter (grandeur naturelle).

(fig. 735 et 736) porté par un ressort vissé dans la pièce obstruant le fond du tuyau d'ambroïne.

Cette dernière pièce, également en ambroïne, a la forme d'une double cloche. Elle est remplie de vaseline et vient se visser sur le cylindre d'ambroïne.

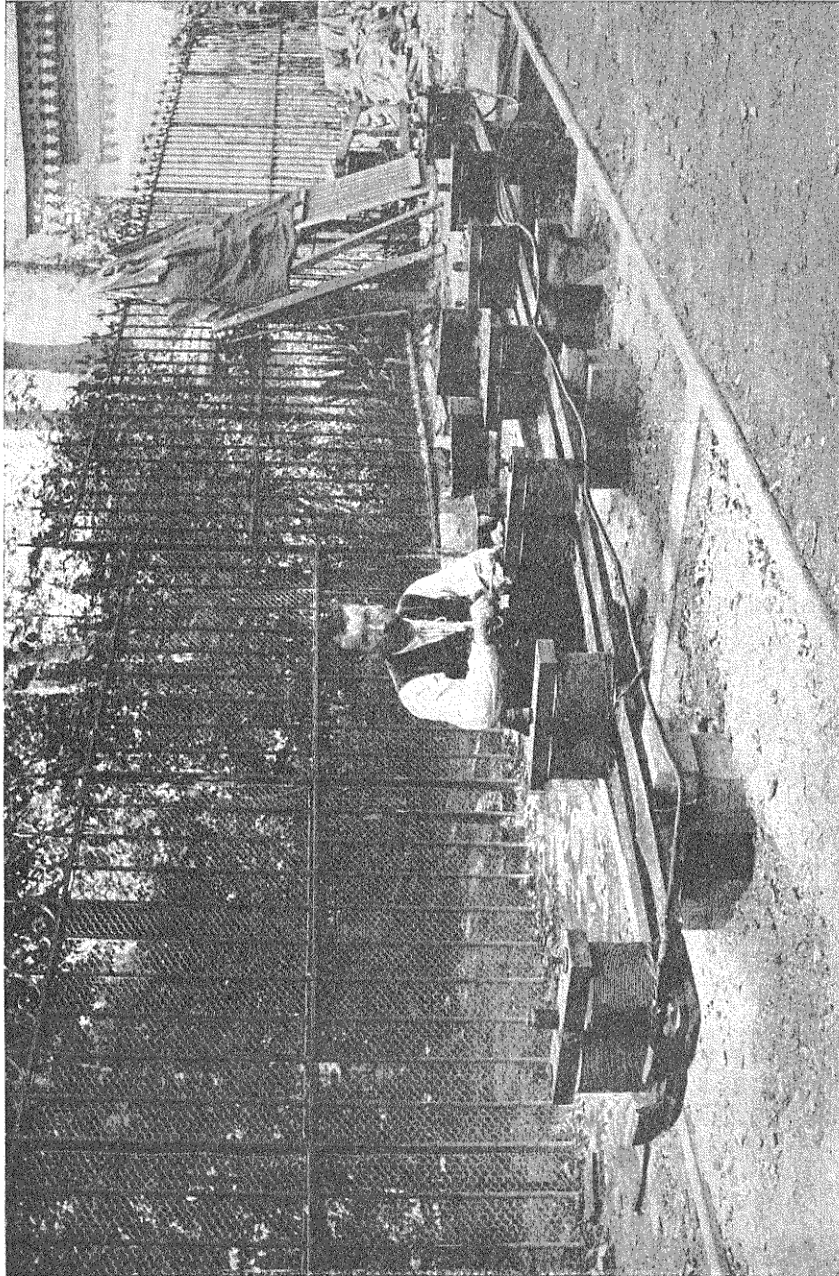


Fig. 738. — Frotteur Dolter (type primitif).

H. MARTIN, — Production de l'Énergie.

La monture métallique du plot vient se fixer sur une traverse supportant également les rails. On évite ainsi la possibilité d'un tassement du plot par rapport aux rails.

M. Dolter a modifié dernièrement la forme de ses pavés de contact. Le tampon de contact n'est plus circulaire mais rectangulaire, et les deux parties sur lesquelles s'exerce le frottement des deux barreaux, sont constituées par deux pièces amovibles en acier au nickel.

Le tampon du plot (fig. 739 et 741) est constitué par deux pièces magnétiques isolées par un corps antimagnétique (ferro-manganèse) qui en isole les deux parties au point de vue magnétique, mais non au point de vue électrique. L'entrefer entre le tampon du plot et la barrette en fer doux de la balance n'est que de 2 millimètres. Il en résulte qu'on peut obtenir une attraction rapide et énergique au moment du passage de la voiture. De plus, le contact entre les charbons est très bon, car la pression entre ces derniers est d'environ 10 kilogrammes, alors qu'elle ne dépasse pas 400 grammes dans les autres systèmes basés sur un principe analogue.

Tout l'appareil est noyé dans un bloc d'asphalte recouvert par le pavage de la voie.

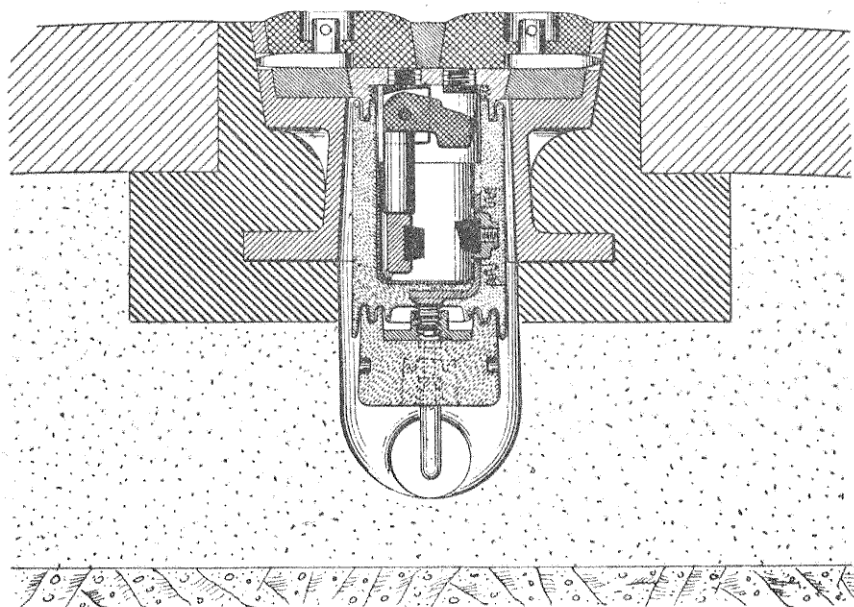
Les câbles d'alimentation des plots ont une longueur de 5^m,50 (fig. 742). Ils sont terminés, à chacune de leurs extrémités, par une prise de courant conique.

Le système d'alimentation des plots Dolter est assez ingénieux (fig. 742). Il consiste à relier les plots entre eux au moyen de fils isolés de 50 millimètres carrés passant dans des fourreaux situés dans l'axe de la voie. Les câbles d'alimentation des plots sont alors, pour ainsi dire, groupés en série. Ces plots en série sont alimentés tous les 100 mètres par une dérivation d'un câble longeant la voie. Grâce à ces dérivations, chaque plot peut être alimenté même dans le cas où il se présenterait une solution de continuité dans le circuit des plots en série. Chaque plot peut, en effet, être alimenté par l'une ou l'autre des dérivations entre lesquelles il se trouve placé.

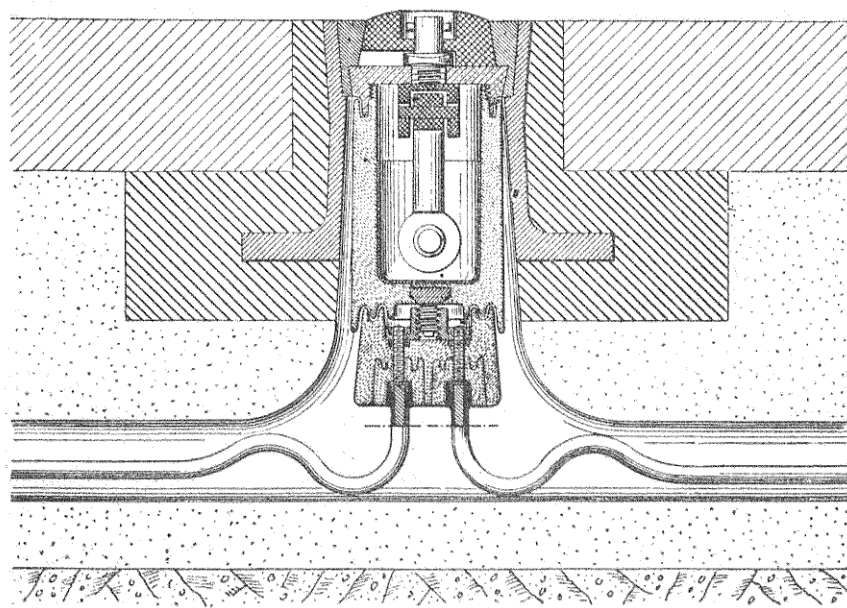
Le système Dolter a été expérimenté avec succès sur un tronçon de 700 mètres du chemin de fer du Bois de Boulogne. A la suite de ces essais, il a été décidé que les plots Dolter seraient substitués aux plots d'un autre système qui fonctionnent encore actuellement sur la ligne.

Le système Dolter paraît se comporter d'une manière satisfaisante dans le cas où il se produit une dérivation accidentelle entre les plots et les rails, par suite de la présence du sel sur la voie ou pour toute autre cause.

L'inventeur a essayé à plusieurs reprises d'établir une dérivation entre le tampon de contact et la terre par l'intermédiaire d'un groupe de cent lampes à incandescence convenablement connectées. Ces



Coupe perpendiculaire à l'axe de la voie.



Coupe suivant l'axe de la voie.

Fig. 739. — Coupes transversale et longitudinale du plot Dolter (nouveau modèle).

lampes s'allumaient au moment du passage de la voiture et s'éteignaient immédiatement après la cessation du contact du frotteur, bien que la rupture du courant de la dérivation ait dû se produire à l'intérieur du plot.

Cette opération répétée un grand nombre de fois ne paraissait pas avoir détérioré le plot.

Ce fait provient sans doute de la distance relativement grande (25 millimètres) existant entre les deux contacts en charbon dans la position de repos de la balance. Cette distance est au moins trois fois plus grande que celle qui existe entre les deux contacts coniques du plot Diatto.

L'éloignement des deux contacts de la balance du plot Dolter est également plus rapide que l'abaissement du clou Diatto qui est en partie équilibré par le mercure. Il en résulte que l'adoption du frotteur de sécurité ne présente pas d'inconvénients avec le plot Dolter; en effet, la balance est toujours à sa position de repos lorsque le frotteur de sécurité arrive au contact du plot.

M. Dolter donne une grande longueur à son frotteur de sécurité (fig. 740) afin de produire, d'une manière certaine, la fusion du coupe-circuit du plot dans le cas où ce dernier resterait électrisé. Le frotteur de sécurité est en communication permanente avec le châssis métallique de la voiture par l'intermédiaire d'une résistance limitant le court-circuit à 200 ampères. Cette résistance a pour but d'éviter le déclenchement du disjoncteur de la station centrale.

De plus, un solénoïde se trouve intercalé sur le fil mettant le frotteur en communication avec le châssis de la voiture. À l'intérieur de ce solénoïde se trouve un plongeur qui est attiré dans le cas où il se produit un court-circuit entre le plot et les rails. Ce plongeur, dans son mouvement vertical, ferme le circuit d'une sonnerie qui avertit le personnel de la voiture que le frotteur de sécurité vient de rencontrer un plot électrisé. Les employés peuvent alors s'assurer que le courant

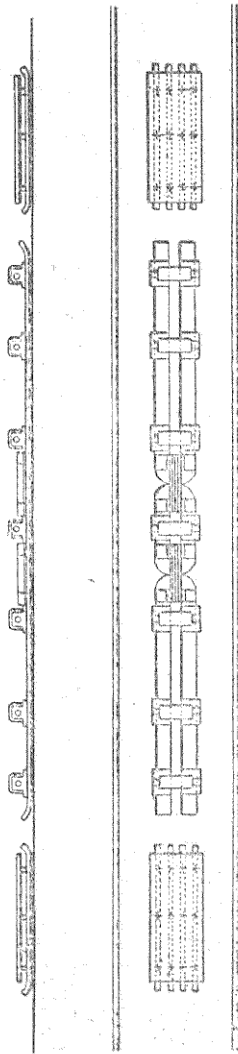


Fig. 740. — Frotteur Dolter (dernier type).

du plot a été supprimé par suite de la fusion de son coupe-circuit.

Le frotteur Dolter présente beaucoup d'analogie avec le frotteur Diatto, mais il ne comporte que deux barreaux au lieu de trois. Le

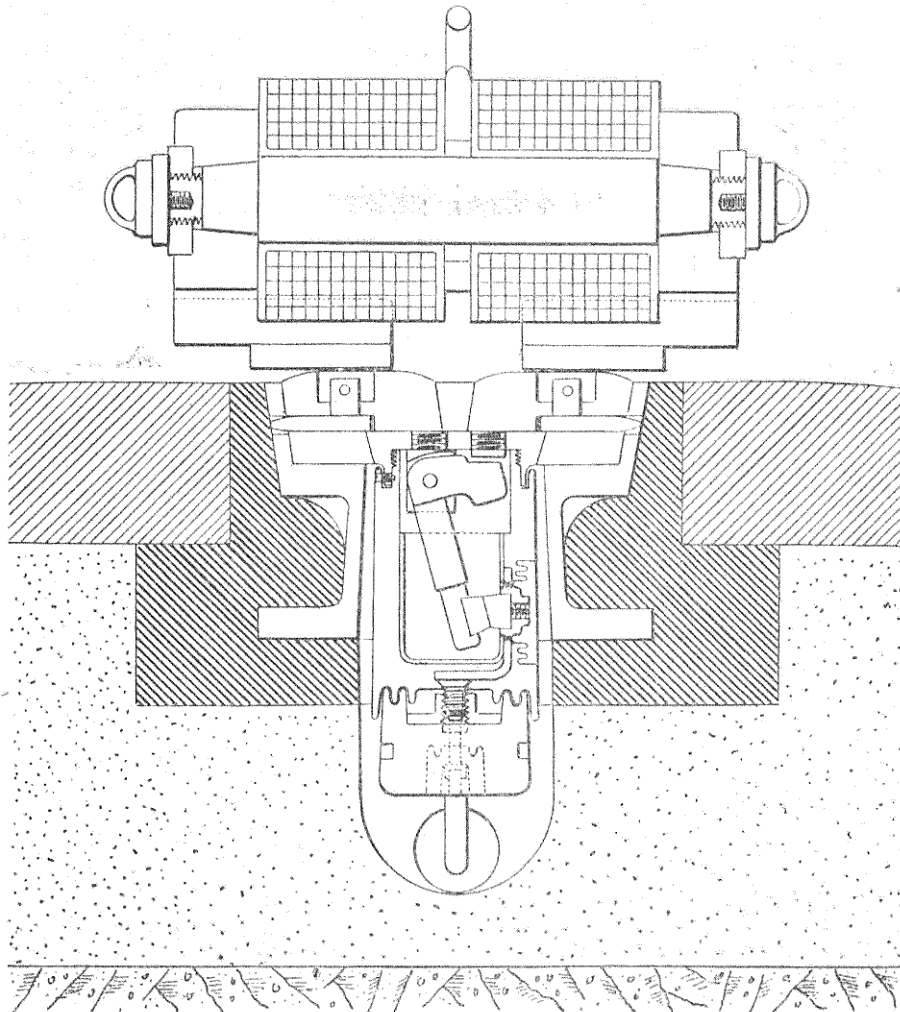


Fig. 741. — Coupe transversale du plot et du frotteur (nouveau modèle).

frotteur constitue donc un électro-aimant dont le pôle nord est l'un des barreaux, et le pôle sud l'autre barreau.

Dans les premiers modèles les bobines étaient verticales et établies au-dessus de chacun des barreaux (fig. 738). Dans le dernier type

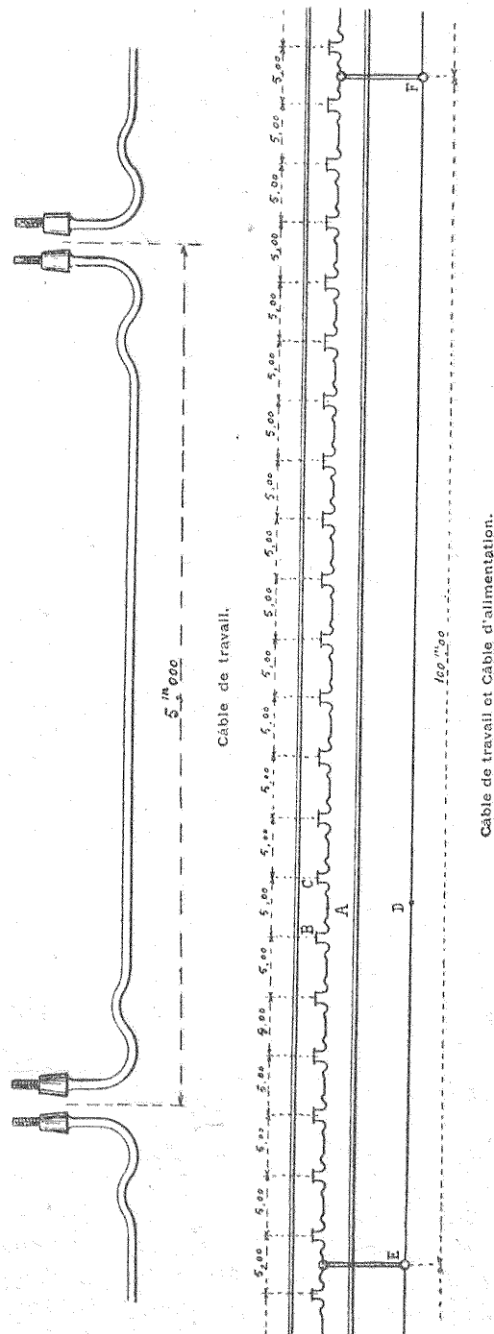


Fig. 742. — Dispositif d'alimentation des plots.

construit par M. Dolter les bobines sont dans le prolongement l'une de l'autre (fig. 740 et 741).

La longueur de ce frotteur est de 6 mètres, afin qu'il y ait toujours contact avec l'un des plots, la distance de ces derniers étant de 5 mètres.

L'excitation du frotteur est produite au moyen de quatre éléments d'accumulateurs¹ montés en dérivation sur les bobines groupées elles-mêmes en série. L'une des extrémités du fil de ces bobines est reliée à l'une des barres tandis que l'autre est fixée sur une borne du contrôleur de la voiture.

Le système Dolter paraît avoir donné de bons résultats au cours des essais qui ont été exécutés pendant un an sur la voie d'expériences de 700 mètres, équipée sur le chemin de fer du Bois de Boulogne. Il

¹ Nous avons vu précédemment que l'excitation du frotteur Diatto nécessitait une batterie de 8 éléments.

convient cependant de dire que cette voie établie en accotement n'a été soumise à aucune circulation charretière. Il sera donc très intéressant de connaître les résultats du système Dolter, lorsque ce dernier aura été établi sur des chaussées très fréquentées.

La régularité du service des voitures de tramways et l'absence complète d'accidents causés aux chevaux et aux passants pourront seules donner une sanction définitive aux expériences, d'ailleurs très encourageantes, qui ont été faites jusqu'à présent.

M. Dolter estime à 25 000 francs par kilomètre de voie simple, le prix d'établissement de son système. Cette somme comprend, outre les plots, le bénéfice des constructeurs, la fourniture et la pose des câbles d'alimentation ainsi que l'équipement spécial (frotteur, batterie, interrupteurs, etc.) d'une voiture par kilomètre.

CHAPITRE X

SYSTÈMES DE PRISE DE COURANT PAR CONTACTS SUPERFICIELS AU MOYEN D'UNE DOUBLE RANGÉE DE PLOTS

§ 1. — SYSTÈME POTTER

Dans les différents systèmes à plots indépendants que nous avons examinés jusqu'à présent, les mêmes pavés de contact sont utilisés pour la manœuvre magnétique de l'interrupteur qu'ils renferment et pour le passage du courant alimentant la voiture.

Les systèmes que nous allons examiner maintenant se différencient des précédents par le fait qu'ils comportent des plots d'excitation en communication constante avec les rails et n'ayant, par suite, à supporter qu'un très faible potentiel.

Le courant est fourni aux voitures par une seconde rangée de plots grâce à la fermeture d'interrupteurs provoquée par les plots d'excitation.

On n'a pas, avec ces systèmes, à redouter des fuites dangereuses pouvant actionner intempestivement les interrupteurs puisque les plots d'excitation ne sont qu'à un très faible potentiel.

Nous allons commencer l'étude des appareils de cette troisième classe par le système Potter que construit la compagnie Thomson-Houston.

Dans le système Potter, chaque plot d'excitation est relié au rail par l'intermédiaire d'un solénoïde pouvant attirer un noyau solidaire d'une barrette métallique, permettant de réunir trois contacts fixes (fig. 743).

Le contact central est en relation constante avec le câble d'alimentation. Les contacts latéraux sont reliés aux contacts de même nature de l'appareil voisin. Les fils établissant les communications sont en relation permanente avec le plot d'alimentation.

Chaque voiture porte deux frotteurs constitués par des fers à simple T dépourvus de bobines (fig. 746). Elle est également munie d'une petite batterie d'accumulateurs complétant le circuit entre le frotteur et les rails.

Sous l'influence de cette batterie, le noyau se trouve attiré par la bobine, ce qui a pour résultat de mettre en communication avec le câble d'alimentation le plot sur lequel se trouve le frotteur B et le plot qu'il rencontrera ensuite (fig. 743).

Le retour du courant s'effectue par l'intermédiaire du frotteur A, du

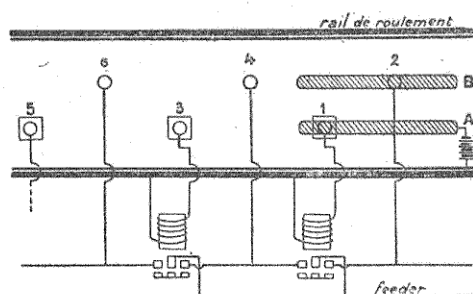


Fig. 743. — Schéma du système Potter.

plot d'excitation, de la bobine et des rails. Cette bobine étant traversée par le courant de retour, il en résulte que la batterie d'accumulateurs est inutile pendant que les moteurs sont alimentés.

Aussitôt que le frotteur A abandonne le plot d'excitation le noyau de la bobine retombe et coupe la communication du plot d'alimentation avec le feeder.

Grâce au mode de connexion des fils alimentant les plots principaux, les voitures ne sont jamais privées de courant. Les plots d'excitation sont, en effet, disposés en quinconce par rapport aux plots d'alimentation ; de plus chaque plot principal se trouve alimenté sans qu'il y ait interruption par deux appareils consécutifs.

Pavés de contact. — Les pavés de contact sont disposés en quinconces suivant deux séries parallèles disposées chacune à 30 centimètres du rail le plus voisin. Les pavés d'une même série sont placés à 3 mètres les uns des autres (fig. 744).

La pièce de contact elle-même a la forme d'un champignon ; la tige de ce champignon vient se visser dans un manchon en fonte.

A la base de ce manchon en fonte on visse l'extrémité du conducteur d'alimentation du plot.

L'ensemble de ce dispositif est enchâssé dans un pavé en bois encastré lui-même dans une boîte en fonte de faible hauteur (fig. 745).

Les plots de la série négative, ou à bas potentiel, sont constitués de la même manière avec cette différence que la boîte en fonte règne sur toute la hauteur du pavé de bois (fig. 745, à droite). Cette boîte en fonte,

qui sert alors d'écran électrique, est reliée aux rails par un conducteur en cuivre.

Les boîtes en fonte des séries positive et négative reposent chacune sur deux traverses auxquelles elles sont assemblées au moyen de tire-fonds.

On remarquera sur la figure 744 que les patins de fixation de ces

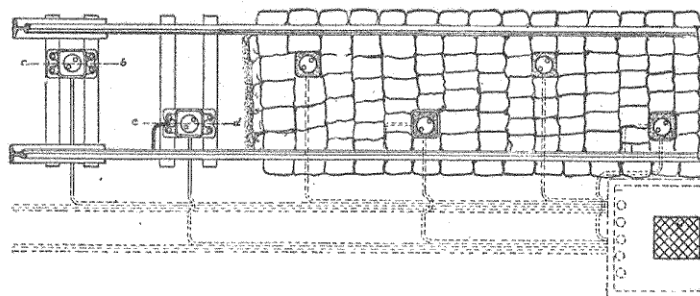


Fig. 744. — Disposition des plots sur une voie Potter.

boîtes en fonte sont disposés dans le sens de la longueur de la voie. Cette disposition est nécessaire pour les plots de la série positive afin d'augmenter la distance entre la partie métallique du pavé et le rail.

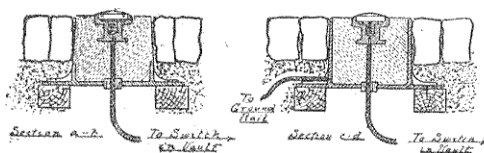


Fig. 745. — Coupes d'un plot d'alimentation et d'un plot d'excitation.

Cette augmentation de distance a pour résultat de diminuer les pertes pouvant se produire par dérivation.

Les champignons des pavés dépassent le niveau du sol de 14 millimètres seulement.

Fosses. — En indiquant le principe du système Potter nous avons dit que chaque plot comportait un commutateur spécial. En réalité, ces commutateurs ne sont pas logés auprès des plots auxquels ils sont affectés. On concentre dans une même fosse les commutateurs de 40 à 50 plots. On rend ainsi la visite de ces appareils plus facile tout en diminuant les frais d'établissement. De plus, les fosses étant placées sous les trottoirs, il est plus facile de les maintenir en bon état.

Les fosses des tramways de Monaco ont 2^m,60 de longueur, 1^m,60 de

largeur et 2^m,10 de profondeur. Elles renferment 22 commutateurs disposés, suivant deux rangées horizontales, sur trois des parois verticales. La quatrième paroi reste libre de manière à rendre possible la descente dans la fosse pour la visite des appareils.

Les commutateurs sont placés sur des planches en pitchpin créosoté maintenues par des cornières scellées dans la paroi de la fosse qui est elle-même recouverte d'un enduit de ciment.

A la partie supérieure de la fosse et au niveau du trottoir la fermeture est obtenue au moyen d'un tampon métallique. Au-dessous de ce tampon se trouve une autre plaque, serrée fortement par des boulons, qui forme un joint hermétique empêchant l'introduction de l'eau.

Commutateurs — Les commutateurs se composent d'une bobine dans laquelle peut se déplacer une tige en fer doux dont le mouvement se communique à une plaque de fer.

Cette plaque porte trois contacts en charbon réunis électriquement par la plaque elle-même. Lorsque l'armature est soulevée ces charbons viennent coïncider avec trois contacts en cuivre placés sous la bobine qui, eux, sont isolés les uns des autres.

Nous avons indiqué, en exposant le principe du système, le mode de connexion de ces différents contacts.

Chaque commutateur est muni d'un souffleur magnétique qui empêche tout arc de se produire lorsque la plaque de fer, en retombant, coupe le courant.

Frotteurs. — Les deux frotteurs (fig. 746) sont placés côte à côte,

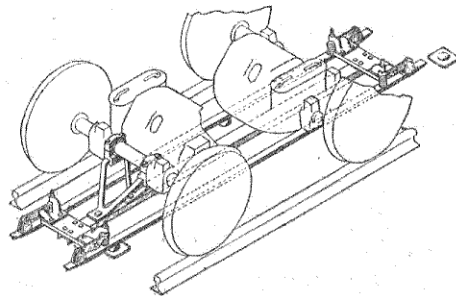


Fig. 746. — Frotteur Potter.

tout en étant parfaitement isolés l'un par rapport à l'autre. Ils sont constitués par des fers à simple T; le contact s'établit par l'aile verticale du T. Les deux frotteurs sont réunis à deux entretoises isolantes par l'intermédiaire de leviers à ressorts réglables permettant d'obtenir une pression suffisante entre les plots et les frotteurs pour que

ces derniers ne traînent pas sur le sol en faisant un bruit désagréable.

Les supports des frotteurs prennent appui directement sur les essieux de la voiture au moyen de paliers à coussinets.

Batterie. — La batterie d'accumulateurs d'une capacité de 50 ampères-heure comporte 10 éléments. Cette batterie n'est utilisée qu'au moment du démarrage. Dans le but de simplifier la tâche du wattman, l'interrupteur de cette batterie a été placé dans le contrôleur lui-même. Cet interrupteur n'est fermé que lorsque la manette du contrôleur est sur le premier cran. Dans la position d'arrêt et sur tous les autres crans la batterie d'accumulateurs ne se décharge pas.

Pendant la nuit, il est indispensable de laisser la batterie constamment en circuit afin que les lampes restent allumées pendant les arrêts. Cette manœuvre s'effectue au moyen d'un interrupteur spécial.

Le système Potter a l'avantage de donner de sérieuses garanties de sécurité par suite des deux séries de plots qu'il comporte. Par contre, il semble difficile que ce système soit admis dans une grande ville par le fait même de la multiplication des plots et de leur disposition en quinconces.

Quoi qu'il en soit, ce système fonctionne à Monaco d'une manière satisfaisante depuis l'année 1897. Il est juste, cependant, d'ajouter que la circulation des véhicules sur la voie est assez peu intense ; il serait donc souhaitable que l'on mette à l'épreuve dans une grande ville ce système de distribution, afin qu'il soit possible de se prononcer d'une manière certaine sur ses qualités et ses défauts.

§ 2. — SYSTÈME WESTINGHOUSE

Le système Westinghouse, de même que le système Potter, comporte le double contact. Par contre, les plots d'excitation et d'alimentation se trouvent disposés deux par deux sur une même ligne perpendiculaire à la voie, au lieu d'être disposés en quinconces. Le retour du courant se fait directement par les rails au lieu de se faire par l'intermédiaire du plot d'excitation.

Chaque paire de plots comporte un commutateur disposé différemment suivant qu'il s'agit d'une voie ferrée ordinaire ou d'une voie de tramway sur chaussée.

Dans le premier cas, la boîte contenant le commutateur se trouve intercalée entre les deux plots de contact. Dans le second cas, au contraire, cette boîte se trouve reportée à l'extérieur de la voie.

Le pavé d'excitation 1 est relié aux rails d'une manière permanente par l'intermédiaire d'un solénoïde H (fig. 747).

Ce solénoïde renferme un noyau *S* solidaire d'une plaquette *p* portant deux contacts et établissant la communication du câble d'alimentation avec le rail par l'intermédiaire d'un autre solénoïde *I* placé au-dessous du premier et entourant également le noyau *S*.

Chaque paire de plots est équipée de la même façon; il est indispen-

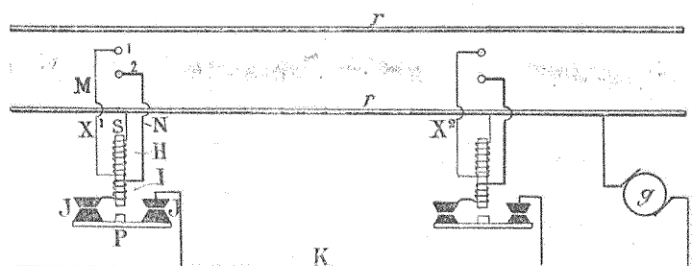


Fig. 747. — Schéma des connexions de la voie Westinghouse.

sable, pour le fonctionnement du système, que la distance entre deux paires de plots consécutives soit inférieure à la longueur du frotteur.

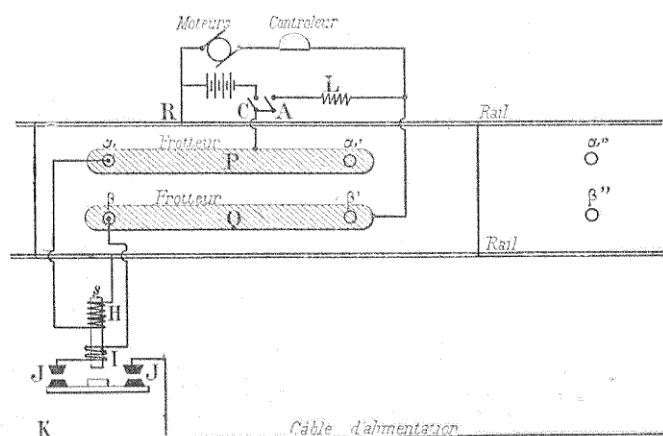


Fig. 748. — Ensemble des circuits de la voie et de la voiture.

Ces indications préliminaires étant données, examinons maintenant le fonctionnement de ce système de prise de courant.

Le démarrage de la voiture est obtenu au moyen d'une batterie d'accumulateurs de six éléments. Cette batterie est intercalée entre le frotteur d'excitation et les rails en fermant l'interrupteur *C* (fig. 748). Le circuit du solénoïde *H* se trouve alors fermé et, le noyau en fer doux

étant attiré par ce dernier, il en résulte que le frotteur d'alimentation Q est mis en relation avec le câble d'alimentation R.

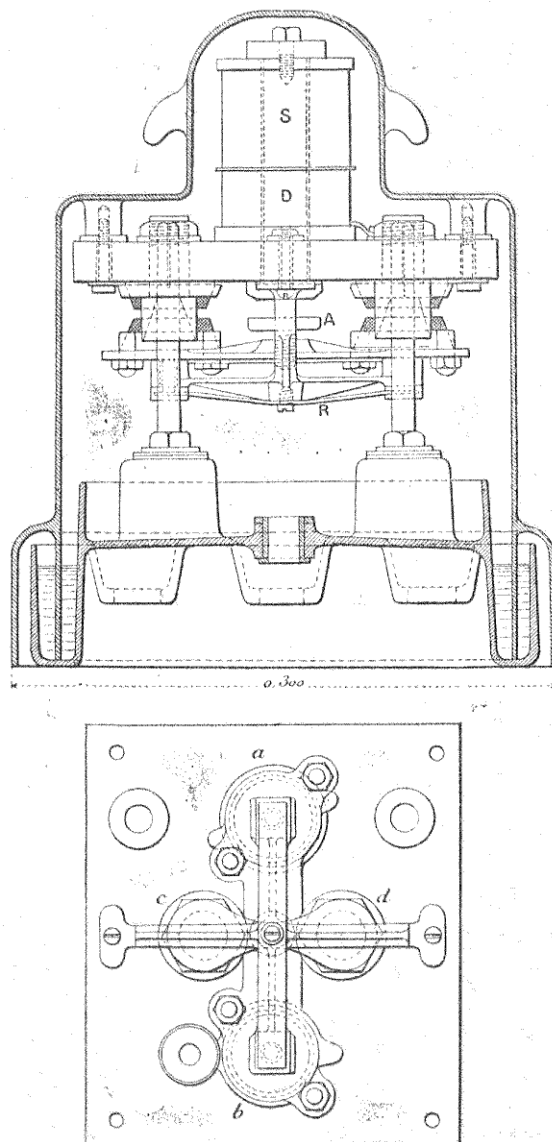


Fig. 749. — Coupe et plan d'un commutateur.

Le courant se rend alors au contrôleur puis aux moteurs et rejoint enfin les rails en K.

A partir de ce moment la batterie devient inutile pour alimenter le frotteur P ; on ouvre donc l'interrupteur C. Le courant nécessaire est fourni par une dérivation du courant principal obtenue en fermant l'interrupteur A ; cet interrupteur met en communication avec le frotteur P une dérivation du courant principal constituée généralement par des lampes.

Les frotteurs ayant une longueur commune supérieure à l'intervalle des paires de plots, il en résulte que le plot β' sera en communication avec le câble K avant que le plot β ne soit privé de courant.

Toutes les fois que le contrôleur a été fermé complètement, il faut remettre en circuit la batterie en fermant C et en ouvrant A. Cette manœuvre se fait automatiquement en manœuvrant la manette du contrôleur.

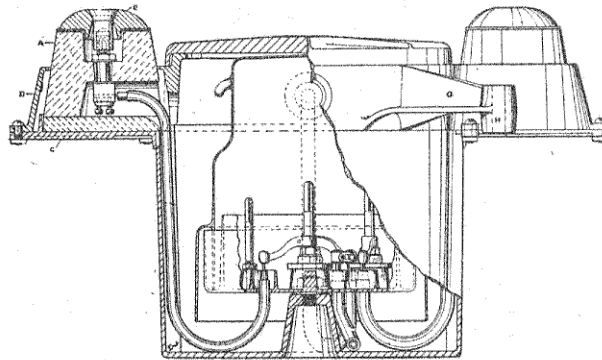


Fig. 750. — Coupe des 2 plots et de leur commutateur.

Il est à remarquer que la totalité du courant, qui se rend du feeder à la voiture à travers les contacts JJ passe dans la bobine I et tient l'interrupteur solidement fermé de manière à empêcher son ouverture, même si le circuit de la bobine H se trouvait interrompu.

Lorsqu'on veut recharger la batterie d'accumulateurs, il suffit de maintenir les interrupteurs A et B fermés pendant la marche.

Commutateurs et plots. — Dans le cas où il s'agit d'une voie de chemins de fer posée sur traverses, le commutateur se trouve renfermé dans une boîte en fonte comprise entre les deux plots (fig. 750).

Le commutateur contenu dans cette boîte est des plus simples, car il ne comporte ni ressorts ni leviers.

Les deux solénoïdes superposés sont entièrement recouverts par une cloche (fig. 749).

A l'intérieur de ces solénoïdes se trouve un noyau de fer doux fixé à sa partie inférieure au milieu d'une traverse horizontale et guidé

par deux tiges verticales qui s'opposent à tout mouvement de rotation (fig. 739, 741 et 742).

D'autre part, les solénoïdes reposent sur une plaque de marbre portant sur sa surface inférieure deux contacts en charbon correspondant aux deux contacts de la traverse mobile (fig. 752).

L'ensemble de l'appareil est vissé à l'intérieur d'une cloche à oreilles pourvue à sa base d'un joint à rainure annulaire s'opposant à l'envahissement de l'appareil par l'humidité (fig. 749 et 753).

Le fonctionnement de ce commutateur s'explique de lui-même.

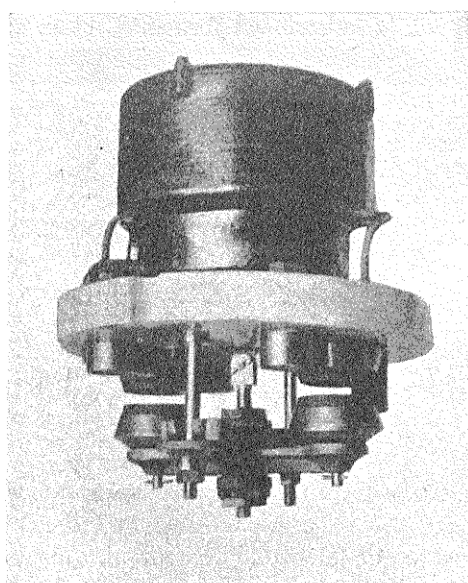


Fig. 751. — Vue d'un commutateur.

Lorsque le noyau est attiré par les solénoïdes, les contacts de la traverse mobile viennent s'appliquer contre les contacts fixes de la plaque de marbre.

Lorsque le courant cesse de parcourir les bobines, la traverse horizontale retombe à sa position de repos par la simple action de la pesanteur.

Le changement des commutateurs est des plus faciles, car les contacts des quatre fils d'alimentation s'établissent au moyen de douilles à ressorts (fig. 753). Il suffit d'enfoncer à la fois ces quatre douilles à ressorts sur les quatre tiges de la partie fixe de l'appareil.

Les pièces de contact des plots sont constituées par des calottes en fonte ayant environ 12 centimètres de diamètre (fig. 750). Ces calottes

de fonte sont vissées sur des troncs de cônes en matière isolante englobés, à leur partie inférieure, dans des supports métalliques soli-

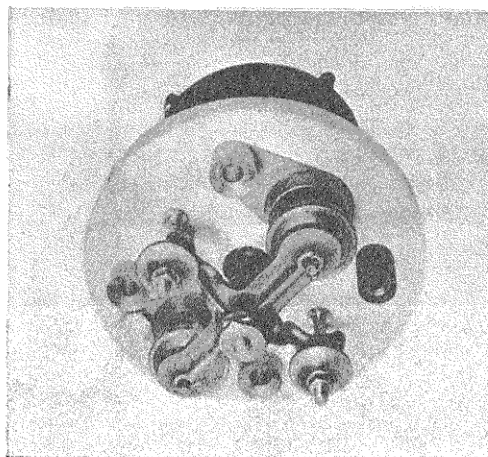


Fig. 752. — Commutateur vu de dessous.

dares de la boîte du commutateur. Ces supports, ainsi que la boîte du commutateur, sont simplement vissés sur deux traverses (fig. 755).

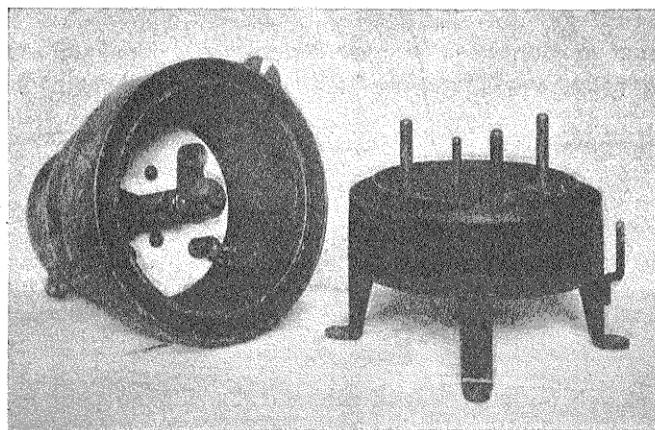


Fig. 753. — Mode de connexion du commutateur avec son bâti.

Les boîtes des commutateurs sont reliées entre elles par un tuyau en fer de 35 millimètres de diamètre à l'intérieur duquel se trouve placé le câble d'alimentation (fig. 756).

Frotteurs. — Les frotteurs sont constitués par des fers à simple T recourbés légèrement vers le haut à leurs extrémités, afin qu'il n'y ait pas de chocs au contact des plots.

L'installation de ces frotteurs sur la voiture est analogue à celle des frotteurs Potter que nous avons décrite précédemment.

La compagnie Westinghouse a également prévu le cas où le retour

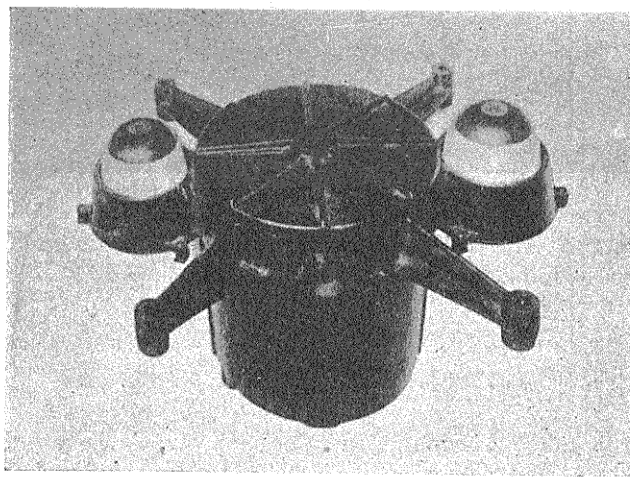


Fig. 754. — Ensemble des plots et de leur commutateur.

du courant ne pourrait se faire par les rails. Les commutateurs sont alors en relation avec trois plots au lieu de deux, ce qui comporte natu-

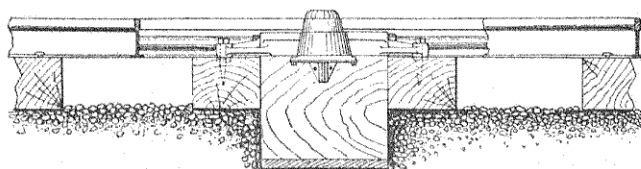


Fig. 755. — Coupe longitudinale d'une voie de chemin de fer par équipée avec le système Westinghouse.

rellement trois frotteurs et deux câbles d'alimentation pour les plots (fig. 757). Il en résulte naturellement une complication qui n'est pas à conseiller,

Cas des voies de tramways. — Dans le cas où l'on a à installer le système Westinghouse sur une voie de tramway, les boîtes contenant les commutateurs sont reportées sur le côté de la voie, lorsqu'il s'ag

d'une voie unique, ou dans l'entrevoie s'il s'agit d'une ligne à voie double (fig. 758-761).

Il semble même préférable, dans les deux cas, d'installer les boîtes

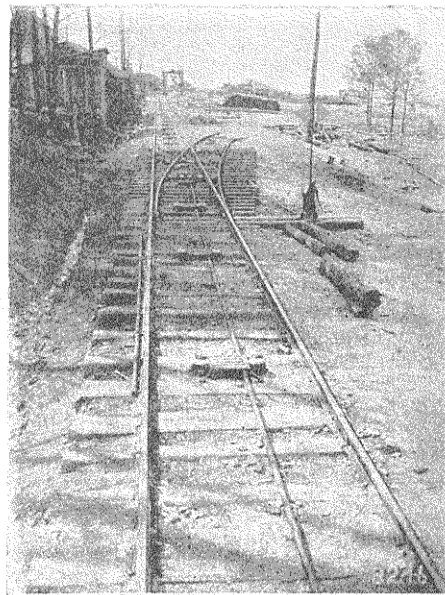


Fig. 756. — Voie de chemin de fer équipée avec le système Westinghouse.

sous les trottoirs, car il devient alors beaucoup plus facile de les entretenir en bon état.

Les plots pour voies de tramways sont construits à peu près comme

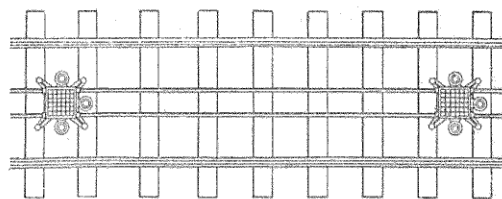


Fig. 757. — Plan d'une voie Westinghouse sans retour par les rails.

ceux que nous avons déjà décrits à propos des voies de chemins de fer.

Ils se composent d'un bouton métallique enchâssé dans un bloc de matière isolante maintenu à sa base par une cuvette en fonte (fig. 764

et 765). Ces cuvettes en fonte sont, dans ce cas, solidement boulonnées sur les traverses métalliques et supportent les rails du type Broca.

Les conducteurs sont disposés à l'intérieur de fourreaux métalliques dans l'intervalle compris entre les boîtes de commutateurs et les plots (fig. 759-761).

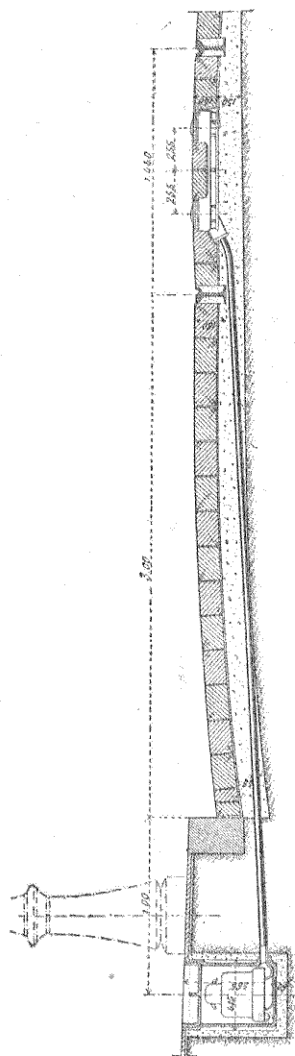


Fig. 758. — Coupe d'une voie de tramways et disposition du commutateur.

Système Westinghouse à une seule rangée de plots. — On a reproché, non sans raison, au système Westinghouse de comporter deux rangées de plots, ce qui constitue une disposition gênante pour la circulation. La répartition de ces plots sur deux rangées distinctes n'est pas absolument indispensable. On peut les disposer sur une seule file (fig. 763); il en résulte seulement une plus grande complication de l'équipement électrique des voitures.

Dans le système Westinghouse modifié, il y a toujours deux catégories distinctes de plots : les plots d'excitation et les plots d'alimentation. Les plots de ces deux catégories sont disposés l'un à côté de l'autre le long de l'axe de la voie au lieu d'être placés suivant une ligne perpendiculaire à cette dernière.

La conséquence de cette disposition, c'est qu'il n'y a plus qu'un seul frotteur. Il devient donc nécessaire que le courant d'excitation soit le même que le courant principal, c'est-à-dire qu'il ait une tension de 500 volts.

Ce résultat est obtenu en employant un petit transformateur rotatif transformant le courant à 12 volts d'une petite batterie d'accumulateurs en courant de 500 volts (fig. 762).

En fermant les interrupteurs A et B, le transformateur se met en mouvement et produit du courant qui parcourt un circuit fermé constitué par les rails, par la bobine du plot α et par le frotteur.

Le noyau des solénoïdes est alors soulevé, ce qui produit la ferme-

ture des contacts JJ et la mise en communication du trotteur avec le câble d'alimentation K.

Le transformateur rotatif devient alors inutile et on peut interrompre son fonctionnement en ouvrant les interrupteurs A et B.

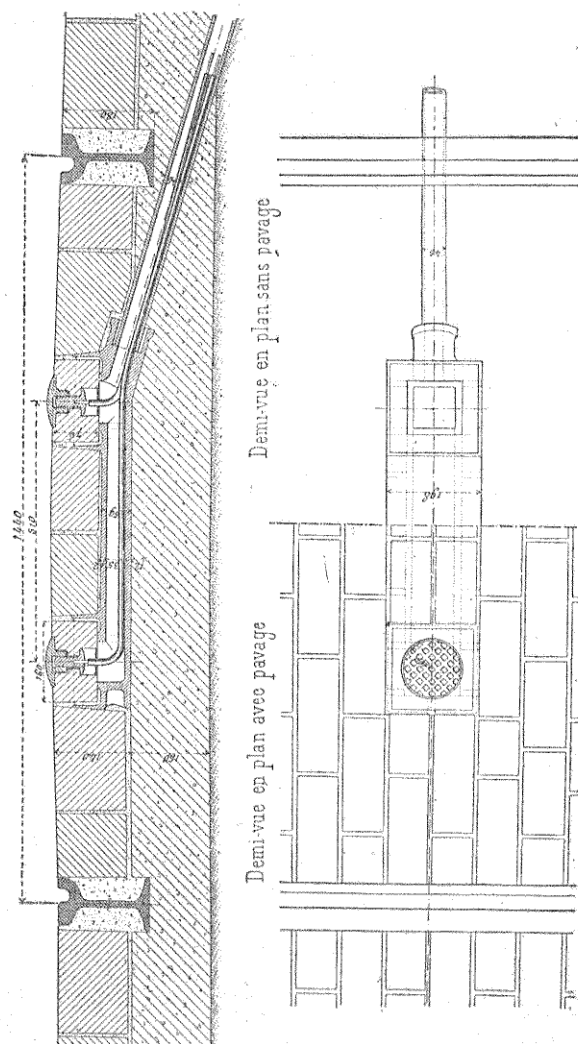


Fig. 759 et 760. — Coupe et plan d'une voie de tramways sur une chaussée.

Toutes les fois qu'il y a eu suppression du courant d'alimentation, il est nécessaire de faire fonctionner de nouveau le transformateur.

La manœuvre des interrupteurs A et B se fait automatiquement en tournant la manette du contrôleur.

Dans le cas où les pavés de contact sont exposés à être recouverts

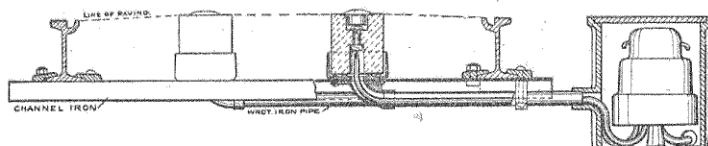


Fig. 761. — Coupe d'une voie de tramways. (Dernière disposition).

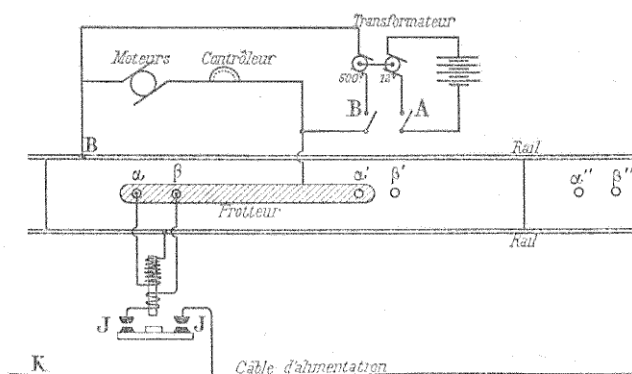


Fig. 762. — Ensemble des circuits de la voie et de la voiture dans le cas où les plots sont disposés sur une seule rangée.

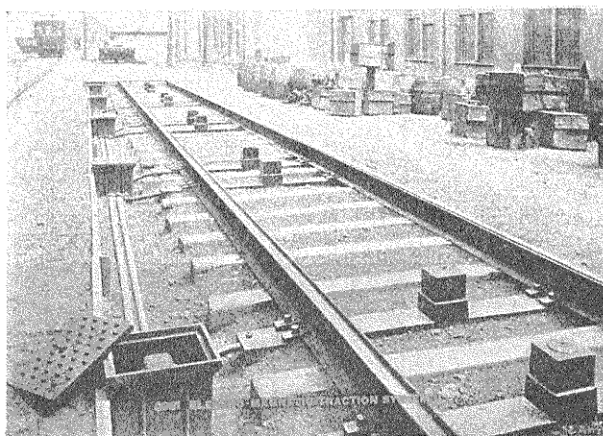


Fig. 763. — Vue d'une voie de tramways équipée avec des plots Westinghouse disposés sur une seule rangée.

de boue ou de neige, l'excitation sous une haute tension est recommandable, même lorsque les plots sont disposés sur deux rangées.

Le système Westinghouse a été appliqué sur une ligne de 5 kilomètres, environ, desservant le polygone de la marine des Etats-Unis situé à Indian Head, sur le Potomac.

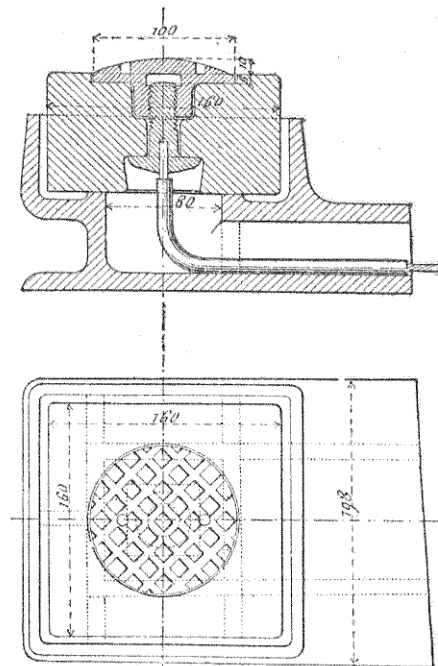


Fig. 764 et 765. — Coupe et plan d'un plot pour tramways sur chaussée.

Ce système a également fonctionné pendant deux ans sur une ligne de tramways de Washington.

Enfin, depuis 1895 les ateliers de la Compagnie Westinghouse, à Pittsburg (Pennsylvanie), sont desservis par des voies ferrées pourvues du même système de prise de courant.

§ 3. — SYSTÈME STOBRAWA

Le système Stobrawa, qui est préconisé en ce moment par la Société Hélios de Cologne, comporte une double rangée de plots. Les plots d'excitation sont constamment alimentés par une batterie d'accumulateurs et le retour du courant principal s'effectue par les rails.

Les appareils d'alimentation des plots sont concentrés par groupes de 6 à 10 dans des cuves en fonte réparties le long de la voie.

Chaque commutateur se compose d'une bobine intercalée entre le

plot d'excitation M_0 et le plot d'alimentation M_1 (fig. 766). A l'intérieur de cette bobine se trouve un noyau relié d'une manière permanente au plot d'alimentation. Ce noyau, lorsqu'il est attiré par la bobine, peut

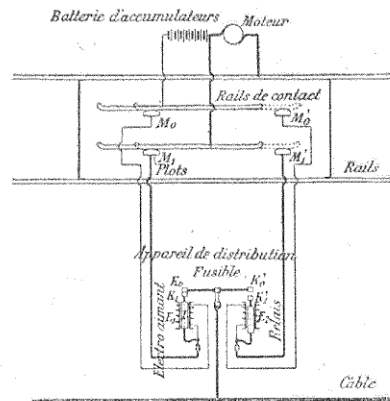


Fig. 766. — Schéma du système Stobrawa.

venir en contact avec une pièce fixe reliée d'une manière permanente au câble alimentant les différents groupes d'appareils.

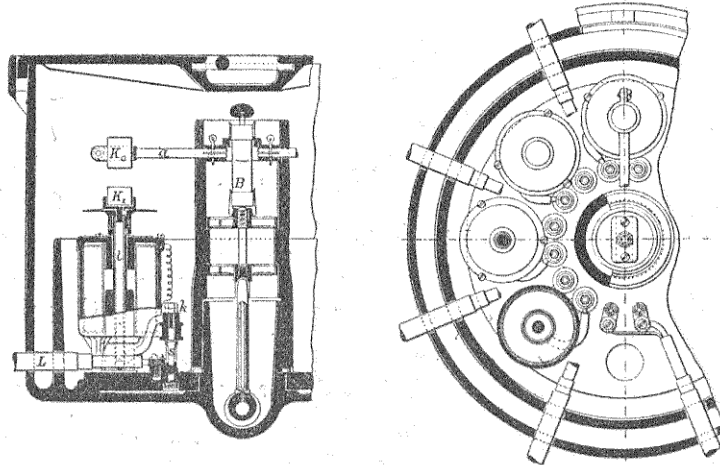


Fig. 767 et 768. — Coupes verticale et horizontale d'une cuve contenant les commutateurs Stobrawa.

Dans la position de repos du noyau le circuit d'excitation de la bobine part du plot d'excitation M_0 pour aboutir au plot d'alimentation M_1 . En intercalant une batterie d'accumulateurs entre les deux

frotteurs, on provoque le soulèvement du noyau et par suite la mise en relation du plot M_1 avec le câble d'alimentation.

Le courant à 500 volts se rend alors aux moteurs par l'intermédiaire du frotteur en contact avec le plot d'alimentation, puis aux rails de la voie.

En raison de la grande résistance de la bobine, qui est uniquement

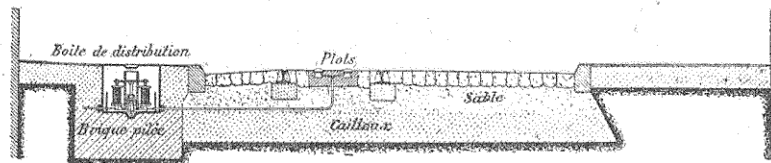


Fig. 769. — Coupe transversale de la voie au droit d'une cuve.

composée de fil fin, il n'y a qu'une très petite fraction de courant principal qui puisse la traverser. Cette très petite fraction du courant principal, qui passe à travers la batterie contribue à la charger, mais cette charge peut être considérée comme étant pratiquement insignifiante.

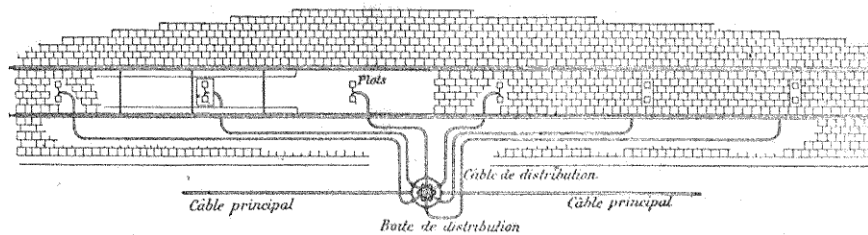


Fig. 770. — Plan de la voie. Ensemble des plots desservis par une même cuve.

Il est donc nécessaire de remplacer ou de recharger la batterie de temps en temps.

Lorsque les frotteurs arrivent au contact de la paire suivante de plots M_0 et M_1 les mêmes phénomènes se reproduisent avec un autre appareil distributeur.

La longueur des frotteurs étant plus grande que l'intervalle des plots il en résulte qu'il n'y a jamais interruption de courant dans les moteurs.

Commutateurs. — Les commutateurs employés dans le système Stobrawa ne sont, en somme, pas autre chose que des relais. Les bobines renfermées dans les cuves sont au nombre de 6 à 10 (fig. 771 et 772). Ces bobines, qui sont entièrement cuirassées, sont disposées tout autour de la paroi circulaire de la cuve. A l'intérieur de chaque bobine

se trouve un plongeur en fer doux sur lequel se trouve fixée une tige de cuivre l portant un contact en charbon K_1 à son extrémité (fig. 767 et 768). La partie inférieure du plongeur se trouve reliée à la borne k au moyen d'un câble souple.

Cette borne k est elle-même en relation permanente avec un câble L aboutissant à un plot.

Au-dessus des contacts k_1 se trouvent un même nombre de contacts fixes k_0 fixés à l'extrémité du bras tout autour d'un cylindre vertical

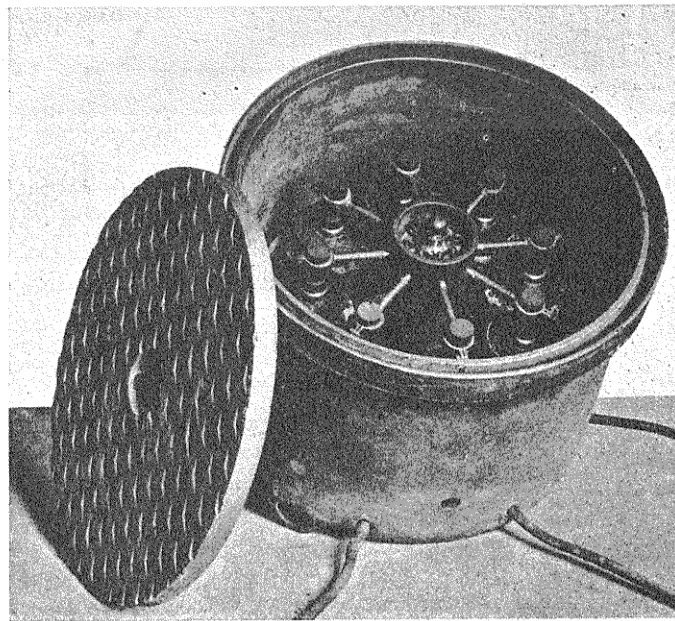


Fig. 771. — Commutateurs contenus dans une cuve.

en fibre emboîté lui-même sur un autre cylindre vertical venu de fonte avec la cuve.

Le conducteur d'alimentation monte suivant l'axe de la cuve. Son extrémité est filetée et reçoit un coupe-circuit fusible B commun à tous les appareils de la cuve. Le courant, après avoir traversé le coupe-circuit, se rend aux différents contacts k_0 (fig. 767).

Lorsque le plongeur d'un appareil est attiré, le courant passe de k_0 en k_1 et arrive au plot par l'intermédiaire du câble L .

La cuve renfermant ces appareils est recouverte au moyen d'un couvercle en fonte réalisant un joint aussi étanche que possible (fig. 767 et 771).

A l'intérieur de la cuve se trouve une seconde paroi ne régnant que

sur la moitié de la hauteur. Dans le but d'empêcher l'eau de pénétrer dans la cuve par les ouvertures pratiquées pour le passage des câbles, on coule une matière isolante dans l'espace annulaire constitué par la deuxième paroi jusqu'à ce que les câbles soient bien recouverts. Il subsiste alors une rigole circulaire dans laquelle vient se rassembler l'eau qui pourrait suinter le long de la paroi intérieure de la cuve. Des trous pratiqués dans la paroi de la cuve au-dessus de la surface de la matière isolante permettent à cette eau de s'écouler à l'extérieur.

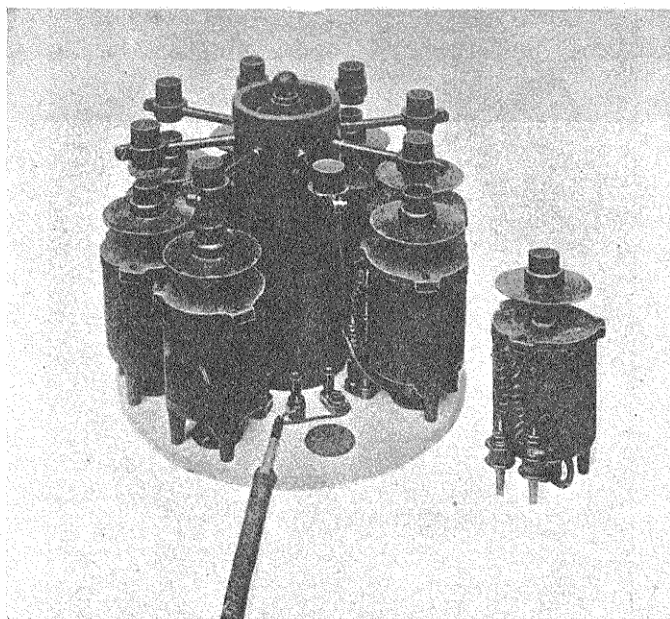


Fig. 772. — Vue d'un groupe de commutateurs.

Dans ce but, chaque cuve en fonte est installée sur un massif de brique pilée ayant environ 1 mètre d'épaisseur.

Plots. — Les plots d'alimentation et les plots d'excitation sont disposés sur une même ligne perpendiculaire à la voie. L'intervalle entre chaque paire de plots est de 5 mètres (fig. 770).

Les plots sont constitués par des boîtes en fonte à l'intérieur desquelles se fait la connexion du câble d'alimentation. Ces boîtes sont obturées au moyen de tampons amovibles en acier sur lesquels les frotteurs viennent recueillir le courant.

Les plots d'alimentation et d'excitation sont établis tous les deux dans un massif unique d'asphalte (fig. 769).

Le câble qui alimente le plot d'alimentation comporte, en outre, un fil isolé pour le plot d'excitation.

Pour que le plot d'excitation fonctionne dans de bonnes conditions,

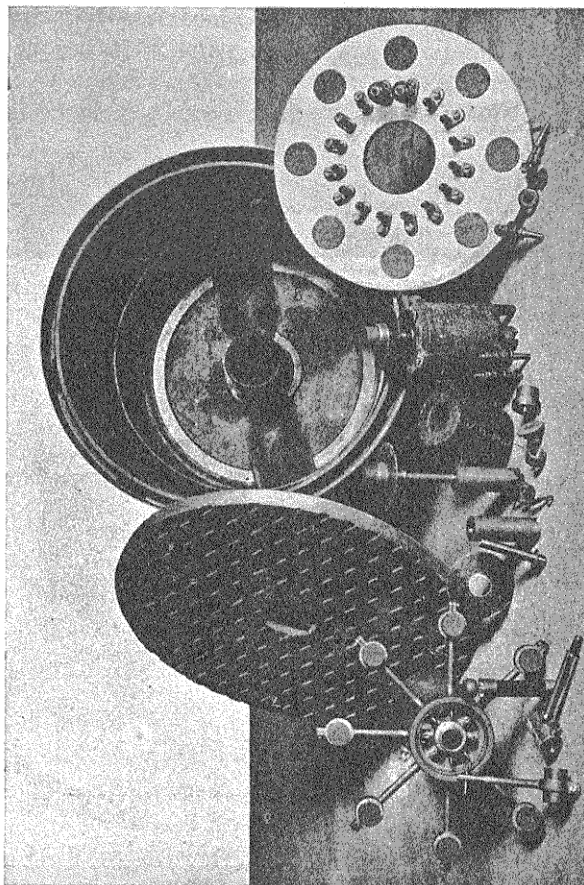


Fig. 773. — Ensemble de toutes les pièces contenues dans une cuve.

la batterie doit débiter un courant de 50 volts. Il en résulte que chaque voiture doit porter une batterie d'accumulateurs de 25 éléments.

Comme nous avons pu le voir, les autres systèmes d'alimentation par contacts superficiels n'exigent que des batteries de 4 à 8 éléments qui, la plupart du temps, ne débitent du courant qu'au moment des démarrages. Les constructeurs estiment, par contre, qu'il suffit d'une puissance de 100 watts pour faire fonctionner les commutateurs.

Il n'en est pas moins vrai que le système Stobrawa est l'un des seuls où le courant principal ne soit pas utilisé pour le fonctionnement

de l'organe distributeur, ce qui rend nécessaire l'emploi, sur les voitures, d'une batterie relativement importante.

En réalité, cette particularité ne présente peut-être pas un bien grand inconvénient. Elle offre, dans tous les cas, de réelles garanties au point de vue de la conservation des commutateurs. Les expériences très sérieuses, qui se poursuivent en ce moment sur des lignes d'essai de ce système, permettront seules d'apprécier exactement la valeur qu'il peut avoir.

CHAPITRE XI

SYSTÈMES DE PRISE DE COURANT PAR CONTACTS SUPERFICIELS FONCTIONNANT D'UNE MANIÈRE PUREMENT MÉCANIQUE

§ 1. — SYSTÈME KINGSLAND

Dans tous les systèmes de prise de courant par contacts superficiels que nous avons examinés jusqu'à présent, la commande des commutateurs de plots est obtenue au moyen d'organes mis en mouvement par l'action du courant.

Le système Kingsland appartient à la catégorie des dispositifs dans lesquels la commande est réalisée directement par la voiture elle-même.

Ce résultat a été obtenu par l'adoption d'une sorte de petit caniveau dans lequel se trouvent les appareils de distribution. Chaque plot est pourvu d'un commutateur mis en mouvement par une roue à molettes. Cette roue est elle-même actionnée par un taquet fixé sur la voiture et pénétrant dans le caniveau (fig. 774).

Chaque commutateur comporte six positions (fig. 775) parmi lesquelles trois mettent le plot en communication avec le câble d'alimentation, tandis que les trois autres l'isolent de ce dernier. La rotation du commutateur d'un sixième de tour le fait passer d'une position d'ouverture à une position de fermeture ou inversement.

La voiture porte à l'avant un taquet qui agit sur la roue à six molettes du commutateur et détermine l'électrisation du plot. A l'arrière de la voiture se trouve un autre taquet qui détermine une nouvelle rotation d'un sixième de tour et, par suite, la désélectrisation du plot.

Comme on peut le voir facilement, le principe du système Kingsland est des plus simples. Chaque plot est alimenté par un commutateur spécial auquel on peut donner des dimensions suffisantes pour qu'on puisse obtenir un bon fonctionnement sans crainte de formation d'arcs permanents.

Les figures 776 et 777 montrent les coupes longitudinale et transversale du caniveau au droit d'un commutateur de plot. Le caniveau est

constitué par un fer \square de même hauteur que le rail Broca de la voie. Ce fer détermine une rainure à l'extérieur de la voie. Au droit des commutateurs se trouve un petit cuvelage métallique communiquant, à sa partie inférieure, avec une conduite de drainage (fig. 774).

Le commutateur (fig. 776 et 777), lui-même, est enfermé dans une boîte métallique H appliquée sur le bâti fixe par l'intermédiaire d'un

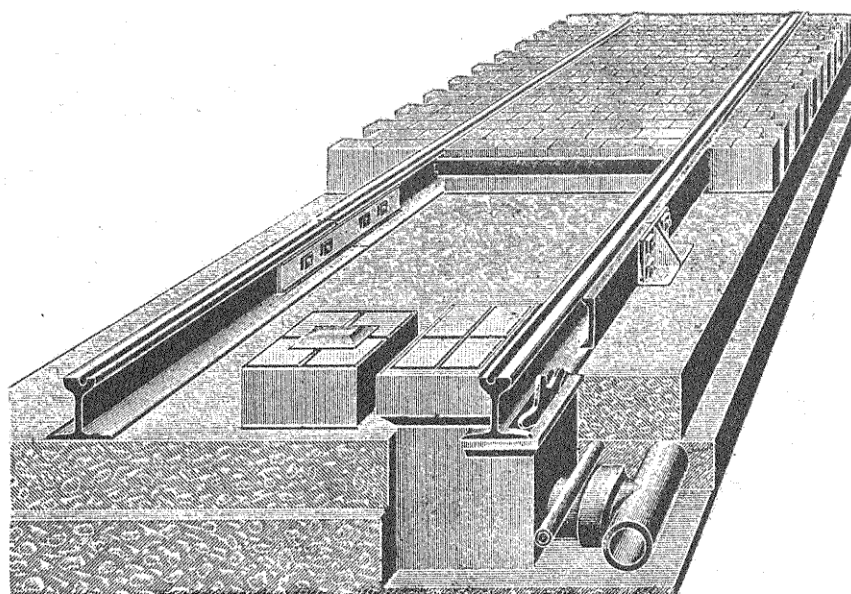


Fig. 774. — Voie équipée avec le système Kingsland.

joint étanche J. L'envahissement du caniveau par l'eau ne peut donc pas causer de courts-circuits.

La roue à molettes L est calée sur un axe actionnant le commutateur par l'intermédiaire d'un accouplement Oldham qui dispense de placer les deux axes exactement dans le prolongement l'un de l'autre, et qui permet, de plus, d'enlever la boîte H d'une seule pièce sans toucher à la molette L.

Le courant arrive à la borne P au moyen du fil M. Il est ensuite amené au commutateur W au moyen d'un balai. Un second balai T_1 à 120° du premier permet au courant de passer du commutateur au pavé de contact par l'intermédiaire de la borne P_1 et du conducteur N.

Le commutateur proprement dit est constitué par un tambour W en matière isolante dans lequel sont encastrés, à 120° l'un de l'autre, trois segments en cuivre reliés à une bague métallique noyée dans la masse isolante.

En temps ordinaire les balais reposent sur les segments en matière isolante. Ils ne se trouvent sur les segments métalliques qu'au moment du passage de la voiture.

Il y avait cependant lieu de redouter que le choc du taquet contre la

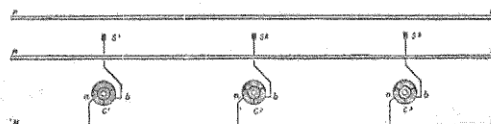


Fig. 775. — Schéma du système Kingsland.

roue à molette ne détermine une rotation de cette dernière supérieure à un sixième de tour, ce qui aurait causé l'électrisation permanente du plot.

M. Kingsland a imaginé, dans le but d'éviter cet inconvénient très grave, un petit appareil de sûreté très ingénieux.

Cet appareil se place en K sur l'axe du commutateur, à l'intérieur de

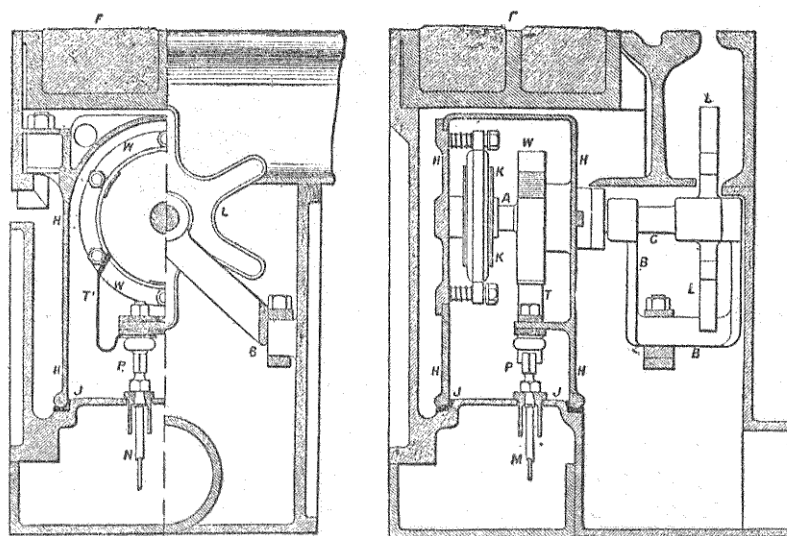


Fig. 776 et 777. — Commutateur Kingsland.

la boîte étanche H. Il a pour but d'empêcher la rotation de l'axe de plus d'un sixième de tour à chaque coup de taquet. Il est constitué essentiellement par une double vis à filets interrompus suivant six segments, à la façon des vis de culasse des canons. Dans le cas qui nous occupe, les filets n'appartiennent pas à une même hélice. Pour chaque segment

ils sont constitués par des portions d'hélice en avance sur la suivante d'un demi-pas.

Il résulte de cette particularité que, lorsque la vis tourne d'un sixième de tour, ses filets viennent buter contre ceux de l'écrou, ce qui a pour effet d'arrêter la rotation jusqu'à ce que les pièces soient rétablies dans leur position primitive. A ce moment la rotation du commutateur d'un sixième de tour sous l'impulsion de la roue à molettes est de nouveau possible. Ce rétablissement des pièces dans leur position primitive est obtenu automatiquement au moyen de ressorts de rappel.

Les figures 778 et 779 indiquent les dispositions qui ont été adoptées pour ce petit appareil auxiliaire.

Les ressorts F ramènent automatiquement la bague R parallèlement

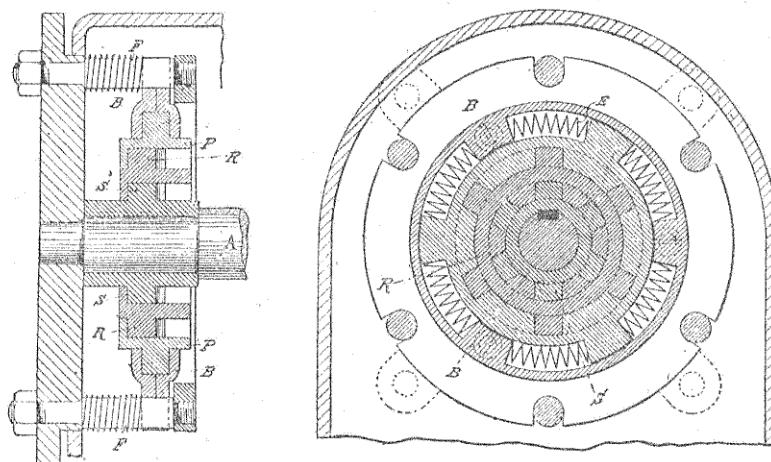


Fig. 778 et 779. — Détail du dispositif de réglage du commutateur.

à son axe après la rotation d'un sixième de tour. Les ressorts E ont pour but d'amortir le choc produit par la rotation exagérée de la bague R dans le cas où la molette serait entraînée de plus d'un sixième de tour; ces ressorts ramènent ensuite la bague dans la position qu'elle devrait occuper.

Dans le cas où les voitures circulent dans les deux sens, le fonctionnement de l'appareil est assuré par un dispositif analogue P et R, dans lequel les filets sont disposés en sens inverse.

Le système Kingsland a été expérimenté sur une ligne établie en Angleterre, à Wolverhampton; à la vitesse de 32 kilomètres à l'heure, les appareils paraissent avoir fonctionné d'une manière régulière.

Les plots sont constitués par des pavés en fonte de 305 millimètres de longueur sur 88 à 100 millimètres de largeur. La base du tampon du

plot a une forme légèrement conique et s'emboîte dans le bâti fixe par l'intermédiaire d'une couche de matière isolante.

A première vue, ce système paraît entraîner simultanément les complications du caniveau et des contacts superficiels.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que le caniveau Kingsland n'a que la profondeur du rail Broca lui-même, c'est-à-dire environ 17 centimètres. Sa construction se réduit donc à la mise en place du fer à \square .

Le drainage des petites cuves contenant les appareils est, par contre, une sujétion assez coûteuse.

Le défaut le plus sérieux de ce système nous semble résider dans l'accès facile de la roue à molettes située à quelques centimètres au-dessous de la rainure. Il y a là, à notre avis, une cause réelle de danger puisque le premier passant venu peut facilement déterminer la rotation de la roue à molette et, par suite, celle du commutateur, ce qui peut avoir pour conséquence de mettre le plot en circuit d'une manière permanente.

Quoi qu'il en soit, ce système paraît fort intéressant, et il faut attendre la fin des essais, qui se poursuivent actuellement sur une ligne établie dans les conditions de la pratique, pour se prononcer d'une manière définitive sur ses qualités et sur ses défauts.

§ 2. — SYSTÈME HILLAIRET-HUGUET

Le système Hillairet-Huguet ne s'applique pas à la traction des chemins de fer et des tramways. Il a été imaginé en vue d'assurer le déplacement des chariots-transbordeurs pour voitures de chemins de fer en utilisant la commande électrique, à l'exclusion de tout fil de trolley.

Ce système a été appliqué, en particulier, sur un certain nombre de chariots transbordeurs de la compagnie P.-L.-M.

Les plots qui transmettent le courant au frotteur du chariot transbordeur sont électrisés ou désélectrisés par la manœuvre d'un interrupteur; cette manœuvre est déterminée par des taquets portés par le chariot. Cet interrupteur est actionné par un secteur à trois dents; ces trois dents, situées dans des plans différents, sont, d'autre part, disposées au-dessous de trois rainures pratiquées dans la plaque recouvrant le commutateur.

Le premier taquet, dans le sens du mouvement du chariot, donne le courant au plot. Le second taquet coupe le courant avant le départ du chariot. Le troisième taquet est destiné à la marche en arrière.

Chaque taquet est constitué par un doigt vertical soumis à l'action d'un ressort et capable de prendre un déplacement vertical. Le doigt

glisse sur le sol jusqu'au moment où il pénètre dans la rainure située au droit de l'appareil distributeur. Il s'abaisse alors et actionne la dent correspondante du secteur. Le doigt quitte alors la rainure et recommence à glisser sur le sol.

Un chariot transbordeur de ce type fonctionne depuis un an à la gare de Lyon de Paris, à la satisfaction des services intéressés. Bien que cette utilisation des contacts superficiels ne s'applique pas à la traction électrique proprement dite, nous avons pensé qu'il n'était peut-être pas inutile d'en dire quelques mots.

CINQUIÈME PARTIE

RETOUR DU COURANT

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE DES DISPOSITIFS AYANT POUR BUT D'ASSURER LE RETOUR DU COURANT

Inconvénients résultant de l'insuffisance du circuit de retour. — Nous avons vu, à propos de l'installation des lignes aériennes, que la traction électrique n'avait véritablement pris son essor qu'à partir du moment où il fut possible d'utiliser les rails pour le retour du courant.

L'emploi d'un fil de trolley de retour rendait, en effet, les aiguillages excessivement compliqués et disgracieux et facilitait, de plus, les courts-circuits.

L'utilisation des rails pour le retour du courant a donné au début, il est vrai, de grands mécomptes par suite des perturbations apportées dans les conducteurs télégraphiques et téléphoniques et surtout par suite des effets destructeurs d'électrolyse provoqués sur les conduites d'eau et de gaz.

Les premiers tramways qui ont été construits en Amérique, et dans lesquels le retour par les rails était utilisé, ne comportaient pas de dispositifs ayant pour but de diminuer la résistance électrique des joints des rails. On estimait alors que la terre était suffisante pour assurer le retour du courant, et l'on se contentait d'installer, de place en place, des plaques de terre en communication avec les rails (fig. 780-782).

Cette manière de faire a donné des résultats désastreux. Dans certaines villes d'Amérique on a provoqué, de cette façon, la destruction de presque toute la canalisation d'eau et de gaz (fig. 783-785).

On a fini par se rendre compte, après une assez longue période de tâtonnements, que la meilleure manière d'éviter les phénomènes d'électrolyse consistait à diminuer autant que possible la résistance du cir-

cuit de retour du courant en prenant des rails de section suffisante et en munissant leurs joints de connexions efficaces.

Calcul de la section des rails. — M. A. Blondel a indiqué pour la

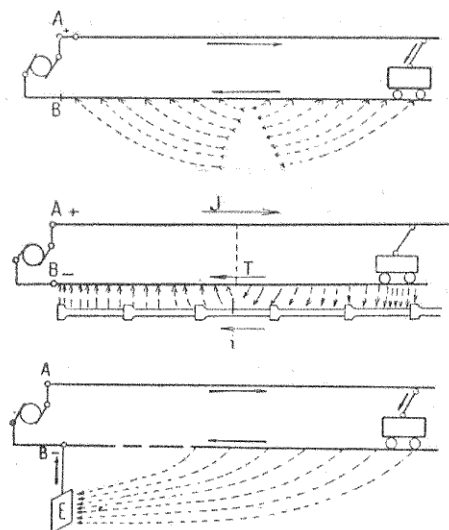


Fig. 780, 781 et 782. — Divers cas de retour du courant par la terre.

première fois la section qu'il convenait de donner aux rails dans des conditions d'exploitation données ¹.

Si l'on admet une chute de potentiel de 50 volts au maximum sur les

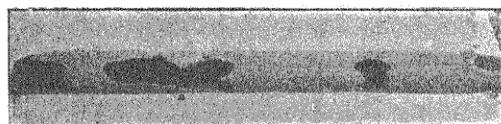


Fig. 783. — Conduite attaquée par électrolyse.

lignes aériennes et de 5 volts au minimum sur les lignes de retour, on a entre leurs résistances la relation nécessaire

$$\frac{\rho' l'^2}{s'} < \frac{1}{10} \frac{\rho l^2}{s}$$

en appelant ρ la résistivité du cuivre, s la section de la ligne aérienne,

¹ *L'Éclairage Électrique*, 18 juillet 1896.

A. Blondel et Dubois. *La Traction Électrique*, t. I, p. 615. Ch. Béranger, éditeur.

l sa longueur entre deux points de distribution et ρ' , s' , l' les mêmes quantités pour la voie de retour.

En admettant $\frac{\rho'}{\rho} = 8$ environ et en majorant la résistance des rails dans un rapport K pour tenir compte des joints, on a donc

$$\frac{l'^2}{s'^2} < \frac{4}{80} \frac{l^2}{KS}$$

Cette relation définit la proportion à établir entre les sections de la ligne aérienne et de la voie de retour. Si pour prévoir l'altération des joints on fait $K = 1,2$, on trouve qu'il faudra prendre $l' < l$ dès que la section du cuivre atteint 85 millimètres carrés, lorsque les rails pèsent 40 kilogrammes au mètre courant ou 106 millimètres carrés lorsqu'ils pèsent 50 kilogrammes. En général, sauf vérification, il est bon de prévoir autant de feeders de retour que de feeders d'aller.

Calcul de la chute de potentiel. — Pour un projet de traction il est nécessaire, d'après ce qui précède, d'évaluer les chutes de voltage le long des voies de retour. On peut le faire sommairement comme il suit :

La résistance par kilomètre d'une voie de tramway simple ou double se calcule par la formule

$$R = \frac{0,00110 L}{mp} + \frac{n}{m} \left[\frac{0,0175 l}{3} + r \right]$$

en appelant :

L , la longueur en mètres des rails entre joints pour un kilomètre de voie ;

m , le nombre des fils de rails (2 ou 4) ;

p , le poids des rails en kilogrammes par mètre ;

n , le nombre de joints au kilomètre ;

l , la longueur en mètres des fils de jonction d'un joint ;

s , leur section totale en millimètres carrés ;

r , la résistance de contact d'un joint (entre les rails et la connexion électrique) négligeable pour un joint récent et bien fait.

On prend 1,75 microhm-centimètre pour la résistance spécifique des fils de jonction et 15 microhms-centimètres pour celle de l'acier à rails. On néglige la conductibilité supplémentaire très faible due aux connexions de voie à voie ou de rail à rail.

Pour une voie soudée la parenthèse est nulle et la longueur $L = 1\,000$ mètres ; d'où $R = \frac{1,10}{mp}$. Par exemple une voie soudée en rails de 40 kilogrammes présente une résistance par kilomètre d'environ 0,0140 ohm.

La résistance des joints intervient surtout sur les vieilles voies, en donnant à celle de l'ensemble une valeur plus grande

$$R' = K \frac{1,10}{mp}.$$

Le coefficient K varie avec le type de joint et les dégradations qu'il a subies en service. L'expérience montre qu'avec des joints du genre Chicago K ne peut guère descendre au-dessous de 1,20 à 1,30 et qu'il dépasse souvent 1,5.

En Amérique on a trouvé pour des joints récents une résistance totale

de 50 à 300 microhms suivant les types ; avec de bons joints doubles on peut admettre 100 microhms. D'après M. Rowland, cette résistance peut être décuplée dans une voie en place. M. Parshall est bien plus optimiste et pour lui K serait voisin de l'unité.

Avec des joints amalgamés, la résistance totale d'un joint ne dépasserait pas, d'après l'inventeur, 20 à 50 microhms, ce qui rendrait leur influence négligeable. D'après les propriétaires du brevet Falk pour la soudure à la fonte, les joints de leur système réduiraient même légèrement la résistance des voies ; d'autre part à Lyon on aurait trouvé K au plus égal à 1,03.

La chute de potentiel maxima sur un tronçon compris entre deux points d'aboutissement de feeders au même potentiel peut se déterminer approximativement en supposant le courant total des voitures qui se trouvent sur le tronçon divisé en deux parties égales dont les points de consommation seraient situés au $1/4$ et aux $3/4$ de sa longueur. Par exemple dans des conditions moyennes d'exploitation, avec une voiture par kilomètre et une consommation de 15 ampères par voiture, un tronçon de 10 kilomètres de voie simple ayant une résistance totale de 0,020 ohm par kilomètre et alimenté aux deux bouts consomme $10 \times 15 = 150$ ampères. La chute de potentiel maxima est de $\frac{0,02 \times 10}{4} \times 75 = 3,75$ volts.

Avec une voie plus accidentée ou des voitures à impériale consommant 20 ampères, elle atteindrait 5 volts.

On peut donc estimer, comme nous l'avons déjà dit, qu'une ligne bien jointée peut s'étendre jusqu'à 5 ou 6 kilomètres de la station centrale sans avoir besoin de feeders et qu'une ligne à grand parcours pourrait n'être alimentée que tous les 10 kilomètres.

Moyens proposés pour réduire les effets d'électrolyse. — La pratique a démontré que l'on devait raccorder la borne négative des

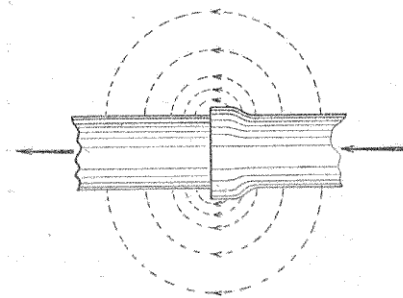


Fig. 784. — Dérivations de courant autour d'un joint de conduite.

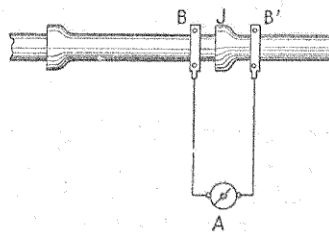


Fig. 784 bis. — Recherche d'une différence de potentiel au droit d'un joint.

génératrices aux rails. Cette disposition permet de localiser vers l'usine les actions électrolytiques qui pourraient éventuellement se produire sur les canalisations.

L'expérience a prouvé, en effet, que les corrosions se produisaient

de préférence aux points où le courant abandonne les tuyaux et non pas aux points où il les rejoint (fig. 783).

Lorsque la borne positive est en communication avec les rails, le courant abandonne tout le long du parcours les canalisations parallèles à la voie pour se rendre aux rails.

Au contraire dans le cas des rails négatifs, les courants recueillis

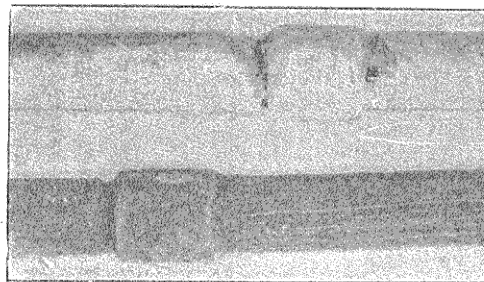


Fig. 785. — Joints attaqués par électrolyse.

pendant tout le trajet quittent les conduites pour rejoindre la voie dans une zone très restreinte voisine du point où les rails sont reliés à la barre négative du tableau de distribution de la station centrale ou de

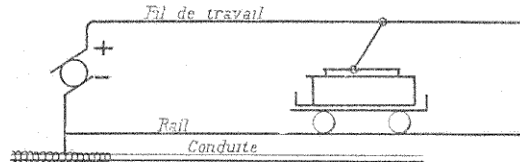


Fig. 786. — Jonction directe des conduites avec l'usine.

la sous-station. Il devient alors possible de combattre les effets destructeurs des courants.

L'un des procédés que l'on peut employer en pareil cas consiste à établir une communication directe entre le pôle négatif des machines et la partie des conduites sur laquelle s'effectue le départ du courant (fig. 786).

On obtient ce résultat d'une manière plus complète en maintenant constamment les rails positifs par rapport aux conduites. Il est nécessaire pour cela de faire usage d'une source d'énergie auxiliaire ; une petite batterie d'accumulateurs peut remplir ce but (fig. 787 et 788).

On peut supprimer à peu près complètement les phénomènes d'électrolyse en faisant usage d'une distribution à trois fils dans laquelle la voie remplit le rôle de fil neutre (fig. 789 et 790). Cette disposition, très effi-

cace, a été assez peu employée par suite de la difficulté que l'on éprouve à équilibrer les deux ponts lorsqu'il s'agit d'une ligne de tramways. De plus, ce mode de distribution entraîne une grande complication pour les tableaux de distribution et pour l'installation des croisements.

M. le professeur Teichmüller a proposé une disposition analogue dont l'application ne soulève pas les mêmes difficultés (fig. 791). L'une des moitiés du système est formée par le fil de travail, les rails et la dynamo génératrice ; l'autre moitié comporte les rails, un conducteur supplémentaire de retour et une source d'énergie auxiliaire. Dans le

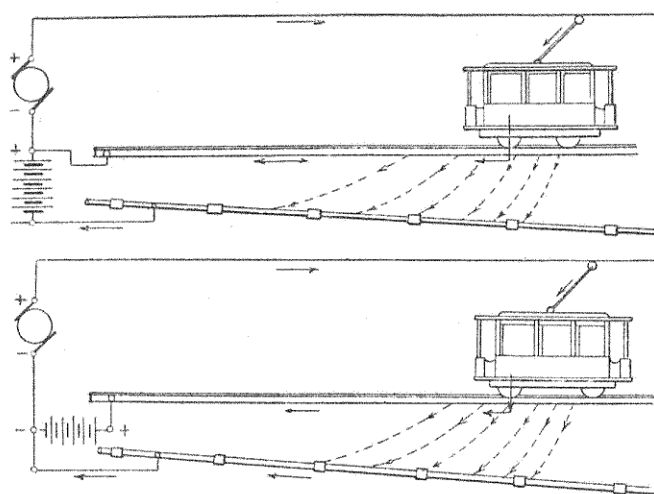


Fig. 787 et 788. — Jonction directe des conduites avec l'usine par l'intermédiaire d'une batterie d'accumulateurs.

premier circuit les voitures automotrices constituent les résistances utiles, lesquelles manquent complètement dans le second.

La source auxiliaire d'énergie peut toutefois être mise en connexion avec les deux circuits, comme le représente la figure 791. Un commutateur donne la possibilité de faire varier le nombre des éléments de la batterie d'accumulateurs intercalés dans l'un ou l'autre circuit. Cette disposition n'a pas encore été employée ; elle semble cependant devoir donner des résultats aussi satisfaisants que celle qui consiste à intercaler un sous-volteur sur le second circuit.

Feeders de retour, sous-volteurs. — Lorsque la section des rails est insuffisante pour permettre le passage du courant sans une perte de tension appréciable entre la station génératrice et le point le plus éloigné de la voie, on peut établir un conducteur en cuivre parallèle aux rails et relié avec eux de distance en distance.

Cet artifice n'est excusable que pour des voies déjà existantes au moment de l'établissement de la traction électrique, car il est infiniment préférable d'augmenter la section des rails et d'améliorer, en même temps, la solidité de la voie.

Lorsque la conductance de la voie n'empêche pas la perte de tension de descendre au-dessous de 5 volts, il faut avoir recours à l'emploi des feeders de retour et des sous-volteurs.

Les feeders de retour jouent absolument le même rôle que les feeders d'alimentation de la ligne aérienne, avec cette différence qu'ils sont reliés aux pôles inverses des machines électriques. Ces feeders de retour partent de la station génératrice et sont connectés aux rails en des points déterminés de la voie.

On peut employer pour ces feeders négatifs les dispositions usitées pour les feeders positifs. On peut, en particulier, leur donner des sections décroissantes (fig. 792).

Lorsque la chute de voltage est très grande dans ces feeders, on peut avoir recours aux *sous-volteurs*. Les sous-volteurs sont des génératrices auxiliaires intercalées en série sur le feeder (fig. 793). Leur pôle positif est relié à la barre négative du tableau et leur pôle négatif au feeder de retour lui-même. Ces dynamos sont actionnées par un moteur quelconque. Cette disposition permet d'abaisser le voltage dans le feeder d'une manière très efficace. En modifiant l'excitation du sous-volteur on peut régler facilement le débit des différents feeders.

On conseille, en général, de faire usage d'autant de feeders de retour que de feeders d'alimentation. Cette disposition est d'ailleurs com-

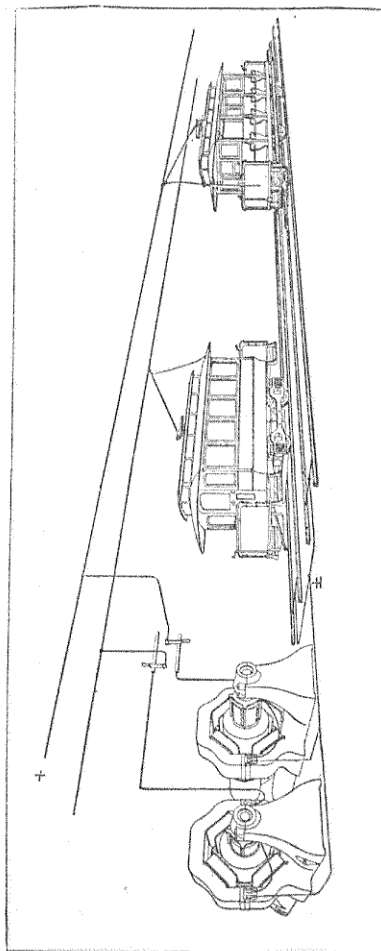


Fig. 789. — Distribution à trois fils appliquée à une ligne de tramways.

mode, puisque les deux câbles peuvent être placés l'un à côté de

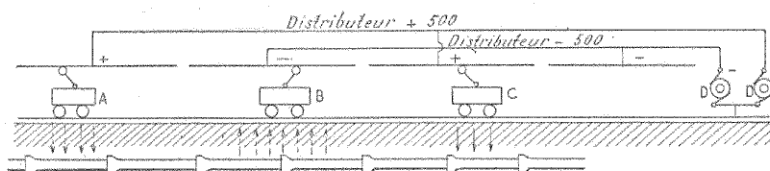


Fig. 790. — Distribution à trois fils appliquée à une ligne de tramways au moyen de deux feeders distribuant le courant à un fil de service sectionné en tronçons alternativement positifs et négatifs.

l'autre sous terre ou sur des poteaux. Dans le cas où l'on fait usage de câbles souterrains, la question d'isolement du câble négatif devient

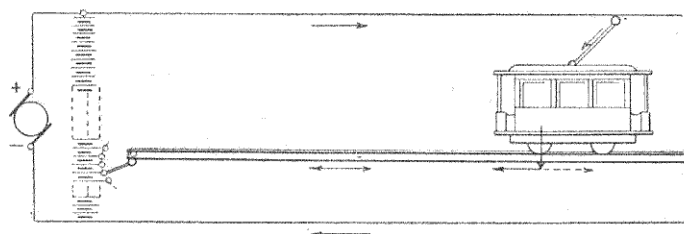


Fig. 791. — Rails rendus neutres par l'emploi d'une batterie.

secondaire, aussi est-il inutile d'employer pour les deux feeders des câbles identiques au point de vue de l'isolation.

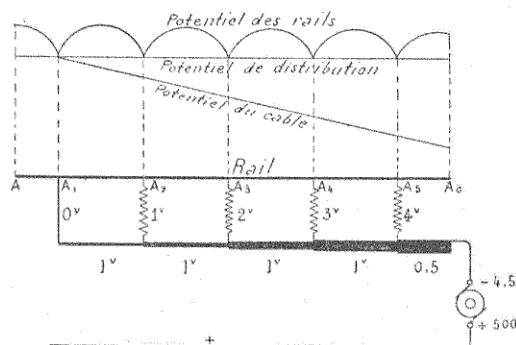


Fig. 792. — Feeder de retour à sections décroissantes.

On peut, dans le cas d'une ligne de grande longueur, employer une série de sous-volteurs intercalés sur chacun des feeders (fig. 794).

Les sous-volteurs peuvent également être branchés directement sur

les conduites métalliques dans le but de les rendre négatives par rap-

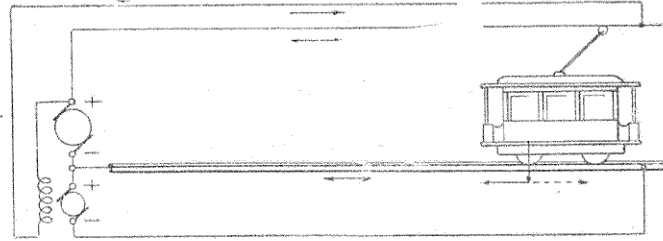


Fig. 793. — Emploi d'un sous-volteur.

port aux rails. La totalité du courant de la ligne passe alors par le câble établissant la communication avec le sous-volteur (fig. 793).

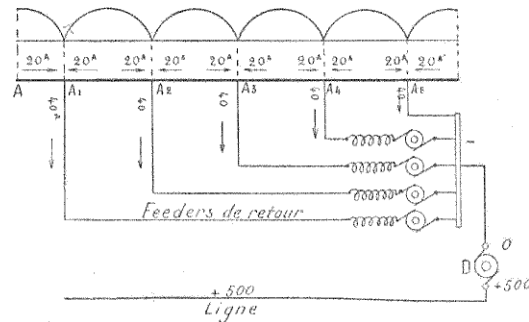


Fig. 794. — Emploi d'une série de sous-volteurs.

En France, les lois actuellement en vigueur imposent une perte de tension maximum le long de la voie de 1 volt par kilomètre. La perte

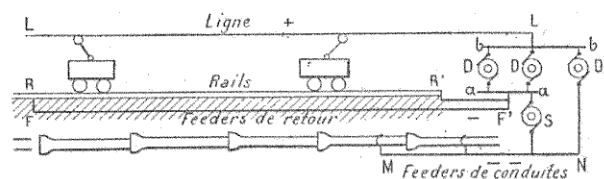


Fig. 795. — Conduites rendues négatives par rapport aux rails par l'emploi d'un sous-volteur.

de tension totale pour toute la ligne ne doit pas dépasser 5 volts. Lorsque la voie passe sur un pont métallique, les connexions doivent être établies de telle sorte que la chute de potentiel entre les deux extrémités de l'ouvrage ne dépasse pas en marche normale 0,25 volt. La

loi prévoit, de plus, des mesures d'espèce qui pourront être prescrites en vue d'atténuer la différence de potentiel entre la masse de l'ouvrage et le sol, toutes les fois que cela sera jugé nécessaire.

Précautions à prendre en vue d'éviter les perturbations téléphoniques. — Au Congrès international des Electriciens de Genève, M. Ernest Gérard, au nom de la Commission spécialement désignée pour étudier les perturbations téléphoniques produites par les tramways électriques, a donné les conclusions suivantes :

1° Les réseaux téléphoniques peuvent être efficacement protégés contre les perturbations dues aux courants industriels, par la suppression du retour par la terre et l'emploi d'une double ligne.

Ce doublement des lignes téléphoniques existantes est généralement imposé aux concessionnaires des tramways.

2° Les circuits industriels qui transportent des courants plusieurs millions de fois plus intenses que les courants téléphoniques doivent être établis dans les meilleures conditions d'isolement et de compensation pour réduire les fuites et les effets d'induction au minimum.

3° Partout où une partie du circuit industriel à courant continu est à la terre, comme pour le cas des tramways et chemins de fer électriques, on doit, dans la mesure du possible, recourir aux mesures spéciales suivantes pour réduire les perturbations téléphoniques :

a) Bon isolement de la ligne de prise de courant et de toutes les parties électriquement en contact avec elle.

b) Câbles de retour isolés depuis les points les plus chargés du réseau et éventuellement reliés à des sous-voltteurs.

c) Eclissages électriques, liaisons transversales entre les rails, fil spécial de retour.

d) Chercher à éviter dans la construction des moteurs toute disposition tendant à produire une ondulation de courant.

En résumé, on peut dire que le moyen le plus simple et le plus pratique de réduire au minimum les effets d'électrolyse et les perturbations téléphoniques, consiste à employer pour les rails un mode d'éclissage électrique aussi parfait que possible.

La section des rails dont on fait actuellement usage sur les voies de tramways est, la plupart du temps, largement suffisante pour que le courant n'éprouve pas de pertes de charge sensibles. C'est donc sur les joints que doit se concentrer toute l'attention des constructeurs de voies électriques.

Les connexions doivent être courtes et leur section doit être aussi forte que possible. Elles doivent présenter une section minima de cuivre de 100 millimètres carrés (ou l'équivalent en fer), par file de rails. Ces connexions doivent être posées avec toutes les précautions

voulues. Il est bon de les vernir pour les préserver de l'oxydation.

Tous les 100 mètres, *au moins*, il faut avoir soin d'établir des connexions transversales ayant pour but de compenser les lacunes qui pourraient exister dans les connexions des joints de l'une des files de rails.

En général, une connexion défectueuse est décelée par une élévation anormale de sa température.

Mesure de la conductance des joints. — Il existe un assez grand



Fig. 796. — Appareil portatif de Lord Kelvin pour la vérification des connexions.

nombre d'appareils permettant de découvrir les connexions défectueuses. La plupart de ces appareils n'indiquent pas, à proprement parler, la résistance du joint ; ils donnent simplement une indication sur sa qualité.

L'un des appareils les plus simples se compose d'une pile et d'un

galvanomètre renfermés dans une boîte que porte l'homme chargé de la vérification. Le contact avec les deux extrémités des rails entre les-

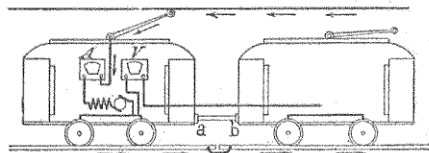


Fig. 797. — Mesure de la résistance d'un joint avec une voiture automotrice.

quelles se trouve le joint est établi au moyen de l'appareil représenté sur la figure 796.

L'amplitude des déviations du galvanomètre donne une indication

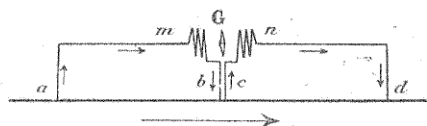


Fig. 798. — Principe de l'appareil de mesure sans pile.

sur la valeur du joint. On compare cette amplitude avec celle que l'on peut obtenir en plaçant l'appareil sur un seul rail.

En Amérique, on a parfois employé un dispositif analogue, qui n'est cependant applicable qu'aux heures d'interruption de service.

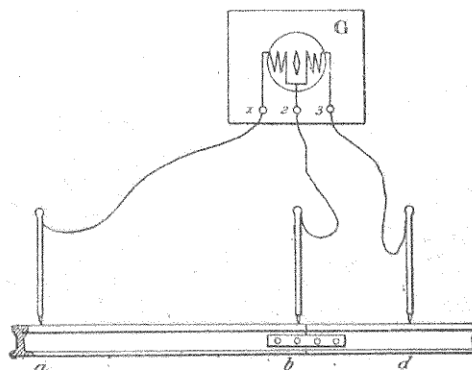


Fig. 799. — Appareil pour la mesure de la conductance des joints.

Deux wagonnets attelés au moyen d'une corde isolante sont arrêtés de telle sorte qu'ils soient séparés par le joint. L'un d'eux porte une pile ou une petite batterie dont le courant se rend au wagonnet voisin au moyen d'un fil, après avoir traversé un ampèremètre. Le circuit se ferme par

les roues, les rails et le joint. On note alors la déviation de l'ampèremètre, qui est d'autant plus faible que le joint est plus imparfait.

En faisant usage d'une automotrice et d'une remorque avec attelage isolant, on peut également employer le dispositif représenté sur la figure 797 et dans lequel un voltmètre se trouve réuni aux trucks des deux véhicules. Au passage des joints des rails, on constate une variation brusque du potentiel u qui, divisée par le courant I lu à l'ampèremètre intercalé sur le circuit du moteur, donne la résistance du joint. Cette méthode n'est applicable que dans le cas où les joints sont d'équerre.

Ces divers appareils, sauf le précédent, exigent l'emploi d'une pile ou d'une batterie. L'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft, de Berlin, vient d'imaginer un nouvel appareil très portable permettant d'utiliser le courant qui parcourt les rails. L'emploi d'une source auxiliaire de courant n'est alors plus nécessaire pour effectuer la mesure de résistance du joint¹.

Cet appareil est basé sur le principe suivant :

Si l'on réunit un galvanomètre différentiel G (fig. 798) au moyen de contacts appropriés a , b , c , d avec un rail traversé par un courant dans le sens de la flèche, une partie de ce courant traversera les dérivation amb et cnd . Le galvanomètre ne sera évidemment pas influencé si les portions de rails ab et cd sont d'égale résistance électrique.

Dans le cas contraire, l'aiguille de ce galvanomètre est déviée proportionnellement à la différence de résistance électrique.

Cette aiguille peut être ramenée au zéro si l'on modifie d'une façon convenable, par exemple, la position du contact d . Les mêmes résultats sont obtenus si les points b et c sont confondus et reliés au galvanomètre par un même conducteur.

On peut, en employant ce dernier dispositif, adopter pour les contacts (fig. 799 et 800) des baguettes à âme métallique se terminant par une pointe. Les conducteurs sont fixés à la partie supérieure des baguettes, dont la hauteur est de 1 mètre.

L'application du dispositif précédent à la mesure de la résistance



Fig. 800. — Baguette de contact de l'appareil de mesure de la conductance des joints.

¹ *Génie Civil*, t. XXXVIII, n° 15.

des joints se conçoit aisément d'après ce qui précède. Le galvanomètre est placé à une certaine distance du rail à essayer de telle sorte que son aiguille soit au zéro. Les conducteurs 1 et 2 sont reliés aux baguettes de contact, qui sont posées aux extrémités de l'un des rails ; le galvanomètre subit alors une forte déviation.

A ce moment, on place le troisième contact d , relié au conducteur 3, sur le deuxième rail et, par tâtonnements, on cherche la position qu'il doit occuper sur ce rail pour que l'aiguille revienne au zéro.

A ce moment, la résistance du rail ab égale celle du deuxième rail jusqu'au point d , plus celle de la pièce qui réunit l'un à l'autre les deux rails.

Cette dernière résistance n'est donc pas mesurée en ohms, mais en longueur de rail ; elle est par exemple égale à $1^{\text{m}},05$ de rail. Le joint est d'autant meilleur que les longueurs ab et cd sont plus voisines l'une de l'autre.

La résistance du joint ne doit jamais dépasser de 25 p. 100 celle d'un rail.

Le résultat des mesures est indépendant de l'intensité du courant qui traverse le rail ; les variations de courant dues au service n'ont donc aucune influence sur lui.

CHAPITRE II

PRINCIPAUX TYPES DE CONNEXIONS

Nous allons examiner maintenant les procédés les plus efficaces et les plus récents qui sont employés pour diminuer la résistance électrique des joints de rails.

Nous décrirons d'abord les méthodes qui consistent à placer des connecteurs sur l'âme des rails, par-dessus les éclisses.

Dans une seconde catégorie, nous passerons en revue les différentes connexions qui se placent sous les éclisses et, qui sont, par conséquent, invisibles et protégées contre les détériorations.

Nous aurons à examiner, en passant, quelques connexions se plaçant en dessus ou au-dessous des patins des rails.

Une classe plus importante comprendra les connexions dans lesquelles les éclisses elles-mêmes sont utilisées pour le passage du courant.

Nous terminerons cette étude par l'examen des différents procédés qui sont actuellement employés pour la soudure des rails.

1^{re} CLASSE. — CONNEXIONS SUR L'ÂME À L'EXTÉRIEUR DE L'ÉCLISSE

1^o Connexion par fil et bagues. — Le mode le plus simple et le plus économique d'établir des connexions consiste dans l'emploi de tiges de fil de cuivre de 10 millimètres de diamètre que l'on place dans des trous pratiqués dans l'âme du rail en interposant des bagues également en cuivre. En matant cette bague avec une bouterolle, on obtient une connexion qui peut donner de bons résultats.

Cette connexion présente l'avantage de pouvoir être faite entièrement sur le chantier. Le fil de cuivre, qui est livré en couronnes, est débité en tronçons de la longueur voulue au moyen d'une cisaille américaine (fig. 801). À l'aide d'un gabarit en bois, que l'on prépare d'avance, on recourbe les extrémités du fil, de manière à obtenir la forme que l'on désire.

Les bagues s'obtiennent aussi facilement en débitant un tube de cuivre de 15 millimètres de diamètre extérieur en petits tronçons de 20 à 25 millimètres de hauteur.

Il faut ensuite s'occuper du perçage des trous dans les âmes des

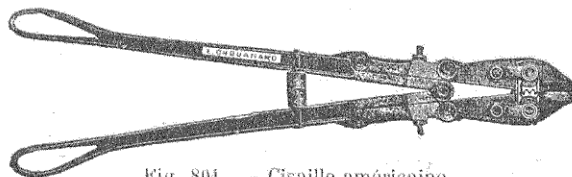


Fig. 801. — Cisaille américaine.

rails. Comme on place généralement deux connecteurs sur le même joint, on se trouve dans l'obligation de percer deux trous à chaque

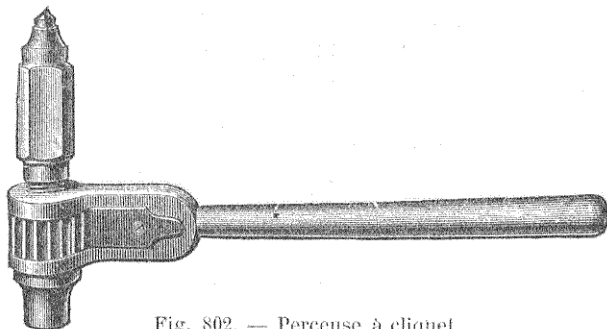


Fig. 802. — Perceuse à cliquet.

extrémité de rail, ce qui fait que la connexion complète comporte quatre trous.

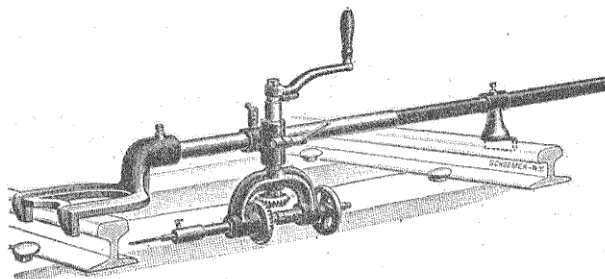


Fig. 803. — Perceuse rotative.

La manière la plus simple de percer ces trous consiste à employer la perceuse à cliquet que l'on appelle généralement *cliquet* (fig. 802). Comme son nom l'indique, cette perceuse se compose essentiellement

d'un encliquetage à manche qui permet, par un mouvement alternatif, de donner au porte-outil un mouvement de rotation toujours dans le même sens. Du côté opposé au porte-outil se trouve un pointeau qui sert à recevoir la pression transmise à l'outil. Ce pointeau s'appuie sur une pièce en fer forgé dont les extrémités recourbées en forme de

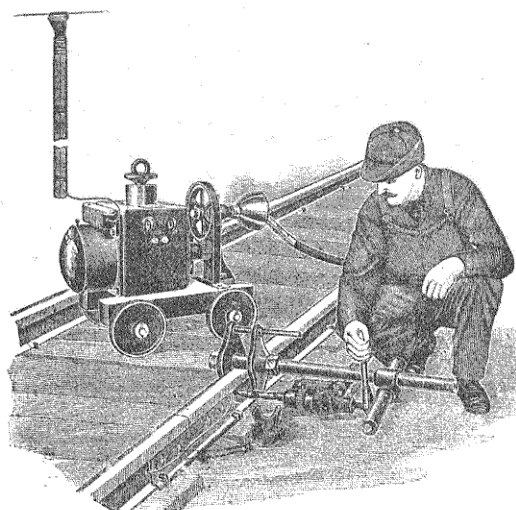


Fig. 804. — Perceuse électrique.

crochets viennent saisir le patin ou le champignon du rail. C'est entre le rail et la pièce en fer forgé (appelée généralement un *cé*) que l'on vient disposer le cliquet.

Au fur et à mesure de l'enfoncement de l'outil, on maintient la pres-

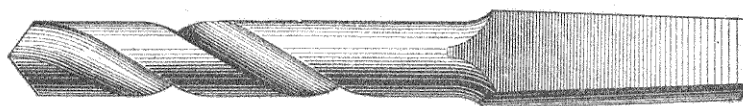


Fig. 805. — Mèche américaine.

sion nécessaire en agissant sur une noix commandant une vis servant à allonger le porte-outil (fig. 808).

La perceuse à cliquet est d'un emploi très pratique. Un ouvrier consciencieux, qui sait bien s'en servir, peut arriver à percer jusqu'à cinquante trous par jour.

Les forets s'usent assez vite et il est indispensable de disposer d'une petite forge pour pouvoir les fabriquer et les entretenir.

Il existe des appareils plus perfectionnés qui permettent de percer les trous de connexion avec une plus grande rapidité. La figure 803 représente une perceuse rotative américaine dont la construction est

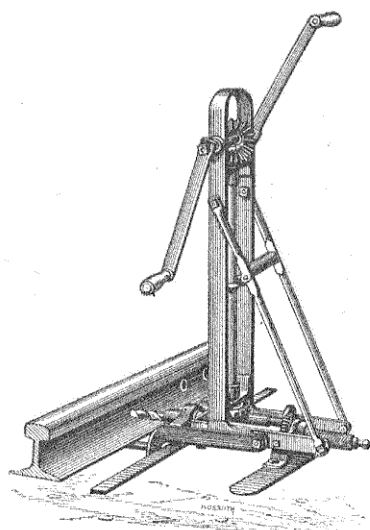


Fig. 806. — Perceuse à rabattement (en travail).

des plus simples et qui prend appui sur les deux rails. En agissant sur un petit volant, on provoque l'avancement de l'outil pendant le perçage.

Lorsqu'il y a du courant sur le fil de trolley, on peut utiliser les perceuses électriques, qui permettent un travail très rapide (fig. 804).

Il peut arriver que l'on ait à transformer le mode de traction d'une ligne de chemins de fer ou de tramways sans interrompre le passage des locomotives à vapeur. Il faut donc percer les trous de connexion en embarrassant les rails le moins possible.

A cet égard, la perceuse à deux manivelles, représentée sur les figures 806 et 807, peut présenter de grands avantages. Cette perceuse se pose sur le sol et prend appui sur le rail au moyen d'un étrier. Au moment du passage d'un train, on provoque le rabattement de l'appareil

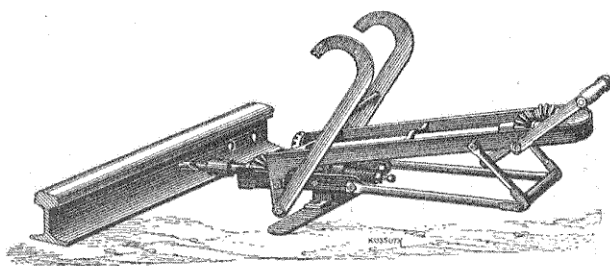


Fig. 807. — Perceuse à rabattement (disposée pour le passage d'un train).

reil et le relèvement de l'étrier en tirant, du côté opposé à la voie, une poignée située à droite de la figure.

Avec ces appareils, on fait généralement usage de mèches américaines de forme hélicoïdale (fig. 805).

Lorsque les trous sont percés, on procède au matage des bagues de

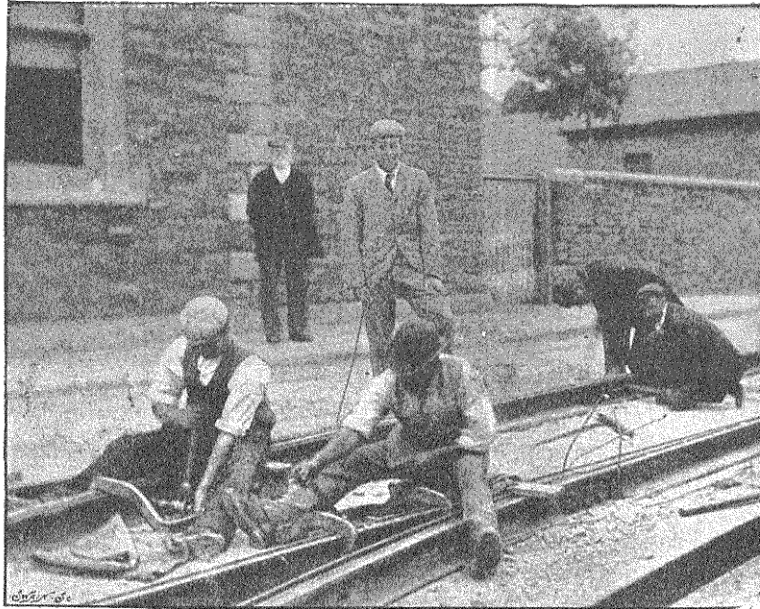


Fig. 808. — Percement des trous de connexions au moyen de cliquets.

contact. Ces bagues ont, comme nous l'avons déjà dit, un diamètre

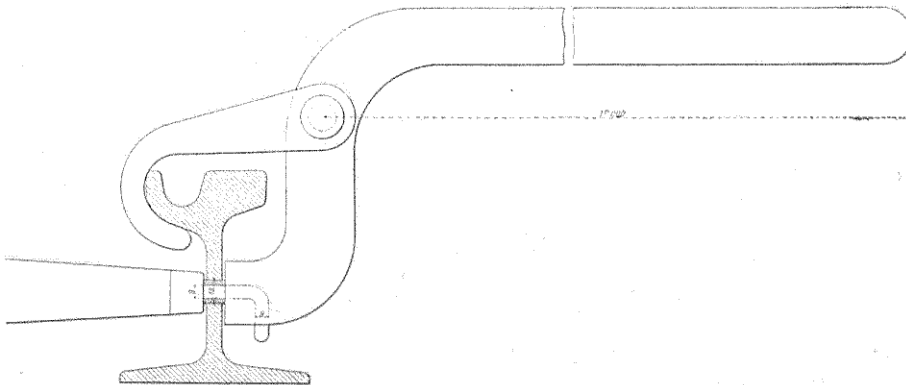


Fig. 809. — Pince à connexions.

extérieur de 15 millimètres. Le matage s'effectue au moyen d'un outil spécial appelé pince à connexion (fig. 809).

Cet outil se compose d'une sorte de levier recourbé à son extrémité;

cette extrémité se termine elle-même par une contre-bouterolle évidée, de manière à laisser passer le fil de connexion.

Sur ce levier vient s'articuler un crochet qui saisit le rebord du rail. A partir de ce moment, plus on appuie sur le levier, plus la pression de la contre-bouterolle devient forte.

Avec un marteau et une bouterolle ordinaire, on peut alors effectuer le matage de la bague dans d'excellentes conditions.

Il est absolument indispensable que les parois du trou pratiqué dans le rail soient rigoureusement propres et dépourvues de toute trace d'huile qui compromettrait très sérieusement la bonne conductibilité du joint. Il faut également s'assurer qu'il ne reste aucune trace de copeaux métalliques.

Comme nous l'avons déjà dit, ce système de connexion est le plus simple, puisque les connecteurs peuvent se fabriquer de toutes pièces sur le chantier.

Tous les trois rails, il faut avoir soin d'établir une connexion transversale entre les deux files de rails. On procède alors pour ces connexions transversales d'une manière absolument identique. La longueur seule de la connexion varie.

Nous donnons dans le tableau ci-contre les résultats obtenus avec ce genre de connexion (tableau p. 633).

2^e Connexion par fil et chapeaux. — Il existe un autre mode de connexion analogue au précédent, qui ne nécessite pas la possession d'un outil spécial, mais dont la fabrication n'est pas possible sur le chantier.

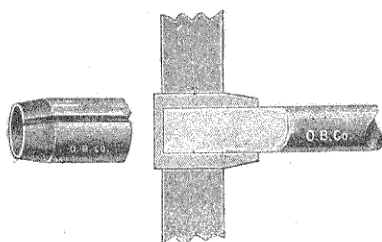


Fig. 810. — Connexions à chapeaux.

Dans ce système, les bagues sont remplacées par des chapeaux dont les bords sont taillés en biseau (fig. 810 et 811). Ces chapeaux sont fendus suivant une génératrice, afin qu'il soit

possible de les enfiler sur le fil.

Il ne reste plus alors qu'à enfoncer le chapeau dans le rail avec un marteau. Les bords du chapeau, taillés en biseau, rendent cet enfoncement très facile, bien que le diamètre du trou soit légèrement inférieur à celui de la partie cylindrique du chapeau en cuivre. Cette disposition permet d'obtenir une très forte pression entre les différentes pièces en contact. On recommande d'enfoncer le chapeau suivant le sens de percement du rail, en prévision du cas où le trou serait légèrement conique.

On a quelquefois employé en Amérique des connexions obtenues avec des bagues incomplètes formant coins (fig. 812). La disposition en spi-

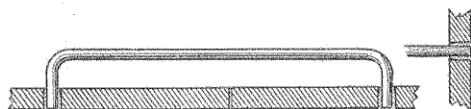


Fig. 811. — Connexion à chapeaux.

rale indiquée sur la figure permet de tripler la connexion avec un seul fil.

La connexion représentée sur la figure 813 est à peu près abandonnée

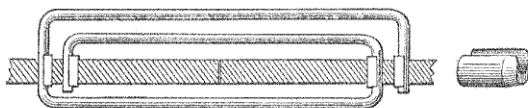


Fig. 812. — Connexion à bagues incomplètes.

aujourd'hui. Elle est obtenue en repliant deux fois sur lui-même l'extrémité du fil. On force ensuite dans le trou le nœud ainsi obtenu.

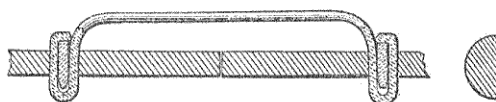


Fig. 813. — Connexion à fil replié.

3^e **Connexion à boulons coniques.** — De même que la précédente, la connexion à écrous (fig. 814) peut se poser sans l'aide d'aucun outil.

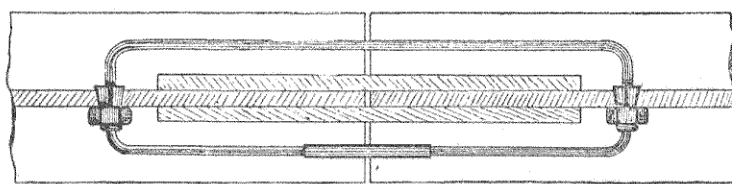


Fig. 814. — Connexion à boulons conique.

Elle se compose d'un fil de cuivre traversant les rails au moyen de boulons coniques, filetés à leur extrémité (fig. 815). En serrant les écrous sur ces pas de vis, on applique fortement la partie conique contre l'âme du rail et on provoque de plus le serrage du fil de cuivre. Dans le but de doubler la section utile de la connexion, on prolonge les

extrémités du fil de cuivre et on les raccorde au moyen d'un manchon. On peut également employer la disposition en spirale (fig. 816).

4° **Connexion « Chicago ».** — Le connecteur *Chicago* a été très employé pendant ces dernières années. Il présente l'avantage d'être formé d'une seule pièce et d'être directement en contact avec le rail, sans interposition d'aucune bague ou chapeau. Son prix de revient est, par contre, sensiblement plus élevé.

Les deux extrémités du connecteur sont terminées par un renflement cylindrique à l'intérieur duquel se trouve une cavité également cylindrique. Les bords de ces douilles portent sur une profondeur de quelques millimètres des entailles en croix (fig. 817).

On enfonce d'abord les douilles dans les trous de l'âme des rails. On rabat ensuite au marteau les bords de ces douilles, ce qui est facile par suite de la présence des entailles en croix. Cette opération a pour but de maintenir les douilles en place quand on viendra enfoncer à leur intérieur des goupilles en acier.

Ces goupilles (fig. 818), légèrement coniques, provoquent l'extension

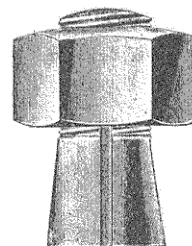


Fig. 815. — Boulon conique pour connexion.

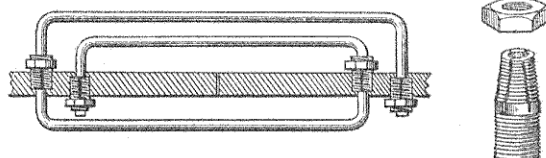


Fig. 816. — Connexion double à boulons coniques.

de la douille et l'appliquent par suite avec une grande force contre les bords du trou du rail.

L'enfoncement de cette goupille s'effectue au marteau avec la plus grande facilité.

Les connecteurs doivent avoir une longueur supérieure de 25 centimètres au moins, à celle des éclisses ; il faut, en effet, qu'après avoir replié les extrémités à 76 millimètres du bout de la douille, le connecteur dépasse encore l'éclisse de 5 centimètres de chaque côté.

Les trous dans les âmes des rails doivent être percés à 5 centimètres des bouts de l'éclisse.

Pendant le rabattement au marteau des extrémités de la douille, on maintient le connecteur en place au moyen d'un support spécial qui s'accroche après le champignon des rails (fig. 819).

Ces connexions se font avec des diamètres de 8 à 12 millimètres, les diamètres correspondants des trous des rails variant de 13 à 22 millimètres.

5° Connexion « Crown ». — Le connecteur *Crown* ressemble beau-

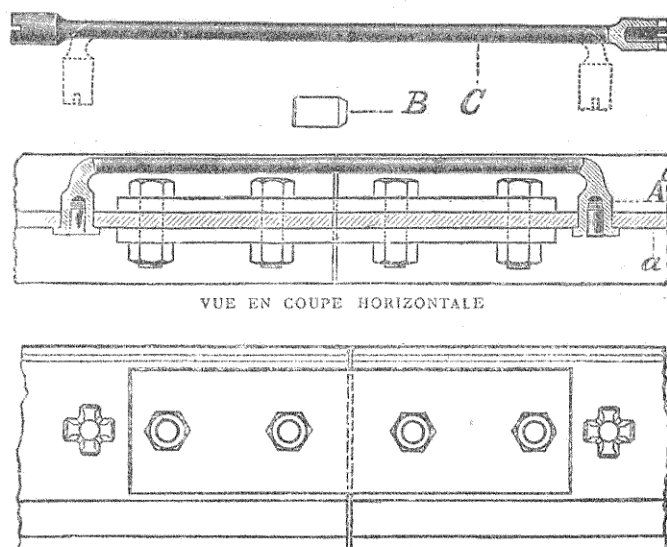


Fig. 817. — Connexion Chicago.

coup au connecteur *Chicago*, mais il en diffère cependant par une modification qui rend son emploi beaucoup plus général.

Avec le connecteur *Chicago*, il est indispensable que l'on ait accès sur les deux faces de l'âme du rail, chose qui est impossible avec les rails Marsillon et avec l'emploi des contre-rails. La mise en place du connecteur *Crown* ne nécessite, au contraire, l'accès du rail que sur une seule de ses faces. Le percement du rail, la mise en place du connecteur et l'enfoncement de la goupille s'effectuent du même côté.



Fig. 818.
Goupille en acier.

Cette disposition est avantageuse, également, lorsqu'on exécute les connexions sur une voie en exploitation. On ne se trouve plus dans l'obligation d'enlever les pavés ou l'asphalte des deux côtés du rail, ce qui constitue une réelle économie.

La pose de ces connecteurs est également plus facile, puisque le rabattement des bords sur le rail n'est plus nécessaire et qu'il est, par suite, inutile d'avoir recours à un support spécial pour maintenir la connexion en place pendant l'opération.

Les figures 820 et 821 représentent l'extrémité du connecteur avant et après la pose.

On peut voir sur la figure 822 l'ensemble de deux de ces connexions extérieures après leur pose.

Ces connexions d'une seule pièce ont, par contre, l'inconvénient de coûter plus cher que les connexions *Chicago*.

La figure 823 représente une connexion transversale du type *Crown*. Dans le cas d'une traversée de voie, on établit de grandes connexions franchissant tout l'espace occupé par l'appareil (fig. 824).

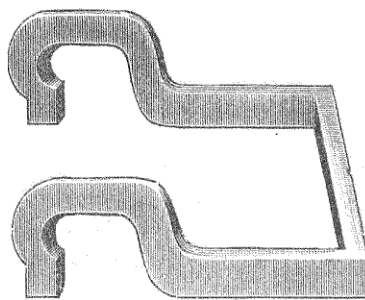


Fig. 819. — Support pour montage de la connexion Chicago.

6° Connexion Vedovelli. — Le connecteur Vedovelli, de même que le précédent, peut être posé dans les voies munies de contre-rails.

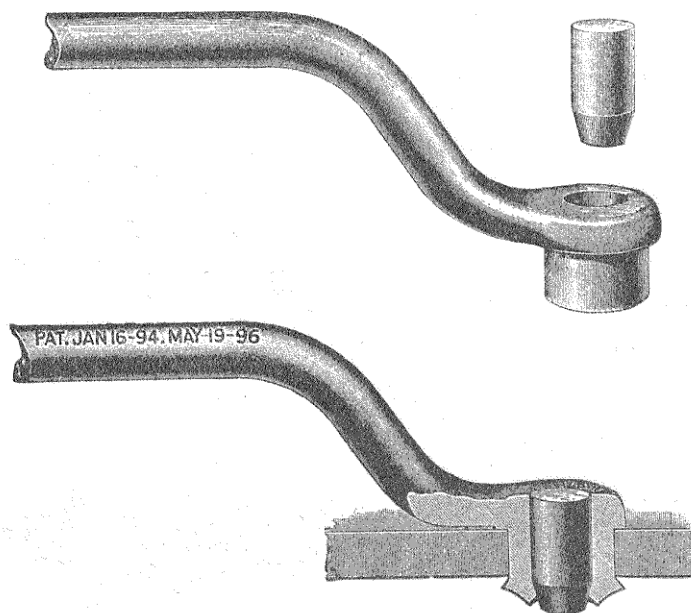


Fig. 820 et 821. — Connexion Crown avant et après la pose.

Les extrémités du connecteur sont renflées de manière à former une douille cylindrique. Dans cette douille on a ménagé à la scie un évidement suivant un plan diamétral (fig. 825).

La pose de la connexion s'effectue au moyen d'une cale en acier, cylindrique à l'une de ses extrémités et évidée en double sifflet du côté opposé (fig. 826). On introduit dans le trou du rail la partie cylindrique

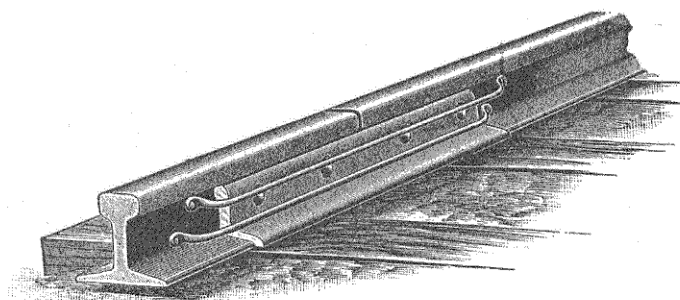


Fig. 822. — Connexions Crown extérieures.

de cette cale en acier. La partie disposée en sifflet vient buter contre les bords du trou du rail par suite de sa forme évasée (fig. 826).

On introduit ensuite la fourche de la connexion sur la partie amincie

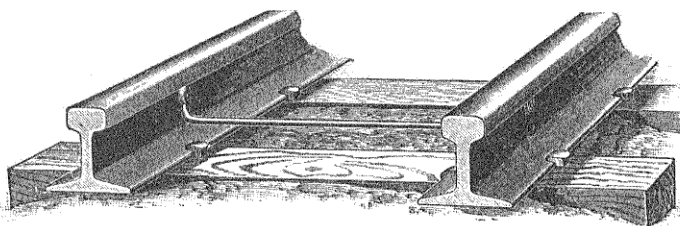


Fig. 823. — Connexion Crown transversale.

de la douille comme l'indique la figure 825. On entonce ensuite cette douille dans le trou du rail au moyen d'un marteau et d'une bouterolle spéciale. Par suite de la forme en sifflet de la cale, les deux branches

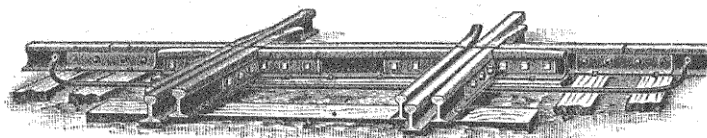


Fig. 824. — Connexions dans une traversée.

de la fourche divergent et s'appliquent fortement contre les parois du trou. Elles se replient même sur la paroi inaccessible de l'âme du rail (fig. 827).

Le mode d'enfoncement de cette connexion est particulièrement favorable à l'obtention d'un bon contact. En effet, sa surface extérieure se trouve mise à vif par suite du refoulement du connecteur accompagné d'une pression de plus en plus grande, normale à la douille. Il y a en quelque sorte un arrachement de la surface extérieure de la douille assurant un contact excellent avec les parois du trou du rail qui se trouvent elles-mêmes découpées par ce frottement considérable.

Cette connexion est malheureusement d'un prix assez élevé. De plus, le mode de fabrication à la main, qui était employé lorsque nous avons eu l'occasion de l'expérimenter, ne permettait pas d'obtenir des pièces possédant une section utile régulière.

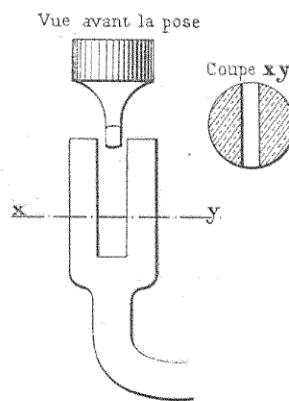


Fig. 825. — Connexion Vedovelli avant la pose.

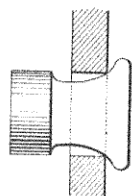


Fig. 826. — Cale en acier de la connexion Vedovelli engagée dans le trou du rail.

7° Connexions en cuivre et en acier doux. — L'Ohio Brass Company fabrique, en Amérique, des connexions formées d'un corps en cuivre, portant à ses deux extrémités des rivets en acier doux (fig. 828). La liaison du corps en cuivre et des têtes en acier est effectuée de telle sorte que la résistance électrique de la connexion ne soit pas sensiblement augmentée.

La pose de ce connecteur est des plus simples : on enfonce à coups de marteau les deux rivets dans les trous préparés pour les recevoir. On peut obtenir, de la sorte, une pression considérable qui assure un bon contact. Dans le but d'améliorer ce contact, on prend la précaution d'étamer les parties des rivets qui doivent pénétrer dans le rail.

Cette connexion a été relativement peu employée en Europe où l'on préfère, non sans raison, s'en tenir aux connecteurs en métaux de haute conductibilité.

Cet avis n'est pourtant pas universellement partagé puisque les Américains ont été encore plus loin dans cette voie et ont remplacé le corps en cuivre par une tige de fer.

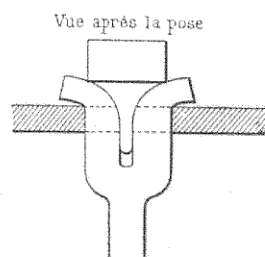


Fig. 827. — Connexion Vedovelli après la pose.

L'explication de cette manière de faire paraît résider dans la différence considérable de prix qui existe entre ces connexions et les dispositifs plus perfectionnés que nous avons vus précédemment. En effet,

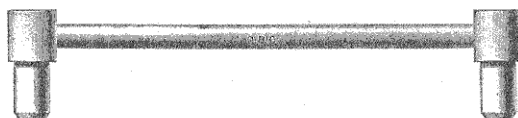


Fig. 828. — Connexions à rivets en acier.

un connecteur *Crown* coûte de 2 fr. 50 à 4 fr. 50 tandis qu'un connecteur en fer et acier ne dépasse pas les prix de 0 fr. 75 à 0 fr. 90.

Dans les cas où l'on désire faire des installations très économiques, ce procédé peut alors donner lieu à un examen plus approfondi.

8^e Connexion Bryan. — La connexion *Bryan* mérite une certaine attention par le fait qu'elle n'exige que deux trous dans les rails au lieu de quatre pour poser deux connecteurs (fig. 829 et 830).

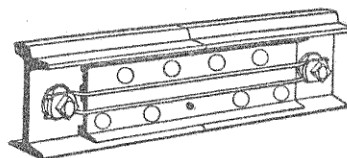


Fig. 829. — Connexion Bryan.

Ces trous ont, il est vrai, un diamètre supérieur à celui qui est nécessaire pour les connexions que nous avons examinées jusqu'à présent. Ils servent au passage de deux boulons qui ont pour but de maintenir les deux fils de connexion fortement serrés entre deux plaques formant mâchoires. Il est indispensable de décaper soigneusement la

partie du rail qui est en contact avec l'une des plaques de serrage, puisque c'est par cette surface que s'effectue le passage du courant.

Comme nous l'avons déjà signalé au début, le seul avantage que paraît présenter cette connexion réside dans la réduction du nombre de trous à percer.

Les connexions Bryan ont été employées sur une partie des lignes de tramways de Zurich.

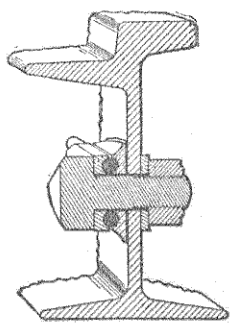


Fig. 830. — Coupe de la connexion Bryan.

2^e CLASSE. — CONNEXIONS SUR L'ÂME DU RAIL ET SOUS LES ÉCLISSES

Nous allons donner, maintenant, quelques exemples de connexions placées sous les éclisses.

L'avantage de cette disposition réside dans l'invisibilité et l'inaccessibilité des connexions, ce qui les préserve des convoitises des

voleurs de cuivre. Les voies en accotement, qui ne sont pas pavées, ont particulièrement à souffrir de ces vols, car rien n'est plus facile que de couper les fils de cuivre apparents.

Cette disposition intérieure a également pour résultat de protéger les connexions contre les atteintes des clés à écrous et des outils de bourrage des cantonniers chargés de l'entretien de la voie.

Par contre, la vérification du bon état de ces connexions est à peu

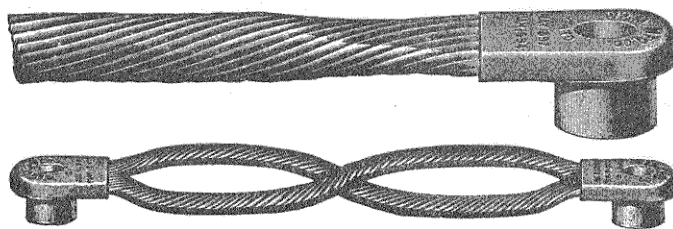


Fig. 831 et 832. — Connexions Crown sous éclisse (type long).

près impossible. Lorsqu'il s'agit de connecteurs du type court, cette vérification serait particulièrement urgente en raison des dislocations auxquelles ils sont soumis.

Il y a intérêt, au point de vue de l'économie, à ce que les connecteurs sous éclisses soient aussi courts que possible. D'un autre côté, il est indispensable que ces connecteurs se prêtent parfaitement aux dilatactions et contractions causées dans les rails par les variations de tempé-



Fig. 833 et 834. — Connexions Crown sous éclisse (type court).

rature, ainsi qu'aux vibrations et flexions déterminées par le passage des trains.

Un bon conducteur sous éclisse doit donc être flexible et extensible tout en présentant une longueur et une épaisseur aussi faibles que possible.

Nous citerons parmi les connexions remplissant le mieux ces différentes conditions, la connexion *Crown* appropriée à la pose sous éclisse.

La flexibilité est obtenue en constituant le corps du connecteur par un faisceau de fils de cuivre enroulés en spirale aplatie. Cette disposition assure au connecteur une grande flexibilité (fig. 831). La jonction de ces fils de cuivre avec les deux têtes en cuivre est obtenue sans soudure par un procédé de forgeage. Les connecteurs soudés sont, en effet, toujours sujets à se briser ou à se dessouder; de plus, la sou-

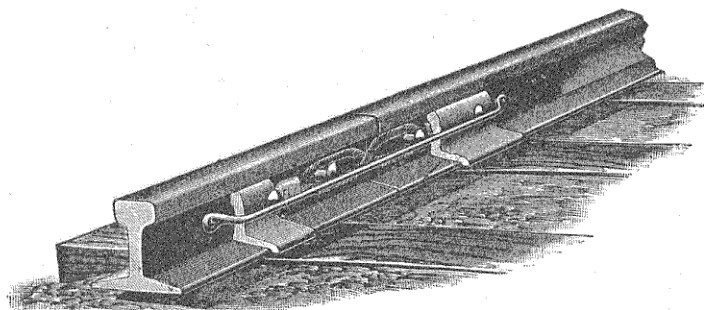


Fig. 835. — Emploi simultané de connexions Crown intérieure et extérieure.

ture, étant un métal inférieur au point de vue de la conductibilité, augmente la résistance électrique du connecteur.

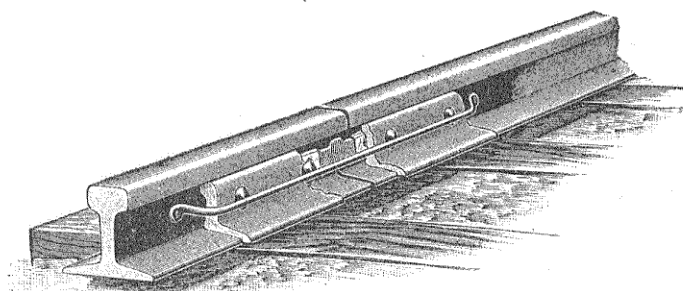


Fig. 836. — Emploi simultané d'une connexion Crown extérieure et d'une connexion Crown intérieure du type court.

En sciant la tête, on peut se rendre compte que les fils du connec-

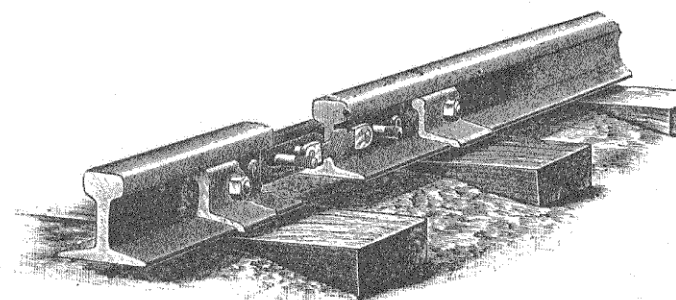


Fig. 837. — Emploi simultané de deux connexions Crown sous éclisse.

teur font absolument corps avec le connecteur et forment une masse de cuivre parfaitement homogène.

L'extension des connecteurs est prévue en donnant à ceux-ci des formes curvilignes.

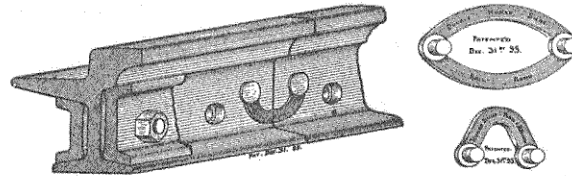


Fig. 833. — Connecteurs Atkinson à noyaux.

La figure 832 représente un connecteur de longueur relativement grande affectant vaguement la forme d'un 8. Cette disposition a pour

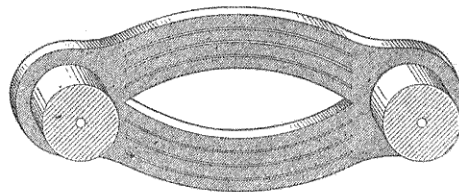


Fig. 840. — Connecteur Morris à noyaux (type elliptique).

but de ménager deux passages pour les boulons d'éclisses. On peut se rendre compte sur la figure 835 de l'installation de cette connexion sur une voie Vignole associée à une seconde connexion du type extérieur.

Les types courts affectent généralement les formes représentées par les figures 833 et 834. Le type incurvé permet plus facilement les déplacements et flexions des rails.

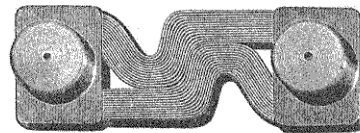


Fig. 839. — Connecteur à noyaux.

Le type renflé vers le milieu est moins encombrant et répond au même

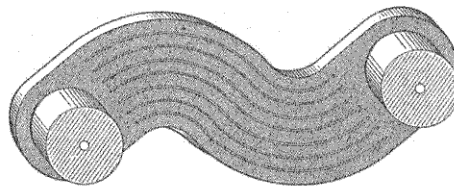


Fig. 841. — Connecteur Morris à noyaux (type en S).

but d'une manière différente : les fils constituant le connecteur sont enroulés vers le milieu de façon à être presque perpendiculaires à l'axe

longitudinal de la connexion. Il en résulte une grande flexibilité. Une extension trop longue n'aurait d'autre résultat que de dérouler les fils qui sont pour ainsi dire concentrés sur eux-mêmes (fig. 836 et 837).

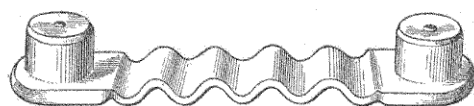


Fig. 842. — Connecteur à noyaux (type ondulé).

des faisceaux de fils de cuivre. Ils sont munis à chacune de leurs extrémités d'un noyau cylindrique massif en cuivre, que l'on enfonce dans les trous des rails au moyen d'un outil spécial. On obtient ainsi un excellent contact par suite du frottement réalisé au moment de l'enfoncement.

Les connecteurs *Morris* sont analogues aux connecteurs *Atkinson*. Leur forme est elliptique ou en S (fig. 840 et 841). Ils ne sont plus constitués par des fils de cuivre, mais par une plaque de cuivre découpée dans laquelle on a pratiqué une série de traits de scie parallèles les uns aux autres. On augmente ainsi la flexibilité de la pièce.

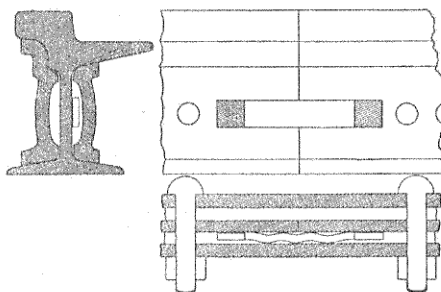


Fig. 843. — Connecteur à noyaux du type ondulé, après la pose.

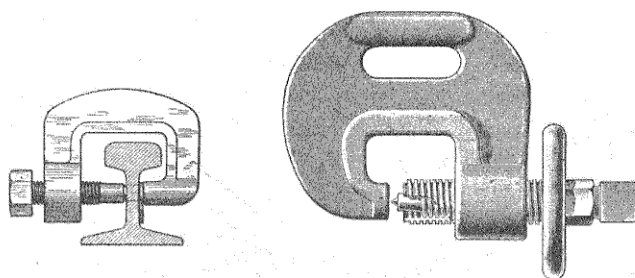


Fig. 844 et 844 bis. — Outils pour la mise en place des connecteurs à noyaux.

D'autres connecteurs, fabriqués par le même constructeur, sont constitués par une plaque de cuivre amincie et ondulée en son milieu. La mise en place se fait par noyaux rivés comme dans les connexions précédentes (fig. 842 et 843).

Les rivets de ces différents connecteurs sont forcés dans le trou du rail au moyen d'un appareil en forme de C muni d'une bouterolle fixe et d'une bouterolle à vis (fig. 844). On a construit récemment des appareils de ce genre comportant deux vis concentriques (fig. 844 *bis*). On serre la vis extérieure au moyen d'un petit volant et on termine la pression avec la vis intérieure sur laquelle on agit au moyen d'une clef.

3^e CLASSE. — CONNEXIONS DANS LE PATIN DU RAIL

Les connexions que nous venons de décrire peuvent se poser à la partie inférieure ou la partie supérieure du rail :

1^o Connexions sous le patin. — Les connecteurs courts du type Crown se prêtent parfaitement à la mise en place sous le patin des rails. Cette disposition paraît très pratique pour les voies établies en rails Vignole. On obtient ainsi des connexions aussi courtes que possible et dont rien ne vient déceler la présence. La figure 845 montre l'application de deux connecteurs cintrés sous une voie Vignole.

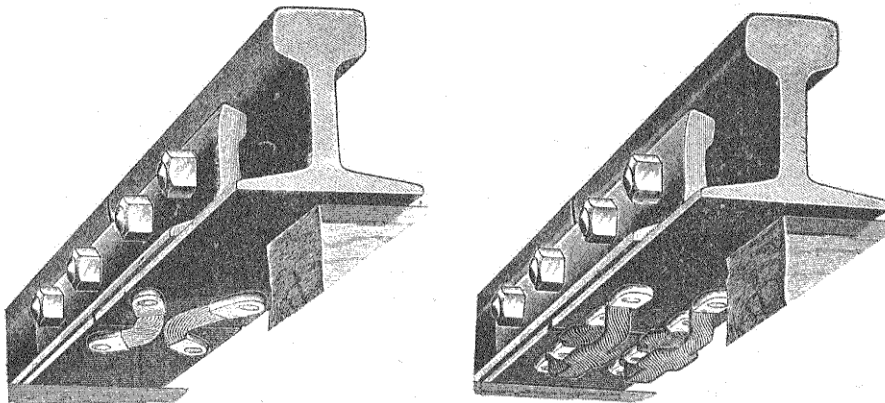


Fig. 845 et 845 *bis*. — Connexions Crown posées sous le patin du rail.

Dans le cas où l'intensité du courant nécessite l'installation de quatre connecteurs par joint, il est tout indiqué d'avoir recours à la disposition représentée sur la figure 845 *bis*.

Nous ne parlerons que pour mémoire des connexions établies, en Amérique, sur la table de roulement des rails (fig. 846). Cette disposition ne pouvait se justifier qu'au moment de l'installation de la traction électrique sur des voies anciennes. On réduisait ainsi au minimum le bouleversement de la chaussée.

2° Connexions sur le patin. — Les connexions faites sur l'âme du rail présentent toutes l'inconvénient de n'offrir qu'une faible surface de contact au passage du courant. Dans le cas où la ligne comporte une

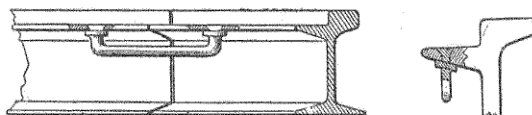


Fig. 846. — Connexions sur les tables de roulement.

grande intensité de courant, ce contact peut être insuffisant. C'est dans le but de remédier à cet inconvénient que l'Union Railway Company

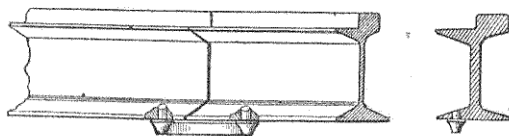


Fig. 847. — Connexion sur les patins des rails.

de New-York a installé sur les lignes la connexion représentée sur la figure 848.

Le trou qui a 20 millimètres de diamètre est percé obliquement dans l'angle formé par l'âme et le patin. Il résulte de cette disposition une surface de contact relativement considérable. Le corps de la connexion est constitué par quatre fils de cuivre. Les extrémités sont des douilles de cuivre légèrement coniques soudées à chaud sans interposition de métal étranger.

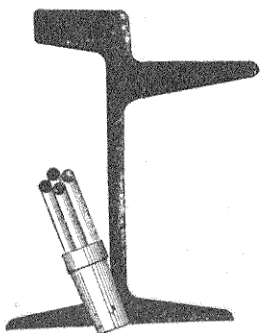


Fig. 848. — Connexion de l'Union Ry-Cy de New-York.

L'Union Railway Company, qui a fait usage de cette connexion, a employé pour percer les trous une perceuse mue par un moteur électrique. La rapidité de cet outil était si grande qu'il était possible de poser deux connexions en moins de deux minutes.

L'inconvénient de ce dispositif de connexion réside dans l'affaiblissement exagéré de la partie du rail qui travaille le plus à l'extension. Bien qu'il s'agisse d'un rail-poutre, il y a toujours lieu de ne pas oublier que le bourrage est toujours plus ou moins bien fait : il en résulte que les rails ont souvent à travailler à la flexion.

Quoi qu'il en soit, ce connecteur paraît avoir donné satisfaction aux compagnies qui en ont fait usage.

4^e CLASSE. — CONNEXIONS PAR LES ÉCLISSES

1^o Connexions pour voies anciennes. — Nous citerons ensuite un autre dispositif qui a été usité en Amérique pour l'équipement électrique des voies anciennes de chemins de fer. Dans cette disposition, ce sont les éclisses elles-mêmes qui sont utilisées pour le passage du courant (fig. 849).

On perce un trou dans l'éclisse et dans le patin du rail de manière à ne pas traverser complètement ce dernier. On évite d'employer l'huile pour le perçage du trou, afin de ne pas diminuer la conductibilité du joint ; on fait alors usage d'une dissolution de carbonate de soude dans de l'eau.

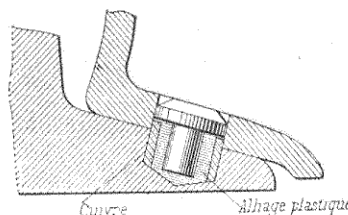


Fig. 849. — Connexion sur le patin par l'intermédiaire de l'éclisse.

On enlève soigneusement les copeaux métalliques avec un aimant, et on amalgame les parois du trou. On place ensuite une bague en cuivre qui s'applique exactement sur les parois du trou que l'on remplit ensuite, à moitié, d'un amalgame solide mou. On enfonce ensuite dans le trou une sorte de rivet à chapeau qui applique fortement l'amalgame contre les parois tout en jouant le rôle de couvercle.

Cette disposition présente un grave inconvénient puisque la connexion est subordonnée aux déplacements que peut subir l'éclisse, tout en n'étant pas organisée pour se prêter à ces mouvements. Aussi ne citons-nous cette connexion qu'à titre rétrospectif.

2^o Connexions plastiques de Th.-A. Edison et P. Brown. — Grâce à la nouvelle connexion inventée par MM. Th.-A. Edison et P. Brown, on a pu rendre pratique l'emploi des éclisses pour le passage du courant. Le jeu des rails n'a aucune influence sur le connecteur et le percement des trous devient complètement inutile (fig. 850-852).

Le connecteur *plastique* d'Edison se compose : 1^o d'un amalgame métallique mou par lequel le courant passe du rail à l'éclisse et de l'éclisse au rail suivant ; 2^o d'une plaque en liège qui sert à maintenir l'amalgame en place.

Pour que cette connexion donne de bons résultats, il est absolument indispensable d'en faire la pose avec le plus grand soin.

Il faut, avant tout, décaper parfaitement les surfaces de l'éclisse et des rails sur lesquelles s'effectuera le contact du connecteur. On choisit

sit comme surface de contact l'espace compris entre deux boulons d'éclisse de chaque rail.

Ce décapage s'effectue à la lime recourbée, à la meule ou au foret plat. On passe ensuite une éponge d'eau pure pour enlever toute la limaille qui peut rester adhérente.

Sur les surfaces ainsi nettoyées, on applique un amalgame solide qui les argente et les garantit contre l'oxydation.

On lave ensuite de nouveau à l'eau pure en prenant la précaution

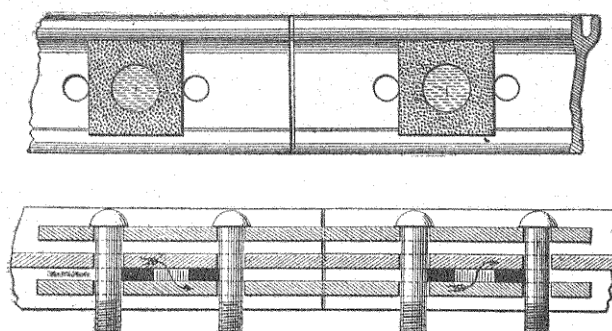


Fig. 850 et 851. — Connexion plastique Brown-Edison. (Elévation et coupe horizontale.)

de ne pas enlever le mercure métallique qui se trouve sur les parties argentées.

Aussitôt qu'il ne se forme plus de bulles de gaz sur les surfaces polies, on y applique les rondelles de liège.

Ces rondelles de liège sont enduites d'une matière isolante et imperméable; elles doivent préalablement être chauffées au chalumeau ou au-dessus d'un brasier quelconque. Cette opération, qui a pour effet de les rendre collantes, doit être faite avec précaution, car il faut éviter avec soin de brûler le liège.

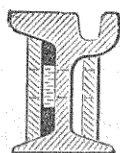


Fig. 852. — Coupe transversale de la connexion plastique Brown-Edison.

Il est souvent commode de maintenir les rondelles en place au moyen d'un fil de fer. On recommande aussi de ne pas salir la surface argentée du rail avec la matière noire dont le liège est saturé.

Lorsque la rondelle de liège est en place, on introduit l'amalgame plastique dans sa cavité au moyen d'une lame de fer recourbée qui sert d'entonnoir.

Dans le cas où la plasticité de l'amalgame ne serait pas uniforme, il suffirait de le pétrir avec les mains.

Lorsque les deux rondelles sont fixées et que l'amalgame plastique est placé dans son logement, il ne reste plus qu'à mettre les éclisses et à serrer les boulons. Il est nécessaire d'effectuer un demi-serrage, même dans le cas où la voie n'est pas encore réglée, afin que le contact soit parfait. Le serrage réduit de moitié, en épaisseur, le métal plastique maintenu par le liège. Quand on lâche les écrous l'amalgame regagne jusqu'à 6 millimètres de l'épaisseur perdue.

Les connexions transversales se font avec une tige de cuivre filetée à ses deux extrémités. Les extrémités de cette tige, ainsi que les trous dans les rails, sont argentés au moyen de l'amalgame solide. Le reste du trou est rempli avec de l'amalgame malléable qui est maintenu en place des deux côtés au moyen de rondelles en liège et d'écrous.

La connexion plastique *Edison* donne de très bons résultats lorsqu'elle est exécutée avec soin, mais elle demande de grandes précautions.

L'amalgame solide, étant toxique et corrosif, ne doit jamais être manié avec les mains. On le met en place au moyen d'un manche en bois spécial, qui est fourni avec la matière. Cette dernière est livrée en boîte à couvercle vissé. Ces boîtes doivent rester hermétiquement fermées, car l'amalgame se décompose rapidement à l'air.

L'amalgame plastique est également très toxique. Il est recommandé aux ouvriers de se laver très soigneusement les mains avant de manger ou de toucher du tabac.

3° Connexions plasticupriques. — M. Harold Brown, de New-York, fabrique, en ce moment, un nouveau connecteur à ressorts auquel on a donné le nom de *plasticuprique*. Ce connecteur mérite une sérieuse attention par suite des réelles qualités qu'il possède. Il n'exige pas le percement de trous dans les rails et permet, si on le désire, d'utiliser l'éclisse pour le passage du courant. Il ne nécessite pas la manipulation délicate d'un amalgame toxique facilement sujet à l'altération.

Il a, par contre, à notre avis, l'inconvénient de subordonner la qualité du contact à la conservation des propriétés élastiques de ressorts. Les constructeurs affirment cependant que ces qualités élastiques ne sont pas altérées au bout de plusieurs années. Les connexions en question sont en service depuis trop peu de temps pour que l'on puisse avoir une opinion bien arrêtée sur la durée de leur conservation.

Dans tous les cas, ceux qui en ont fait usage déclarent que, jusqu'à présent, ils n'ont pas remarqué d'inconvénients provenant de la présence des ressorts.

Le connecteur *plasticuprique* se compose d'un rectangle en cuivre électrolytique laminé. Sur l'une des faces se trouvent rapportés deux

mamelons en alliage plastique qui ont pour but d'assurer le contact avec les âmes des deux rails (fig. 853).

Sur l'autre face de la pièce de cuivre se trouve une mince feuille de tôle d'acier qui a pour but d'assurer une bonne répartition de la pression transmise par les ressorts. Ces derniers se trouvent placés dans des cavités pratiquées dans la plaque de liège qui recouvre le rectangle en tôle et cuivre (fig. 854 et 855). Les différentes pièces composant le connecteur sont maintenues

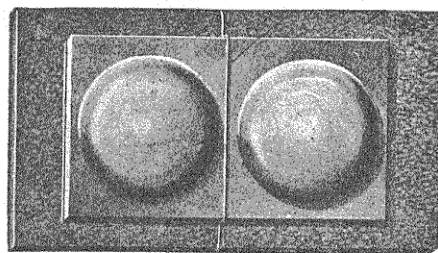


Fig. 853. — Connecteur plasti-cuprique.

ensemble au moyen d'un fil de fer qui passe entre les deux mamelons.

Les différentes parties métalliques de ce connecteur sont recouvertes d'un alliage spécial qui les préserve de l'attaque des agents atmosphériques.

Les ressorts sont fabriqués de telle sorte que la pression du connecteur contre le rail soit d'environ 75 kilogrammes par centimètre carré.

Le connecteur s'applique entre les deux boulons d'éclisses les plus rapprochés

du joint, de sorte que chacun des deux mamelons se trouve appliqué sur un rail différent (fig. 856 et 857).

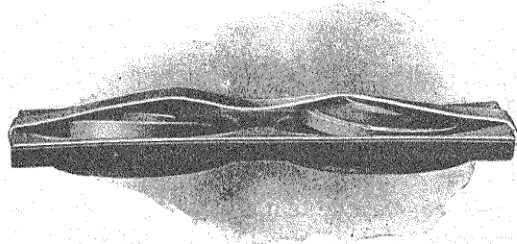


Fig. 855. — Connecteur plasti-cuprique.

Le courant passe alors d'un rail à l'autre par l'intermédiaire de la plaque en cuivre ; l'éclisse ne joue donc aucun rôle au point de vue du passage du courant. Dans le cas où la section de la plaque de cuivre serait insuffisante pour permettre le passage du courant sous une intensité normale, on peut utiliser très facilement l'éclisse en noyant chacun des ressorts dans de l'amalgame plastique.

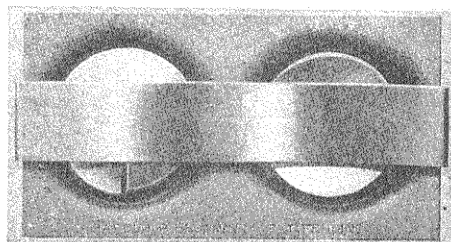


Fig. 854. — Vue postérieure du connecteur plasti-cuprique.

Le connecteur *plasticuprique* possède les qualités du connecteur plastique *Edison*, puisqu'il n'a aucune attache fixe avec les rails et avec l'éclisse. Les mouvements longitudinaux de ces rails sont parfaitement libres et n'ont aucune influence sur la connexion électrique. De plus un seul connecteur *plasticuprique* étant à cheval sur les deux rails remplit les mêmes fonctions que deux connecteurs *plastiques* dont l'un sert à l'entrée du courant dans l'éclisse et l'autre à sa sortie. Le connecteur *plasticuprique* n'a, par suite, que deux contacts tandis que le connecteur *plastique* en comporte quatre.

Par contre, ce dernier présente l'avantage d'être dépourvu de ressorts, ce qui est certainement un avantage.

Les fabricants du connecteur *plasticuprique* prétendent qu'un serrage presque nul du connecteur sur les rails suffit pour la transmission de 2000 ampères sans pertes sensibles. Ils recommandent cependant de visser les boulons d'éclisses avec interposition de rondelles Grover.

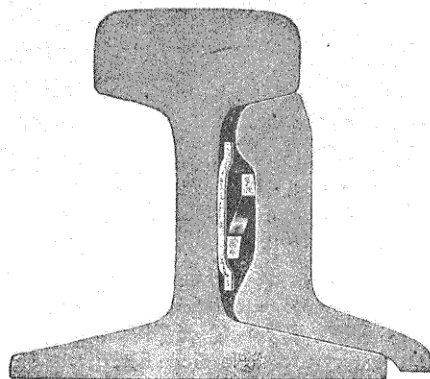


Fig. 856. — Coupe de la connexion plasti-cuprique.

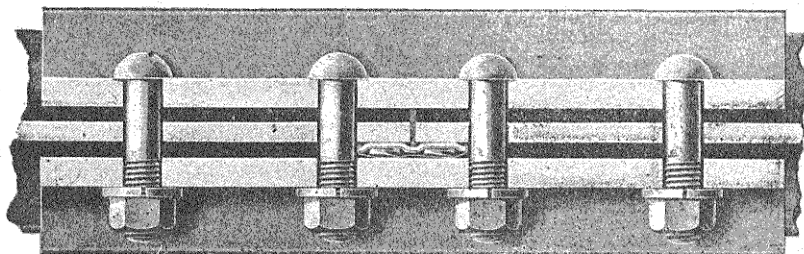


Fig. 857. — Coupe horizontale de la connexion plasti-cuprique.

Dans le cas où l'espace libre entre le rail et l'éclisse est inférieur à 6 millimètres, on fait usage de connecteurs *plasticupriques* dépourvus de ressorts. Le rectangle de liège donne alors une élasticité suffisante.

L'emploi de ces connecteurs devient impossible si l'épaisseur de l'espace libre descend au-dessous de 4 millimètres.

La pose de ce connecteur se fait en prenant les précautions que nous

avons déjà signalées à propos du connecteur *plastique*. Il faut commencer par décaper fortement les extrémités des rails avec une meule à émeri ou des forets. Dans le cas où l'on fait usage de ces derniers, il faut les choisir d'un diamètre de 30 à 40 millimètres et veiller à ce que les rails ne soient pas trop entamés; l'opération a, en effet, simplement pour but de mettre l'acier véritablement à nu.

L'emploi de l'huile pour la lubrification des forets doit être absolument proscrit; on ne doit se servir que d'une dissolution de carbonate de soude dans de l'eau. On mouille ensuite les surfaces nettoyées avec de l'eau claire, prise dans un seau en fer galvanisé, en enlevant avec soin les limailles pouvant adhérer au rail à l'emplacement du connecteur.

Pendant que les surfaces sont encore mouillées, on les frotte avec de l'alliage solide jusqu'à ce que la surface de l'acier soit parfaitement brillante. On lave ensuite une dernière fois la surface avec un pinceau mouillé, en ayant soin de ne pas enlever l'alliage.

L'application de l'alliage donnant lieu à une réaction chimique, il se produit un dégagement de gaz. Cette opération ne peut se faire d'une façon intégrale qu'en présence d'un excès d'eau. Il est donc nécessaire de mouiller abondamment les surfaces pendant tout le temps que dure le dégagement gazeux.

Les surfaces ainsi préparées doivent recevoir immédiatement une couche d'alliage mou. Ce dernier est nécessaire pour compléter l'action chimique et doit s'appliquer avec un outil spécial livré avec les connecteurs.

La résistance ohmique du joint, ainsi constitué ainsi que son inaltérabilité dépendent de la façon suivant laquelle l'alliage a été appliqué.

On fabrique également des connecteurs dans lesquels on n'emploie pas de plaquettes de liège. Les ressorts sont maintenus en place au moyen d'une bande de métal repliée à ses deux extrémités (fig. 854). Cette bande remplace alors le fil de fer employé lorsqu'on fait usage des plaquettes de liège.

Généralement, on ne pose qu'une seule connexion par joint. Lorsque l'on a affaire à des courants d'une grande intensité, il est alors tout indiqué de poser un second connecteur sur la face opposée de l'âme du rail.

5° CLASSE. — JOINTS SOUDÉS OU COULÉS

Soudure électrique. — Les différents essais de soudure électrique des rails ont été décrits avec de nombreux détails dans l'ouvrage de MM. Blondel et Paul-Dubois¹. Nous rappellerons simplement la

¹ A. Blondel et F. Paul-Dubois. *La Traction Électrique sur voie ferrée*, t. I^{er}, p. 74.

méthode qui a été employée, en Amérique, sur les tramways de Saint-Louis pour réaliser pratiquement cette soudure.

Une voiture spéciale de tramway prenait le courant au moyen d'un trolley. Le courant continu à 500 volts arrivait ensuite dans un transformateur rotatif qui le convertissait en courant alternatif monophasé dont la fréquence était de 74 périodes par seconde (fig. 858).

Le courant alternatif traversait ensuite un interrupteur et une bobine

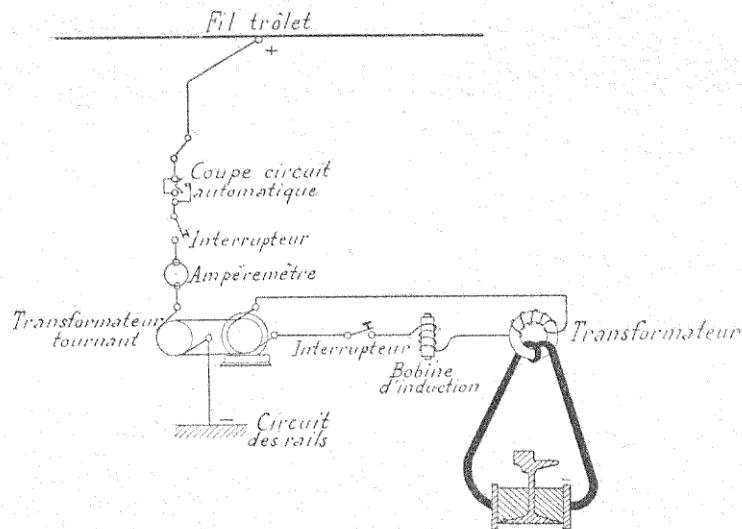


Fig. 858. — Schéma des circuits d'un transformateur-soudeur.

d'induction régulatrice à noyau de fer mobile et arrivait enfin dans un transformateur statique qui le transformait en courant à grande intensité sous une tension de 3 à 4 volts seulement.

Ce dernier transformateur était suspendu à une grue (fig. 859 et 860). Son enroulement secondaire se réduisait à une seule spire de cuivre massif aboutissant à des contacts en cuivre creux entre lesquels se faisait la soudure (fig. 861 et 862).

La grue de la voiture était commandée au moyen d'un moteur électrique. Un autre moteur actionnait une pompe qui était utilisée pour faire passer un courant d'eau froide à l'intérieur des contacts en cuivre.

La voiture en question était précédée d'un chariot auxiliaire portant deux moteurs électriques actionnant des meules à émeri. La machine à souder était disposée à l'arrière, afin que l'on ne fût pas obligé de faire passer le matériel sur un joint encore chaud.

« Avant de souder un joint, on faisait buter l'un contre l'autre les

deux bouts de rails en enfonçant un coin dans le joint précédent et

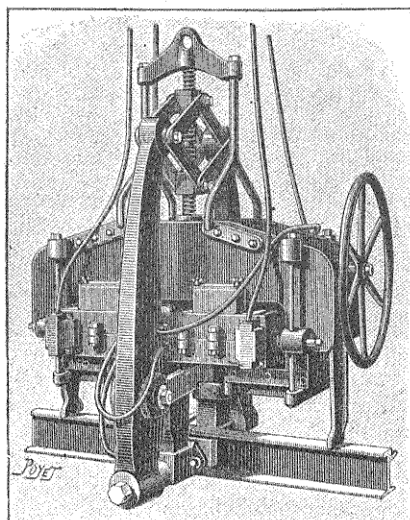


Fig. 859. — Transformateur soudeur.

l'on dressait à la meule les faces verticales des rails sur une longueur de 0^m,05 de part et d'autre du joint. Puis le joint était emboîté entre deux blocs d'acier 1,1 (fig. 861) enveloppant partiellement le patin et sur lesquels venaient s'appliquer les pièces de contact. On faisait alors passer progressivement le courant et, lorsque la température de la soudure était atteinte, on pressait très fortement les pièces de contact l'une contre l'autre, de manière à faire pénétrer une certaine quantité de métal fondu entre les bouts des rails. Puis on mettait en place les deux blocs supérieurs 2,2 sur lesquels on recommençait l'opération.

« Le temps moyen nécessaire à la confection d'un joint variait de

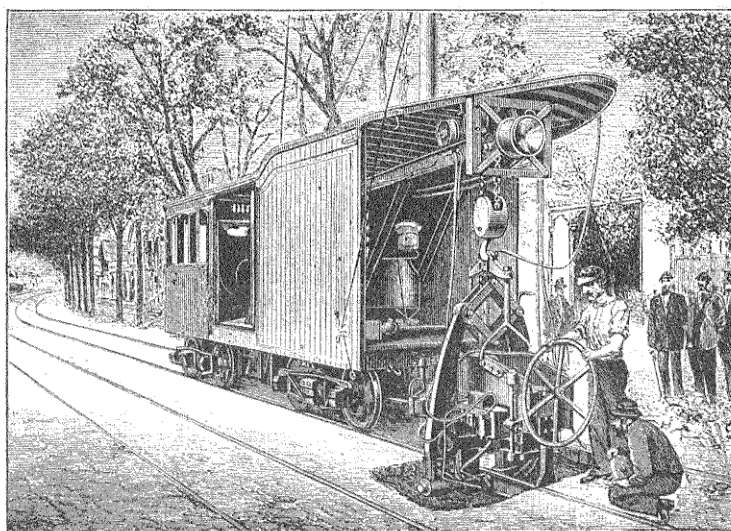


Fig. 860. — Voiture équipée pour la soudure électrique des rails.

douze à quinze minutes dont la plus grande partie était prise par les

opérations préparatoires et la mise en place de la machine. Chaque soudure absorbait une quantité de courant de 250 ampères environ pendant deux à trois minutes sous la tension moyenne de 500 volts. Le prix de revient était de 15 à 20 francs par joint. On a soudé ainsi 10 kilomètres de voies ¹. »

D'autres applications de la soudure électrique ont été faites à Cleveland et à Brooklyn. Le prix de 15 à 20 francs par joint est certainement très élevé. Il convient, cependant, si l'on veut faire une comparaison, de défalquer de ce prix la valeur de la paire d'éclisses et de 4 ou 6 boulons d'éclisses qui sont rendus inutiles par la soudure. Le prix réel du joint reste cependant considérable en comparaison de tous les autres systèmes de connexion connus.

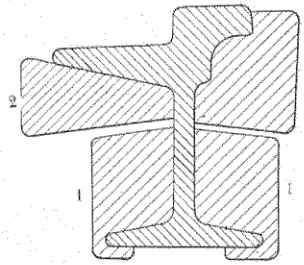


Fig. 861. — Blocs servant à la soudure.

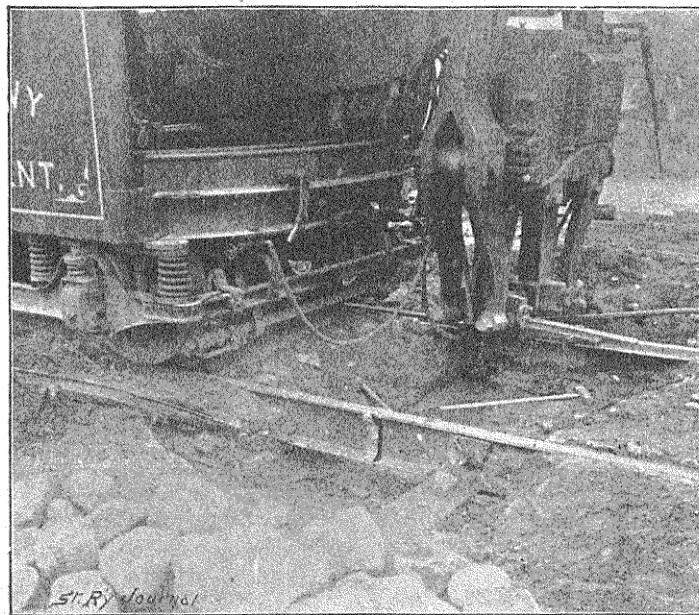


Fig. 862. — Mâchoires du transformateur soudeur.

Les voies soudées électriquement ont, par contre, l'avantage de donner une douceur exceptionnelle de roulement. On avait craint tout

¹ A. Blondel et P.-Dubois, *La Traction Électrique*, t. 1^{er}.

d'abord que l'absence de jeu dans la voie ne produisit des ruptures en hiver et des déformations en été. La pratique ne semble pas avoir confirmé ces craintes en ce qui concerne les ruptures, et le calcul, lui-même, a prouvé que le métal ne supportait pas un effort de traction ou de compression par millimètre carré supérieur à celui que l'on peut admettre sans inconvénient.

Par contre, la rupture d'un joint constitue un accident bien difficile à réparer. Il semble, en effet, peu admissible que l'on puisse avoir

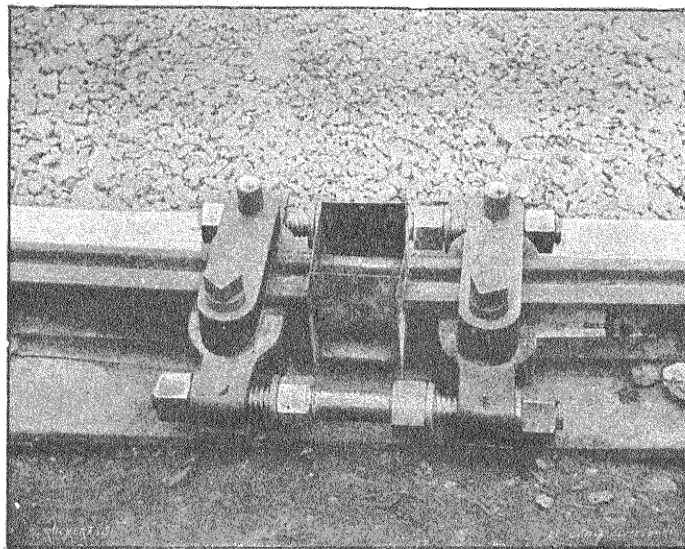


Fig. 863. — Dispositif pour la soudure des rails à l'aluminium (procédé Goldschmidt).

recours à un matériel aussi compliqué pour faire une simple réparation. Ce matériel peut être acceptable pour des entrepreneurs qui ont à exécuter un grand nombre de joints par jour sur une ligne en construction. Il paraît, par contre, peu probable qu'une compagnie d'exploitation immobilise un capital aussi considérable que celui qui est représenté par l'achat d'un matériel de soudure ; cette dépense serait d'autant moins justifiée que les occasions d'utiliser ce matériel seraient, en somme, assez peu fréquentes.

Il convient de mentionner ici les expériences sur la soudure des rails qui ont été faites récemment d'après le procédé Goldschmidt. Ce procédé est basé sur la température élevée que l'on peut obtenir lorsqu'on fait réagir l'aluminium sur un oxyde tel que Fe_2O_3 . La chaleur ainsi produite est utilisée en vue de la soudure.

Pour souder les rails par le procédé Goldschmidt, on maintient ceux-ci serrés au moyen de mâchoires et de tirants à vis. On enveloppe le profil d'un moule en tôle mince soutenu extérieurement par du sable (fig. 863). On verse ensuite dans le moule un mélange en fusion d'oxyde de fer et de grains d'aluminium (fig. 864).

Quelques instants après la fin de l'opération, on produit un serrage au moyen de grandes clefs agissant sur les écrous qui terminent les tirants. Ce serrage a pour but de produire un contact parfait entre



Fig. 864. — Soudure des rails par le procédé Goldschmidt

les extrémités des deux rails à souder au moment où elles ont été amenées à l'état pâteux.

Les soudures obtenues par le procédé sont très bien faites. Toutefois la méthode Goldschmidt n'a pas encore été employée d'une manière industrielle¹.

Joints Falk. — Dans le but d'éviter la complication résultant de l'emploi de la soudure électrique, on a essayé de réaliser une voie continue en coulant de la fonte autour du joint. Ce procédé a été rendu pratique avec le système Falk qui vient d'être employé récemment par plusieurs compagnies de tramways. Nous citerons, en particulier, les tramways de Marseille, Rouen, le Havre, Berlin, etc.; à Paris, le tramway

¹ Voir sur ce sujet le *Génie Civil*, t. XXXVII, n° 25.

de la Bastille à Charenton, ainsi que celui de la Bastille à Saint-Ouen ont leurs rails assemblés au moyen de joints Falk (fig. 865 et 866).

La première opération consiste à décaper soigneusement les extrémités des rails qui seront en contact avec la fonte. On a essayé, tout d'abord, de faire cette opération avec un appareil à vapeur, à jet de

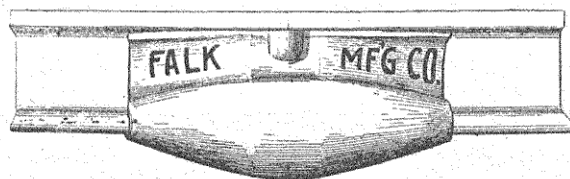


Fig. 865. — Joint Falk.

sable. En raison de la dépense considérable résultant de l'application de ce procédé, on s'est contenté, dans la suite, de faire le nettoyage à la main avec de la paille de fer.

Lorsque les rails ont le degré de propreté voulu, on règle soigneusement leurs extrémités de façon qu'il ne se produise aucune dénivellation au droit des joints.

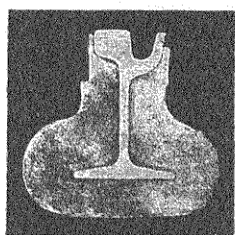


Fig. 866.
Coupe du joint Falk.

Il ne faut pas qu'il y ait d'intervalle entre deux rails consécutifs. On les supprime en introduisant des cales en fer ayant toute la hauteur du rail.

Dans le but de rendre plus complète la liaison entre le rail et le manchon en fonte, on introduit, à force, des goujons en fer dans les trous des boulons d'éclisses.

On procède ensuite à la mise en place du moule métallique qui est en deux pièces, l'une mâle, l'autre femelle. On prend, au préalable, la précaution de badigeonner les parois intérieures du moule avec un mélange d'huile et de plombagine.

Les deux parties du moule sont maintenues assemblées au moyen d'une pièce appelée serre-moule (fig. 867).

On pose ensuite dans la gorge et sur la table de roulement du rail une pièce en acier épousant exactement le profil de ces parties du rail. Cette pièce, qui se place à cheval sur le joint, a reçu le nom de *chien*. Elle est destinée à empêcher la fonte de couler dans l'ornière et maintient de plus les extrémités des deux rails dans la position qu'ils doivent occuper pendant tout le temps que dure la coulée. Une traverse, prenant appui sous les patins des deux rails du joint au moyen de crochets, porte en son milieu une forte vis qui permet d'exercer une pression énergique sur le chien placé à cheval sur le joint.

On bouche ensuite avec du sable tous les joints du moule et on place sur ce dernier un petit plan incliné qui permet de couler la fonte plus

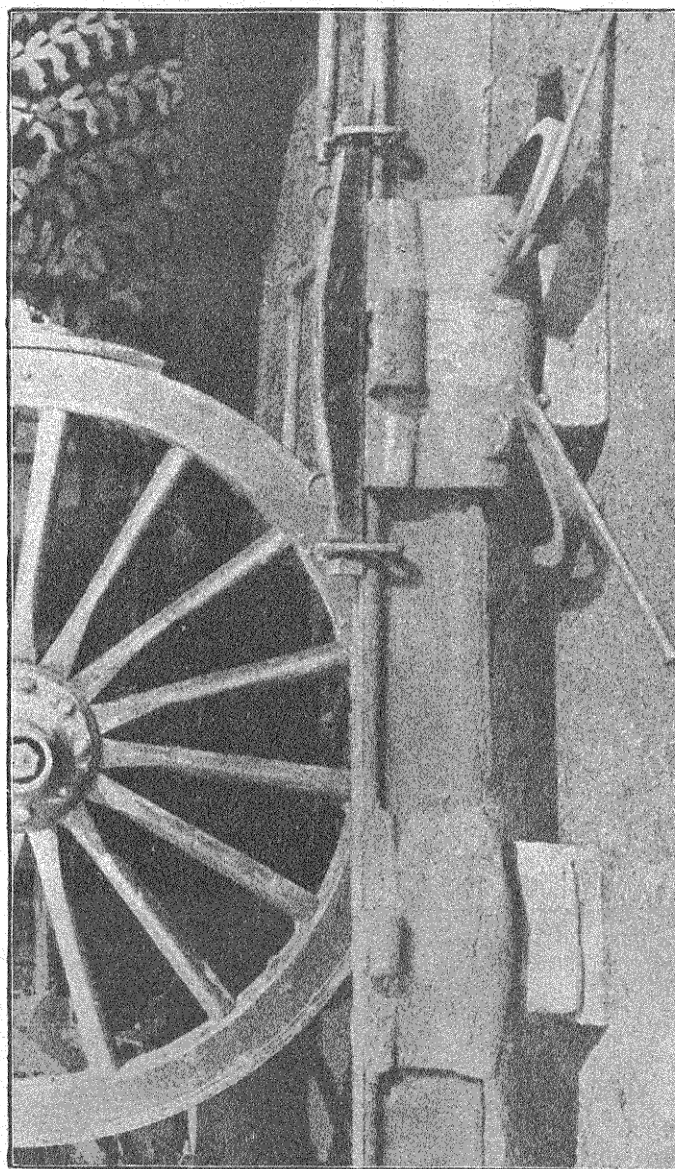


Fig. 867. — Joint coulé et moule disposé pour recevoir la fonte.

facilement. Il ne reste plus ensuite qu'à faire venir le cubilot et à procéder à la coulée (fig. 869).

Ce cubilot est monté sur un chariot qui porte également une chaudière verticale, un moteur et un ventilateur.

On emploie souvent la chaudière Field et la turbine de Laval en raison de leur faible poids, eu égard à la puissance dont ils sont capables.

M. A. Magnier, ingénieur des tramways de Marseille, qui a employé le joint Falk sur ses lignes, a donné au sujet de la coulée de la fonte les indications suivantes¹ :

Pour l'allumage du cubilot, on emploie 25 kilos de bois, 5 kilos de

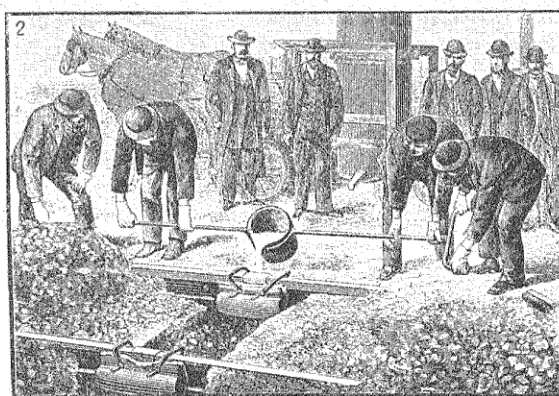


Fig. 868. — Coulée de la fonte.

paille et 200 kilos de coke qu'on laisse brûler pendant une heure sans souffler.

Puis on ajoute successivement :

Environ 750 kilos de fonte et 60 kilos de coke.

Un peu de castine.

350 kilos de fonte et 60 kilos de coke.

Un peu de castine et ainsi de suite jusqu'à ce que le cubilot soit plein.

On peut employer les débris de fonte provenant des travaux, mais il est cependant préférable de ne pas le faire.

La chaudière est mise en pression pendant la charge. On fixe le manchon mettant le cubilot en communication avec le ventilateur et on commence à souffler. Aussitôt que la fonte entre en fusion, on ferme les trous de coulée avec des tampons d'argile qu'on n'enlève qu'au moment où la fonte coule par le trou du laitier, qui est laissé constamment débouché.

Le cubilot doit être maintenu plein aussi longtemps que cela est

¹ La Revue Technique, 1899, « Joints Falk », par Arsène Magnier.

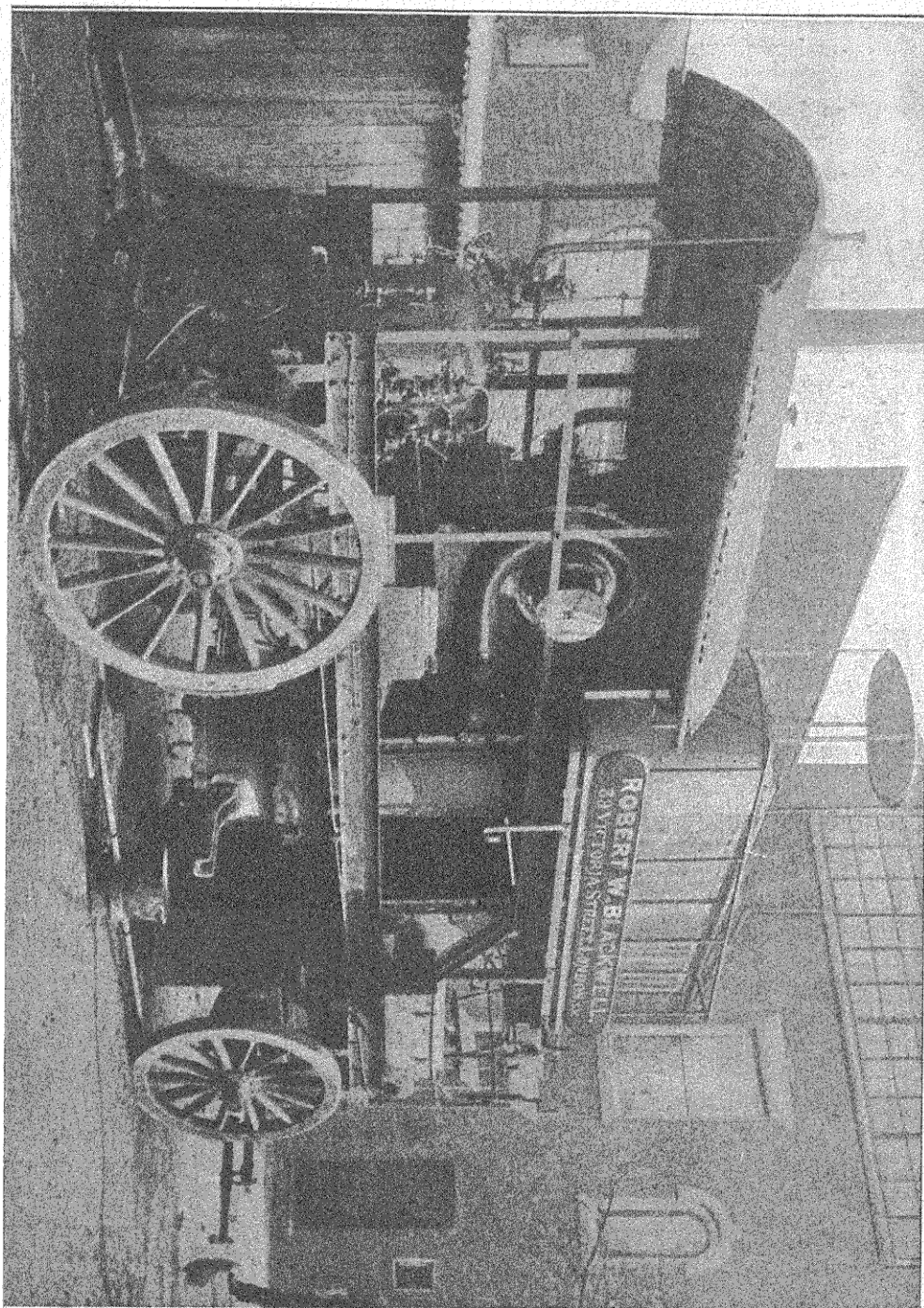


Fig. 869. — Cubilot mobile pour la couée des joints Falk.

nécessaire pour le nombre de joints à couler ; si on a à le déplacer, on arrête la soufflerie.

Celle-ci peut être arrêtée une vingtaine de minutes sans crainte que la fonte ne se solidifie.

Après que les derniers joints ont été coulés, on arrête la soufflerie, on coule ce qui reste de fonte en fusion et on ouvre les portes du cubilot.

La fonte est recueillie dans des poches et apportée le plus vite possible devant le joint (fig. 868).

On écume et on verse sur le plan incliné, qui doit être placé de telle sorte que la fonte vienne toucher le rail et le réchauffe avant de tomber au fond du moule. Il faut verser lentement de façon à éviter les étincelles et à permettre à l'air de s'échapper pour éviter des soufflures.

Au bout d'une minute, environ, après la coulée, on dégarnit le bourrage du moule, on enlève le serre-moule avec un crochet et on fait tomber les deux parties du moule avec une pince.

Le chien est laissé en place un temps variable suivant les appréciations : dix minutes à Lyon, deux heures à Rouen, cinq heures à Paris.

On enlève ensuite les bavures et on ramène les rails de niveau à la main avec des limes ou avec une meule en émeri, mue par un moteur électrique.

M. Magnier estime à 18 hommes l'équipe nécessaire pour le coulage de 60 à 70 joints par jour.

Les manchons de fonte coulée ont généralement une longueur moyenne d'environ 35 centimètres. Leur poids varie suivant le poids du rail de 50 à 60 kilogrammes par joint.

D'après l'inventeur du procédé, il serait nécessaire de porter la fonte à une température de 1 400° pour produire un ramollissement du rail et, par suite, une pénétration partielle.

Pratiquement cette sorte de soudure ne se produit jamais. Les différentes cassures de joints qui ont été faites intentionnellement ont permis de constater que les lignes de démarcation de la fonte et de l'acier étaient toujours parfaitement marquées (fig. 866). Il arrive même parfois que, par suite de la dilatation et de la contraction successives de l'acier, le contact entre les deux métaux est assez mauvais. Ce fait est assez rare, mais sa gravité provient surtout de ce qu'il n'existe aucun signe extérieur permettant de découvrir l'imperfection.

A la suite de quelques déboires de ce genre, on a conseillé de doubler ce joint d'un système d'éclissage par fils de cuivre. Le joint coulé est alors considéré seulement comme un joint mécanique et non plus comme un joint électrique.

Cette manière de faire a l'inconvénient d'être extrêmement dispendieuse, aussi a-t-elle été fort peu suivie.

Au point de vue mécanique, le joint Falk assure une grande douceur de roulement, mais il présente le très grave inconvénient de se briser relativement souvent, surtout en hiver. Le remplacement d'un joint devient pour ainsi dire impossible, car on ne peut mobiliser une équipe de 18 hommes, avec un cubilot, pour exécuter un si petit travail.

De plus, il n'y a qu'à se promener sur une voie munie de joints Falk pour constater que les rails forment de véritables sinusoïdes, peu sensibles, il est vrai, mais fort visibles cependant. Une voie aussi peu rectiligne ne peut qu'être favorable à l'usure des boudins des roues des voitures.

On a fait, en Amérique, des essais sur la conductibilité électrique des joints Falk qui ont permis de constater qu'un joint normal avait une conductibilité d'environ 75 p. 100 de celle du rail.

On a trouvé au cours d'autres essais que la résistance du joint Falk n'était pas supérieure à celle de deux connexions *Chicago*. Ces résultats seraient excellents si on pouvait les obtenir avec tous les joints. Nous avons vu que cela n'était malheureusement pas possible.

Voici cinq essais pris au hasard sur des joints dépourvus de connexions :

1 ^{er} joint.	Résistance de 0 ^{ohm} ,00060
2 ^e —	— de 0 ^{ohm} ,00706
3 ^e —	— de 0 ^{ohm} ,00407
4 ^e —	— de 0 ^{ohm} ,00071
5 ^e —	— de 0 ^{ohm} ,00038

Comme on peut le constater il n'y a pas de constance dans les résultats et le deuxième joint peut être considéré comme étant franchement mauvais. Il semble donc prudent de mesurer la résistance de tous les joints avant de mettre la voie en service et de poser ensuite des connexions en cuivre sur tous les joints dont la conductibilité laisse à désirer.

Dans les aiguillages et, d'une manière générale, dans toutes les parties qui sont sujettes à des remaniements, on n'emploie jamais le joint coulé. On fait usage des éclisses ordinaires et d'un système quelconque de connexion.

En résumé les avantages du joint Falk sont les mêmes que ceux des voies soudées électriquement. Ces avantages sont plutôt d'ordre mécanique que d'ordre électrique. Les voies ainsi assemblées ont une douceur de roulement exceptionnelle, et l'absence de chocs résultant du martelage au droit des joints est aussi profitable aux voyageurs qu'au matériel. Enfin lorsque les joints tiennent bon, ce qui est, en somme, le cas général, la durée de la voie peut être assimilée à la durée des rails.

Par contre, les inconvénients d'une telle voie résident d'abord dans le prix relativement très élevé que coûte chaque joint. Ce dernier revient, en effet, à une vingtaine de francs environ. La conductibilité électrique n'est pas toujours suffisante et rend parfois nécessaire l'emploi des connexions. En cas de rupture d'un joint les deux parties de rails en présence se séparent et occasionnent des chocs très violents au passage des roues des voitures; dans le cas où l'on se trouve dans un terrain très sec ou sur du béton, il y a alors interruption à peu près complète du courant dans une file de rails, si l'on n'a pas pris la précaution d'établir des connexions transversales. Les réparations sont des plus coûteuses et nécessitent un matériel que ne peuvent posséder les compagnies d'exploitation de tramways.

Dépenses d'établissement des connexions. — Les dépenses d'établissement des différents dispositifs de retour du courant sont assez variables suivant le système adopté.

MM. Blondel et Paul-Dubois ont estimé à des sommes variant de 1 500 à 2 000 francs par kilomètre le prix de revient de l'éclissage électrique d'une voie ferrée. L'emploi des joints soudés ou coulés conduit à une dépense deux fois plus forte.

Dans les dépenses occasionnées par l'éclissage électrique, il ne faut pas oublier de tenir compte des frais de perçage des rails. Il y a cependant des cas où les trous de connexions sont percés dans les usines. Il faut alors avoir soin de les aléser afin de mettre le métal bien à nu.

Les connexions genre *Chicago* coûtent en moyenne de 3 francs à 6 francs la pièce.

Les connexions *plastiques* employées pour rails Vignole de 25 kilogrammes valent 3 fr. 60; celles dont on fait usage pour les rails Broca de 44 kilogrammes reviennent à 4 fr. 75.

Les connexions *plasti-cupriques* coûtent en moyenne de 4 francs à 4 fr. 50.

Les joints soudés ne peuvent être obtenus à un prix inférieur à 20 francs.

Quant aux joints Falk, ils reviennent en moyenne à des prix variant de 18 à 20 francs lorsque le travail s'effectue dans de bonnes conditions, c'est-à-dire quand on peut couler un minimum de 30 à 40 joints par jour. Lorsqu'il n'en est pas ainsi, le prix de revient de ces joints s'élève très sensiblement.

SIXIÈME PARTIE

RÈGLEMENTATION DES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES ET DES STATIONS CENTRALES A VAPEUR ET HYDRAULIQUE

I

RÈGLEMENTATION DES CONDUCTEURS D'ÉLECTRICITÉ DISPOSÉS SUR LA GRANDE VOIRIE NATIONALE

CIRCULAIRE DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS DU 1^{er} SEPTEMBRE 1893

ARTICLE PREMIER. — L'établissement et le fonctionnement des conducteurs d'électricité sur la grande voirie nationale sont assujettis aux dispositions du présent arrêté en ce qui concerne la sécurité de la circulation publique et la conservation des ouvrages, sans préjudice de l'application des lois et règlements de la grande voirie, les lois et règlements ressortissant au service des postes et télégraphes, notamment du décret du 15 mai 1888, et enfin, quand il y a lieu, des prescriptions additionnelles des actes de concession des distributions d'électricité.

Toutefois, l'établissement et le fonctionnement des conducteurs sur lesquels les trains de chemins de fer et de tramways, ou les bateaux, mus par l'électricité, recueillent directement les courants qui actionnent leurs machines, continuent à être exclusivement soumis aux conditions prescrites tant par l'autorité chargée du contrôle desdits chemins de fer, tramways ou bateaux, que par le service des postes et télégraphes.

Prescriptions administratives.

ART. 2. — *Forme des demandes.* — Tout concessionnaire d'une distribution d'électricité qui veut établir les conducteurs d'une concession sur la grande voirie, tout particulier qui veut établir sur la grande voirie des conducteurs pour le service exclusif d'un immeuble dont il est propriétaire, usufruitier ou locataire, doit en faire la demande au préfet dans la forme prescrite par l'arrêté préfectoral du 1^{er} décembre 1859, concernant les permissions de grande voirie.

Lorsqu'il s'agit d'une concession municipale de distribution d'électricité

empruntant la grande voirie, la demande est présentée par le maire, et la permission est accordée, s'il y a lieu, à la commune avec faculté de rétrocession aux concessionnaires choisis par elle.

Les demandes doivent être produites en trois expéditions, dont chacune sera accompagnée des documents spécifiés ci-après et dont une seule sur papier timbré.

ART. 3. — *Documents à produire à l'appui des demandes.* — Toute demande doit être accompagnée :

1° Des plans, profils, dessins et mémoires justificatifs nécessaires pour définir l'emplacement, la nature, le mode d'installation, les constantes électriques de l'isolement des conducteurs projetés, ainsi que les précautions prises contre leur échauffement ;

2° D'un engagement conforme au modèle annexé au présent arrêté ;

3° Du consentement écrit des propriétaires riverains aux maisons desquels devront être fixés les supports des conducteurs aériens.

Les plans, profils, dessins et mémoires doivent notamment définir :

1° Pour les conducteurs aériens :

A. Le type des supports, leurs dimensions, l'emplacement de chacun d'eux, avec toutes justifications concernant leur solidité, la solidité des conducteurs, les efforts exercés sur les points d'attache sous l'action du poids des conducteurs et du vent, le mode d'entretien, etc...

B. Le type d'isolateur proposé ;

2° Pour les conducteurs souterrains :

A. La situation respective de la canalisation projetée et des autres canalisations déjà en place, telles que égouts, conduites d'eau, d'air comprimé ou de gaz et conducteurs d'électricité ; cette situation sera définie par des plans et par des coupes suffisamment nombreuses et bien choisies indiquant les parties où les conducteurs électriques seront à moins de 0^m,50 de masses métalliques ou d'autres conducteurs électriques.

B. Les types de câbles et le système d'installation.

ART. 4. — *Forme et délivrance des autorisations.* — Les autorisations sont données et délivrées dans la même forme que les permissions de grande voirie.

L'arrêté d'autorisation désigne, dans chaque cas, le service d'ingénieur en chef et les services d'ingénieur ordinaire qui sont chargés du contrôle, en ce qui concerne la grande voirie nationale. L'exécution des travaux est subordonnée à l'observation des règles indiquées aux articles 5 et 6 ci-après.

ART. 5. — *Documents à produire avant l'exécution des travaux de premier établissement.* — Avant l'exécution de tout travail, le permissionnaire doit remettre contre reçu, à l'ingénieur en chef du service du contrôle, les dessins de détails, complémentaires, des dessins généraux produits à l'appui de la demande, avec plans, profils et mémoires explicatifs, le tout en triple expédition.

ART. 6. — *Exécution des travaux de premier établissement.* — Le permissionnaire ne peut commencer les travaux qu'après avoir reçu l'avis écrit de l'approbation, par l'ingénieur en chef, des dessins mentionnés à l'article précédent ou une lettre de ce chef de service déclarant qu'il n'y a pas lieu à production de dessins complémentaires.

Il doit, au moins huit jours à l'avance, prévenir l'ingénieur ordinaire du contrôle de la date à laquelle les travaux seront commencés, afin que le tracé en soit vérifié. Il doit également le prévenir de leur achèvement en vue de leur récolement.

ART. 7. — *Documents à produire après exécution des travaux de premier établissement.* — Le permissionnaire doit remettre à l'ingénieur en chef du contrôle, un mois au plus après l'achèvement de chaque section de conduite principale ou de chaque branchement, un plan et des profils et dessins exactement conformes à l'exécution, indiquant avec les cotes nécessaires pour repérer la conduite et ses accessoires par rapport à des points déterminés de la surface, le tracé de la conduite en plan, son profil en long, ainsi que les coupes de détails de construction, le tout en ce qui concerne la grande voirie. Sur le plan et les profils, le permissionnaire doit indiquer les masses métalliques et leur destination, ainsi que les parties de canalisations dont la distance à ces masses métalliques est inférieure à 0^m 30.

Une notice explicative indique les constantes électriques du courant, la résistance, la section et l'isolement de chaque conducteur avec justification à l'appui.

Si le permissionnaire ne s'est pas conformé à ces prescriptions dans le délai d'un mois, ou si les plans et documents produits sont inexacts ou incomplets, l'ingénieur en chef le met en demeure de faire le nécessaire en lui donnant un délai supplémentaire de quinze jours.

Passé ce nouveau délai, l'ingénieur en chef fait constater la non-exécution et peut faire procéder d'office à l'établissement des plans et documents ci-dessus définis, aux frais du permissionnaire.

ART. 8. — *Essais.* — Des essais d'isolement ou tous autres prescrits par le contrôle, doivent être faits, avant toute autre mise en service, par le permissionnaire en présence de l'ingénieur ou de son délégué, les résultats en sont consignés sur des procès-verbaux certifiés par le permissionnaire et visés par l'ingénieur ou son délégué.

ART. 9. — *Mise en service.* — Les conducteurs ne peuvent être mis en service qu'après notification au permissionnaire du procès-verbal de récolement prévu à l'article 36 de l'arrêté réglementaire du 1^{er} décembre 1859, concernant les permissions de grande voirie, sans préjudice de l'accomplissement des autres obligations imposées par l'acte de concession.

ART. 10. — *Vérification de l'état des conducteurs pendant l'exploitation.* — Le permissionnaire est tenu de vérifier l'état électrique, la résistance et l'isolement des conducteurs le plus souvent possible et, en tout cas, au moins une fois par trimestre pendant la première année, au moins une fois par an pendant les années suivantes, et, à un moment quelconque, à toute réquisition de l'ingénieur du contrôle.

Les vérifications requises par l'ingénieur du contrôle sont faites en présence et sous la direction d'un agent de contrôle à ce délégué par lui.

Les résultats de chaque vérification sont consignés sur un registre dont le modèle est arrêté par l'ingénieur en chef et qui doit être présenté aux agents du contrôle à toute réquisition.

ART. 11. — *Exécution des travaux partiels pendant l'exploitation.* — Dans l'exploitation de conducteurs électriques régulièrement établis, l'exécution

de toute fouille sur la voie publique doit être au préalable autorisée par lettre de l'ingénieur ordinaire du contrôle.

Pour l'établissement des nouveaux branchements, le permissionnaire doit adresser, trois jours au moins à l'avance, une demande en double expédition à l'ingénieur ordinaire du contrôle. La demande spécifie la jonction, la longueur du branchement, la section et l'isolement des conducteurs avec toutes justifications à l'appui.

Si, dans les trois jours, le permissionnaire n'a pas reçu avis contraire, il peut exécuter les travaux en se conformant aux indications de sa demande.

En cas d'avarie subite ou d'accident, le permissionnaire peut exécuter les fouilles nécessaires, à charge, dans les vingt-quatre heures, de justifier l'urgence et de remplir les formalités indiquées ci-dessus.

ART. 12. — *Mise annuelle au courant du plan du réseau.* — Chaque année, dans la première quinzaine de janvier, le permissionnaire doit adresser à l'ingénieur en chef un état dûment signé, indiquant les modifications, additions ou suppressions apportées au réseau, tant à la canalisation principale qu'aux branchements sur la grande voirie.

Il y joint les plans ou extraits de plans nécessaires à la mise à jour du plan du réseau déposé au bureau de l'ingénieur en chef, en conformité de de l'article 7 ci-dessus.

ART. 13. — *Surveillance.* — Les ingénieurs et agents chargés du service du contrôle ont le droit d'entrer dans les usines contenant les appareils d'électricité pour y faire procéder en leur présence aux expériences et épreuves de contrôle intéressant l'application du présent règlement sur la sécurité de la voie publique.

Prescriptions techniques spéciales aux conducteurs aériens.

ART. 14. — *Supports.* — Les supports ne peuvent être établis sur le domaine public qu'à la condition de n'apporter aucune gêne à la circulation, et de présenter toute garantie de solidité.

Ils doivent être placés en général aussi près que possible de la limite du domaine public.

Aucun support ne sera établi sur la chaussée, si ce n'est en vertu d'une autorisation du ministre des Travaux publics.

ART. 15. — *Isolateurs.* — Les conducteurs doivent être placés sur isolateurs. Le type d'isolateur est soumis à l'approbation préalable du préfet, sur le rapport des ingénieurs du contrôle, lorsque la différence de potentiel entre les conducteurs doit dépasser 200 volts en courant alternatif, ou 400 volts en courant continu.

La distance entre deux isolateurs consécutifs ne doit pas être supérieure à 100 mètres.

ART. 16. — *Conducteurs.*

1° Les conducteurs doivent avoir une résistance suffisante à la traction, pour qu'il n'y ait aucun danger de rupture sous l'action des efforts qu'ils ont à supporter.

2° Ils doivent être inaccessibles au public.

3° Lorsque les courants sont alternatifs, ou lorsque dans le cas de courants continus, la différence de potentiel entre les conducteurs dépasse

400 volts, le permissionnaire doit munir les supports de dispositions spéciales, pour empêcher, d'une façon absolue, les passants d'atteindre les conducteurs.

4° Lorsque les conducteurs sont établis sur des voies plantées, les arbres sont élagués aux frais du permissionnaire, sous la direction du service de contrôle, de façon à laisser toujours au moins un mètre entre les conducteurs et les branches voisines.

5° Tout conducteur traversant une voie publique terrestre doit être tenu à 8 mètres au moins au-dessus du sol : l'angle qu'il fait avec la direction de la voie ne doit pas être inférieur à 60 degrés. A la traversée des rivières et canaux navigables, la hauteur des parties les plus basses des conducteurs, au-dessus des plus hautes eaux navigables, doit être d'au moins 17 mètres : toutefois, une hauteur minimum plus grande peut être prescrite par les arrêtés d'autorisation, lorsqu'il s'agit de traverser une rivière habituellement parcourue par des navires de mer. A la traversée des bras de mer, chenaux et bassins maritimes, et à celle de la partie maritime des fleuves, les conducteurs aériens sont interdits.

6° Les points d'attache, qui suivent longitudinalement les voies publiques sont à 6^m,50 au moins au-dessus du sol, et les conducteurs eux-mêmes ne doivent, en aucun point, être à moins de 6 mètres au-dessus du sol.

7° Dans la traversée des lieux habités, les conducteurs électriques sont, en outre soumis aux conditions suivantes :

1° Les conducteurs de la canalisation principale prennent généralement leur appui aux maisons riveraines : ils doivent être placés à un mètre au moins des façades, à 0,50 au moins au-dessus des fenêtres les plus élevées, et, en tout cas, en dehors de la portée des habitants. S'ils passent au-dessus d'un toit ou terrasse, ils doivent être à une hauteur de 2^m,50 au moins au-dessus du point le plus élevé. L'emploi des conducteurs nus n'est autorisé que quand la différence de potentiel entre les conducteurs des conducteurs ne dépasse pas 120 volts en courant alternatif, ou 400 volts en courant continu.

2° Les conducteurs faisant branchement particulier doivent être recouverts d'un isolant, depuis la canalisation principale jusque dans l'intérieur de l'immeuble à desservir.

§ 8. — Lorsqu'un conducteur est recouvert d'un isolant, les matières employées pour obtenir l'isolement doivent être telles qu'elles ne soient pas sujettes à des changements nuisibles d'état physique ou de constitution, par la chaleur ou les intempéries. La matière isolante doit avoir une épaisseur d'au moins 0^m,0025, et être garantie suffisamment à l'intérieur contre la détérioration ou l'usure par frottement.

Prescriptions techniques spéciales aux conducteurs souterrains.

ART. 27. — *Conditions d'établissement.* — § 1. La canalisation doit être établie sous trottoir, en dehors des chaussées, à une profondeur minimum de 0,60.

§ 2. Les conducteurs électriques doivent être placés dans des conduites en matière résistante et durable, toutefois, les câbles armés peuvent être directement placés dans le sol.

§ 3. — Dans tous les cas, le type de câble et le système d'installation doivent être, au préalable, approuvés par le préfet, sur le rapport des ingénieurs du contrôle.

§ 4. Il est fait exclusivement usage des câbles armés dans les cas suivants :

1° Lorsqu'il y a intérêt, pour la sécurité de la circulation publique ou la conservation des ouvrages, à maintenir l'isolement prévu ;

2° Lorsque les conducteurs rencontrent fréquemment, sur leur parcours des conduites métalliques d'eau, de gaz, d'air comprimé ou d'électricité, déjà autorisées, ou qu'ils se trouvent à moins de 0^m,20 de ces conduites ;

3° Lorsqu'ils sont placés dans des conduites métalliques ;

4° Lorsque le trottoir a moins de 2 mètres de largeur.

§ 5. Les conduites, quelle que soit leur nature, doivent être établies de manière à éviter l'introduction des eaux. Des précautions doivent être prises, en outre, pour assurer l'évacuation des eaux en cas d'introduction accidentelle.

§ 6. Pour la traversée des voies, les conducteurs peuvent être placés sous chaussées, moyennant des dispositions telles qu'il soit possible de visiter et de remplacer les conducteurs sans faire de fouilles dans la chaussée. Dans ce cas la canalisation doit présenter des conditions spéciales de solidité.

ART. 18. — *Voisinage des conduites de gaz.* — Lorsque dans le voisinage des conducteurs électriques, il existe des conduites de gaz et que ces conducteurs ne sont pas placés directement dans le sol, le permissionnaire doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la ventilation régulière de la conduite renfermant les câbles électriques et éviter l'accumulation du gaz.

ART. 19. — *Regards.* — Les regards établis par le permissionnaire ne doivent renfermer ni tuyau d'eau, de gaz, d'air comprimé, etc., ni conducteurs d'électricité appartenant à un autre permissionnaire.

Les regards doivent être disposés de manière à pouvoir être ventilés.

Les plaques des regards doivent être isolées électriquement.

ART. 20. — *Branchements.* — Les conducteurs électriques formant branchements particuliers doivent être recouverts d'un isolant protégé mécaniquement, d'une façon suffisante, soit par l'armature du câble conducteur soit par des conduites en matière résistante et durable.

ART. 21. — *Isolement électrique.* — Le réseau doit être disposé de façon à ce qu'on puisse brancher les abonnés et diviser en parties la canalisation principale.

Dans chaque partie de cette canalisation, la résistance d'isolement entre les conducteurs et la terre, exprimée en ohms, ne doit jamais être inférieure à $5E^2$, E désignant la différence maximum de potentiel entre les conducteurs, exprimée en volts.

Dispositions générales.

ART. 22. — *Retour du courant par la terre.* — Il est interdit d'employer la terre pour le retour du courant.

ART. 23. — *Transformateurs.* — Aucun transformateur ne doit être placé sur la voie publique à moins d'autorisation spéciale.

ART. 24. — *Exceptions.* — Les demandes relatives à des installations com-

portant des courants de tension supérieurs à 10,000 volts ou des dispositions techniques non définies au présent règlement, ou des dérogations à ce règlement sont réservées à l'examen et à la décision du Ministre des travaux publics.

ART. 25. — *Responsabilité du permissionnaire.* — Nonobstant les autorisations obtenues, le permissionnaire est responsable, vis-à-vis des tiers des accidents qui résulteraient de ses travaux ou la présence de ses conduites et des conducteurs électriques qu'elles contiennent.

ART. 26. — L'occupation du domaine public de la grande voirie nationale par les conducteurs d'électricité aériens ou souterrains donne lieu à la perception, au profit du trésor, des redevances qui sont établies et perçues conformément aux prescriptions de l'arrêté des ministres des finances et des travaux publics, en date du 3 août 1878.

ART. 27. — *Mode de constatation des contraventions.* — Les contraventions au présent règlement et aux arrêtés spéciaux, portant autorisation d'installations électriques, rendu par application de ces prescriptions, sont constatées par les ingénieurs, conducteurs, commis et autres agents assermentés des ponts et chaussées.

ART. 28. — *Publication et exécution du règlement.* — Le présent arrêté sera publié et affiché en la forme ordinaire.

Il sera, en outre, inséré au *Bulletin des actes administratifs* du département. Les ingénieurs en chef des services des ponts et chaussées, dans les départements, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, d'en surveiller et d'en assurer l'exécution.

Disposition transitoire.

ART. 29. — *Installations existantes.* — Les installations autorisées antérieurement au présent règlement peuvent être maintenues dans les conditions de leur autorisation.

Toutefois, les prescriptions du présent règlement autres que celles relatives aux dispositions matérielles des conducteurs et autres ouvrages, sont immédiatement applicables à ces installations.

EXTRAIT DU RÈGLEMENT DU « BOARD OF TRADE » ANGLAIS DE 1894 CONCERNANT LE RETOUR DU COURANT

ART. 5. — Tous les conducteurs de retour non isolés doivent être connectés à la borne négative de la génératrice. Celle-ci doit en outre être reliée à deux connexions avec le sol, distantes de 18^m,50 entre elles et entre lesquelles la résistance du sol ne dépasse pas 2 ohms (2 ampères pour 4 volts).

Ces connexions avec le sol peuvent être remplacées par des conduites d'eau d'un diamètre intérieur de 453 millimètres avec l'assentiment du propriétaire et de l'exploitant de la distribution d'eau.

Aucune connexion avec le sol ne peut exister à moins de 1^m,83 d'un tuyau quelconque, à moins d'être métalliquement reliée à une conduite principale de 133 millimètres, au moins, de diamètre.

ART. 6. — Le courant passant par les plaques de terre ne dépassera jamais pendant les heures de service 1,25 ampère par kilomètre de voie simple ni 5 p. 100 du courant produit par la station génératrice.

ART. 7. — La différence de potentiel maximum sur le conducteur de retour, entre le point le plus éloigné de la dynamo génératrice et le point le plus rapproché, ne dépassera pas 7 volts.

ART. 10. — La ligne étant en charge, sans voiture, la perte ne dépassera pas normalement 0,006 ampère par kilomètre. Si elle atteint 0,3 ampère par kilomètre, le défaut sera localisé et la réparation effectuée dans les vingt-quatre heures sous peine de suspension du service.

ART. 11. — La résistance à l'isolement des conducteurs à isolation continue qu'ils servent de lignes de retour isolées, de feeders ou à d'autres destinations, sera équivalente à 6,3 megohms par kilomètre et fera l'objet d'un essai mensuel.

LOI DU 23 JUIN 1893 CONCERNANT L'ÉTABLISSEMENT DES CONDUCTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE AUTRES QUE LES CONDUCTEURS TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté.

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE PREMIER. — En dehors des voies publiques, les conducteurs électriques qui ne sont pas destinés à la transmission des signaux et de la parole et auxquels le décret-loi du 27 décembre 1831 n'est pas dès lors applicable pourront être établis sans autorisation ni déclaration.

ART. 2. — Les conducteurs aériens ne pourront être établis dans une zone de 10 mètres en projection horizontale de chaque côté d'une ligne télégraphique ou téléphonique, sans entente préalable avec l'administration des Postes et des Télégraphes.

En conséquence, tout établissement de conducteurs, dans les conditions du paragraphe précédent, devra faire l'objet d'une déclaration préalable adressée au préfet du département et au préfet de police dans le ressort de sa juridiction. Cette déclaration sera enregistrée à sa date et il en sera donné récépissé. Elle sera communiquée sans délai au chef du service local des postes et des télégraphes et transmise par les soins de ce dernier à l'administration centrale.

Le département des postes et des télégraphes devra notifier dans un délai de trois mois à partir de la déclaration, l'acceptation du projet présenté ou les modifications qu'il réclame dans l'établissement des conducteurs aériens.

En cas de non-entente, les conducteurs aériens seront établis conformément à la décision du Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et

des télégraphes et après avis du comité d'électricité visé par l'article 6 ci-dessous.

En cas d'urgence et en particulier dans le cas d'installation temporaire, le délai de trois mois prévu au troisième paragraphe du présent article pourra être abrégé.

ART. 3. — Le Ministre, après avis du comité d'électricité, détermine les modifications à apporter, pour garantir les lignes, aux conducteurs existant actuellement dans la zone ci-dessus, et cela sous réserve des droits qui pourraient être acquis. Le département des postes et des télégraphes avisera dans un délai de six mois au plus à partir de la promulgation de la présente loi, les exploitants dont les conducteurs devraient être modifiés. Ceux qui font usage de ces conducteurs sont tenus de se conformer aux prescriptions ministérielles dans un délai maximum d'un an à partir d'une mise en demeure adressée par le département des postes et des télégraphes.

ART. 4. — Aucun conducteur ne peut être établi au-dessus ou au-dessous des voies publiques sans une autorisation donnée par le préfet, sur l'avis technique des ingénieurs des postes et des télégraphes, et conformément aux instructions du Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.

ART. 6. — Les dispositions ci-dessus ne concernent pas les installations de conducteurs d'énergie électrique faites pour les besoins de leur exploitation par les administrations de l'Etat ou par les entreprises de services publics soumises au contrôle de l'Administration.

Les projets de ces installations électriques ainsi que toutes les modifications qui y sont apportées devront, sauf lorsqu'ils concerneront les chemins de fer et les voies navigables, être soumis à l'approbation du Ministre des postes et des télégraphes, après examen en conférence par les services intéressés.

ART. 6. — Il sera formé près le ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, un Comité d'électricité permanent, composé, pour une moitié, de représentants professionnels des grandes industries électriques de France ou des industries faisant usage des applications de l'électricité.

Les membres de ce comité et son président seront nommés par le Ministre. Le président sera choisi en dehors des membres du comité.

Le Comité d'électricité donnera son avis sur les règles générales applicables dans les cas visés aux articles 4 et 5 ci-dessus et sur toutes les questions qui lui seront soumises par le Ministre.

ART. 7. — Toute installation électrique devra être exploitée et entretenue de manière à n'apporter, par induction, dérivation ou autrement, aucun trouble dans les transmissions télégraphiques ou téléphoniques par les lignes préexistantes.

Lorsque l'installation exigera, dans ce but, le déplacement ou la modification des lignes télégraphiques ou téléphoniques préexistantes, le comité d'électricité sera consulté conformément aux articles 2, 3 et 6 ci-dessus. Les frais nécessités par ces déplacements ou modifications seront à la charge de l'exploitant.

ART. 8. — Quiconque aura contrevenu aux dispositions de la présente loi ou des règlements d'exécution sera, après une mise en demeure non suivie d'effet, puni des pénalités portées à l'article 2 du décret-loi du 27 décembre 1851.

Les contraventions seront constatées, poursuivies et réprimées dans les formes déterminées par le titre V dudit décret.

ART. 9. — Le décret du 15 mai 1888 est abrogé.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 25 juin 1895.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République,
Le Ministre du commerce,
de l'industrie, des postes et des télégraphes,

ANDRÉ LEBON.

CIRCULAIRE MINISTÉRIELLE A MM. LES PRÉFETS SUR L'APPLICATION
DE LA LOI DU 25 JUIN 1895

MONSIEUR LE PRÉFET,

Le décret du 15 mai 1888 rendait obligatoire la formalité de la déclaration pour les installations de conducteurs d'énergie électrique alors même qu'elles n'intéressaient ni la sécurité publique ni le service télégraphique.

La loi du 25 juin 1895 a abrogé ce décret pour lui substituer un régime plus libéral.

Distinction de cinq cas dans l'application de la loi.

Dans l'application de cette loi, il y a lieu de distinguer cinq cas :

1° Les installations faites en dehors des voies publiques et qui ne sont pas susceptibles d'atteindre les lignes télégraphiques ou téléphoniques appartenant à un service de l'Etat (art. 1 et 2 de la loi) ¹ ;

2° Les installations faites en dehors des voies publiques et comportant des conducteurs aériens passant dans une zone de 10 mètres, en projection horizontale, de chaque côté d'une ligne télégraphique ou téléphonique appartenant à un service de l'Etat (art. 2 de la loi) ;

3° Les installations faites au-dessus ou au-dessous des voies publiques ou sur un terrain domanial (art. 4 de la loi) ;

4° Les installations empruntant le domaine public et faites pour les

¹ Les lignes sont considérées comme pouvant être atteintes chaque fois que les conducteurs d'énergie électrique à poser sont aériens et passent dans une zone de 10 mètres en projection horizontale de chaque côté de ces lignes (art. 2). Cette distance de 10 mètres est, en effet, celle qui est nécessaire pour la protection d'une ligne au point de vue purement mécanique. Elle correspond à la plus grande hauteur au-dessus du sol des poteaux employés, de telle sorte que le renversement d'un poteau sur une ligne voisine maintenue à cette distance ne puisse l'atteindre.

besoins de leur exploitation par les administrations de l'Etat ou par les entreprises de services publics soumises au contrôle de l'Administration (art. 5 de la loi);

5° Les installations concernant les chemins de fer et les voies navigables (art. 5 de la loi).

Les installations de la première catégorie ne sont plus soumises à aucune formalité; chacun est libre d'établir, dans ce cas, ses lignes à ses risques et périls, quelles que soient d'ailleurs l'intensité et la tension des courants employés.

Lorsqu'il s'agit d'installations de la deuxième catégorie, on n'a le droit d'établir des conducteurs d'énergie électrique ou de modifier une installation existante qu'après une déclaration au préalable adressée au préfet du département ou au Préfet de police dans le ressort de sa juridiction.

Pour les installations de la troisième catégorie, une autorisation spéciale est nécessaire (art. 4 de la loi).

Les projets d'installations de la quatrième catégorie doivent être soumis à l'approbation du Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, après examen en conférence par les services intéressés.

Enfin les installations de la cinquième catégorie sont soumises aux seules formalités qui découlent de l'application de l'article 2 de la loi.

Les indications qui vont suivre visent uniquement le mode d'application de la loi du 25 juin 1893. Les formalités y relatives sont donc indépendantes de celles déterminées par les règlements de voirie qui demeurent entières.

*Obligations du public dans le cas où il n'y a lieu
ni à déclaration ni à autorisation.*

(Art. 1 et 2 de la loi.)

Lorsque l'installation rentre dans la première catégorie et ne donne lieu ni à déclaration ni à autorisation, les propriétaires d'installation d'énergie électrique ne sont soumis qu'aux obligations résultant de l'article 7 de la loi qui assure la protection des lignes télégraphiques ou téléphoniques contre les troubles pouvant provenir de l'exploitation des installations d'énergie.

Formalités à remplir dans le cas de déclaration.

(Art. 2 de la loi.)

Les propriétaires d'installations d'énergie électrique rentrant dans la deuxième catégorie indiquée plus haut doivent adresser une déclaration au préfet du département ou au préfet de police dans le ressort de sa juridiction.

La date de cette déclaration forme le point de départ du délai maximum de trois mois dans lequel l'Administration doit notifier au pétitionnaire l'acceptation du projet ou les modifications qu'elle réclame.

La déclaration doit comprendre :

- a. Une description détaillée du projet d'installation;
- b. Un croquis sommaire ou diagramme du système de distribution;
- c. Un état des renseignements conforme au modèle n° 1 annexé à la présente circulaire;

d. Un tracé de la ligne, fait à une échelle suffisante et comportant tous les détails essentiels aux points importants, tels que croisements avec les lignes télégraphiques ou téléphoniques, etc.

Vous aurez, Monsieur le préfet, à communiquer, chaque fois, le dossier complet au directeur des postes et des télégraphes de votre département.

Lorsque l'ingénieur aura formulé son avis, le directeur vous renverra le dossier, soit directement, soit après communication à l'Administration centrale, lorsque la nature plus particulière des installations projetées aura paru nécessiter un examen spécial du Comité d'électricité.

L'étude du dossier sera faite en appliquant les prescriptions techniques mentionnées dans l'instruction ci-jointe et dont les termes ont été arrêtés après avis du Comité d'électricité, conformément à l'article 6 de la loi.

La communication à l'Administration centrale n'aura lieu que lorsque l'installation projetée comportera une dérogation à ces prescriptions.

Vous ferez connaître à l'intéressé l'avis ainsi établi. Il conviendra de lui rappeler en même temps que les prescriptions en sont obligatoires, sauf recours de sa part au Ministre des postes et des télégraphes qui, dans ce cas, statuera après avis du Comité d'électricité.

Formalités à remplir dans le cas d'autorisation.

(Art. 4 de la loi.)

Toute installation d'énergie électrique rentrant dans cette catégorie suppose une double autorisation préalable :

1° Une autorisation des services de voirie intéressés, donnant au pétitionnaire le droit d'occuper matériellement une partie de l'espace en y établissant des conducteurs ;

2° Une autorisation visant les conditions électriques dans lesquelles le courant peut circuler dans lesdits conducteurs.

A cette double autorisation correspond, en outre, un double contrôle : contrôle des conditions de voirie, contrôle des conditions électriques.

Les conditions de délivrance des autorisations de voirie sont régies par les règlements ordinaires affectant la matière, et dont l'effet demeure entier.

Les conditions de délivrance des autorisations de circulation de courant sont les suivantes :

Les propriétaires d'installation d'énergie électrique rentrant dans la troisième catégorie visée par la loi du 25 juin 1895 doivent adresser au préfet une demande d'autorisation.

A cette demande doivent être joints :

1° Une description détaillée du projet d'installation ;

2° Un croquis sommaire ou diagramme du système de distribution ;

3° Un état des renseignements conforme au modèle n° 2 annexé à la présente circulaire ;

4° Un tracé de la ligne fait à une échelle suffisante et comportant tous les détails essentiels aux points importants, tels que croisements avec les lignes télégraphiques ou téléphoniques, voies ferrées, etc.

Vous aurez à transmettre ce dossier ainsi constitué au directeur des postes et des télégraphes de votre département qui le fera examiner

par l'ingénieur, comme il a été dit dans le cas précédent (art. 4 de la loi).

Lorsque cet ingénieur aura formulé son avis, le directeur vous renverra le dossier soit directement, soit après communication à l'Administration centrale. La communication à l'Administration centrale ne sera d'ailleurs faite que si l'installation projetée donne lieu de craindre des troubles sur les fils de l'Etat préexistants et s'il y a lieu, par suite, de passer avec le pétitionnaire une convention réglant les indemnités qui seraient dues par lui à l'Administration des postes et des télégraphes pour l'exécution des mesures de préservation nécessaires.

Vous aurez enfin, Monsieur le Préfet, à prendre un arrêté spécial d'autorisation, pour ce qui concerne la loi du 25 juin 1895, et conforme au type joint à la présente circulaire.

Cette autorisation soumettra le permissionnaire aux conditions électriques indiquées par le service des postes et télégraphes et qui, sauf exception admise après avis du Comité d'électricité, seront toujours conformes à celles énumérées dans l'instruction ci-jointe.

L'arrêté devra notamment désigner l'ingénieur des Postes et des Télégraphes chargé du contrôle des conditions électriques et faire connaître les obligations du permissionnaire, en ce qui concerne la surveillance et l'entretien de son installation.

Dès que cet arrêté aura été rendu, le permissionnaire, muni des autorisations de voirie nécessaires, sera libre de procéder à l'installation. Il pourra, sous réserve des formalités à remplir vis-à-vis des services de voirie, faire circuler son courant à la suite d'un simple avis adressé contre reçu, au directeur des postes et des télégraphes, si l'installation est du type dit « à basse tension ». S'il s'agit d'une installation dite « à haute tension », il fera connaître au directeur la date d'achèvement de ses travaux; l'ingénieur chargé du contrôle procédera aussitôt aux essais réglementaires. Si les résultats obtenus sont satisfaisants, mention en sera faite sur le registre de contrôle à la suite des essais et cette inscription tiendra lieu d'autorisation de mise en service.

Dans quelques cas spéciaux, s'il s'agit, par exemple, de conducteurs prenant appui sur des ouvrages appartenant aux Compagnies de chemins de fer, ou passant en dessus ou en dessous de leurs emprises, etc., il sera nécessaire de demander l'avis et l'adhésion des services intéressés. Cette mission incombe à l'ingénieur des postes et des télégraphes au cours de son étude du dossier; le texte d'arrêté qui vous sera proposé par le directeur sera donc toujours établi après cette entente, sans que vous ayez à provoquer de nouvelles conférences à ce sujet.

Les indications qui précèdent visent les formalités à remplir dans le cas de l'établissement d'une installation entièrement nouvelle.

Lorsqu'il s'agira d'établissement de branchements dans une installation déjà autorisée, les formalités seront encore simplifiées; il suffira que le permissionnaire adresse, contre reçu, à l'ingénieur du contrôle des conditions électriques, une demande spécifiant la longueur du branchement, la section et l'isolement des conducteurs, ainsi que tous les renseignements utiles pour définir l'emplacement choisi.

Si, dans les huit jours, le permissionnaire n'a pas reçu avis contraire et toujours sous réserve de l'exécution des formalités de voirie, il sera libre d'exécuter ses travaux.

Formalités à remplir dans le cas d'approbation ministérielle.

(Art. 3 de la loi.)

Les installations soumises à la formalité de l'approbation ministérielle (art. 3) sont les installations de conducteurs d'énergie électrique faites pour les besoins de leur exploitation par les administrations de l'Etat ou par les entreprises de services publics soumises au contrôle de l'Administration.

Il convient d'entendre par là :

1° Les installations faites par les administrations de l'Etat pour les besoins de leur exploitation et empruntant le domaine public, c'est-à-dire autres que celles tombant sous le coup des articles 1 et 2 de la loi ;

2° Les installations faites par les entreprises de services publics soumises à un contrôle électrique déjà organisé par l'Etat.

Vous remarquerez que cette définition comprend la plupart des installations dont la concession fait l'objet d'une loi ou d'un décret d'utilité publique, notamment les tramways électriques. Par contre, les distributions d'énergie électrique faites pour le compte des particuliers ou pour les communes et empruntant les voies publiques tombent sous le coup de l'article 4 de la loi, parce que le contrôle électrique de l'Etat ne sera organisé pour elles que par l'arrêté préfectoral d'autorisation, comme il est indiqué ci-dessus (p. 672 et 673).

La procédure à suivre dans le cas des installations soumises à l'approbation ministérielle comporte :

1° La tenue d'une conférence à deux degrés entre les services intéressés, l'ingénieur des postes et des télégraphes représentant l'Administration au premier degré, le directeur au second degré.

Cette conférence doit être provoquée soit par le représentant de l'Administration pour le compte de laquelle est faite l'installation, soit par le représentant de l'Administration par l'intermédiaire de laquelle l'entreprise en cause a sollicité la concession du service.

Elle a pour but d'arrêter de concert, après examen des projets détaillés de l'installation, les conditions électriques qui sont imposables à celle-ci.

Lorsque la concession du service public en cause devra être faite par un décret d'utilité publique ou une loi, une première conférence sommaire devra avoir lieu, dès le début de l'instruction, de manière à faire connaître, dès l'origine, au pétitionnaire, avec toute l'approximation possible, les obligations auxquelles il aura à se soumettre au point de vue des conditions électriques ;

2° L'envoi du procès-verbal de la conférence à l'Administration centrale. Cet envoi doit être accompagné d'un dossier constitué comme il a été dit plus haut, à propos des installations soumises au régime de l'autorisation ;

3° La promulgation d'un arrêté pris par le Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes et déterminant en dernier ressort, d'une part, les conditions électriques imposables à l'installation, d'autre part, les fonctionnaires chargés par lui de vérifier que ces conditions sont bien remplies.

Cet arrêté vous sera ensuite transmis et vous aurez à en faire assurer l'exécution par les intéressés.

*Cas des installations concernant les chemins de fer
et les voies navigables.*

Ainsi qu'il a été dit plus haut, les installations concernant les chemins de fer et les voies navigables ne sont soumises à aucune formalité.

Toutefois, conformément à l'article 2 de la loi, elles devront faire l'objet d'une déclaration lorsqu'elles passeront à moins de 10 mètres en projection horizontale d'une ligne télégraphique ou téléphonique.

Mesures à prendre pour assurer l'application de l'article 7.

Toutes les installations électriques, sans exception, demeurent soumises aux prescriptions de l'article 7 de la loi du 25 juin 1893 et doivent être exploitées de manière à n'apporter aucun trouble dans les transmissions télégraphiques ou téléphoniques.

Lorsqu'une installation électrique trouble les transmissions télégraphiques ou téléphoniques d'une manière quelconque, le directeur du département en informe l'exploitant, le met en demeure de faire cesser le trouble immédiatement et prend, s'il y a lieu, toutes les mesures nécessaires, conformément à l'article 12 du décret-loi du 27 décembre 1831.

A partir de cette mise en demeure, l'auteur du dommage n'a plus à exciper de son ignorance. Il sait qu'il tombe sous le coup de la loi et des pénalités qu'elle édicte, s'il ne prend les mesures nécessaires pour remédier à l'état de choses qui lui est signalé.

Lorsque les troubles atteignent des lignes télégraphiques ou téléphoniques installées postérieurement à l'établissement des conducteurs d'énergie électrique, il appartient à l'Administration des postes et des télégraphes d'aviser au moyen de se garantir elle-même contre ces troubles et, s'il est nécessaire, de demander des modifications à l'installation de ces conducteurs; elle en supportera alors les frais et l'industriel ou le service public intéressé sera tenu de les exécuter.

Instruction technique jointe à la présente circulaire. — Comité d'électricité.

Ainsi qu'il a été dit précédemment, les directeurs et ingénieurs des postes et des télégraphes chargés d'étudier les projets d'installation qui leur seront soumis devront se conformer aux indications contenues dans l'instruction technique jointe à la présente circulaire.

Cette instruction a été arrêtée après avis du Comité d'électricité institué par l'article 6 de la loi et qui a pour mission d'étudier, à titre consultatif, soit les prescriptions réglementaires à imposer, soit les dispositions à prendre dans chaque cas particulier, en vue de garantir le bon fonctionnement des lignes télégraphiques ou téléphoniques.

Vous devrez donner à cette instruction la plus grande publicité possible, de manière à mettre les intéressés en mesure d'en tenir compte dans l'établissement de leurs projets.

Afin de la maintenir toujours en harmonie avec les progrès de la science et les nécessités nouvelles qui en résulteront, cette instruction sera révisée chaque année après avis du Comité d'électricité.

D'une manière générale, tout particulier, en cas de désaccord avec

L'Administration locale, peut en référer au Ministre. Le Comité sera toujours appelé à donner son avis sur les questions ainsi soulevées. Sa composition, dans laquelle l'industrie est si largement représentée, et la compétence de ses membres sont un sûr garant que les solutions indiquées seront de nature à sauvegarder heureusement les intérêts en jeu. Ces avis contribueront à former peu à peu une jurisprudence autorisée et il n'est pas douteux qu'à ce point de vue les prévisions du législateur ne soient pleinement justifiées.

Telles sont, Monsieur le Préfet, les dispositions destinées à assurer l'application de la loi du 25 juin 1895. Ces dispositions abrogent toutes les prescriptions d'ordre électrique autres que celles mentionnées dans les instructions ci-jointes.

Vous voudrez bien m'accuser réception de la présente circulaire et de ses annexes. Une ampliation en est également adressée à tous les directeurs des postes et des télégraphes.

Le Ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,

E. MARUÉJOULS.

INSTRUCTION TECHNIQUE POUR L'ÉTABLISSEMENT DES CONDUCTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

APPLICATION DE LA LOI DU 25 JUIN 1895

La présente instruction a pour objet de définir les conditions électriques imposables aux installations d'énergie électrique, par application de la loi du 25 juin 1895.

On désignera, dans ce qui suit :

Sous le nom d'*installation à haute tension* les installations à courant continu utilisant des tensions supérieures à 600 volts, et les installations à courants alternatifs utilisant des tensions maximum efficaces supérieures à 120 volts;

Sous le nom d'*installations à basse tension* les installations à courant continu utilisant des tensions inférieures ou égales à 600 volts, et les installations à courants alternatifs utilisant des tensions maximum efficaces inférieures ou égales à 120 volts.

CHAPITRE PREMIER

Prescriptions techniques spéciales aux conducteurs aériens.

ARTICLE PREMIER. — *Supports*. — Les supports doivent présenter toutes les garanties de solidité nécessaires.

En particulier, les supports en bois doivent être prémunis contre les actions de l'humidité ou du sol.

ART. 2. — *Isolateurs.* — La distance entre deux isolateurs consécutifs ne doit pas être supérieure à 100 mètres, sans exception motivée.

L'emploi des isolateurs à huile ou à simple cloche est considéré comme insuffisant dans les installations à haute tension.

ART. 3. — *Conditions spéciales d'établissement des conducteurs aériens.* — § 1^{er}. Résistance mécanique. — Les conducteurs doivent avoir une résistance suffisante à la traction pour qu'il n'y ait aucun danger de rupture sous l'action des efforts qu'ils auront à supporter.

§ 2. Conducteurs recouverts d'un isolant. — Lorsqu'un conducteur est recouvert d'un isolant, la matière isolante doit avoir une épaisseur d'au moins 2 millimètres et être suffisamment protégée, aux points d'attache, contre la détérioration ou l'usure par le frottement.

Cette couverture doit être entretenue en bon état.

§ 3. Interdiction de l'accès des conducteurs au public. — a) Les conducteurs doivent être hors de la portée du public¹.

b) Chaque support portera l'inscription : « Défense absolue de toucher aux fils ».

c) Dans le cas de courants continus à tensions supérieures à 600 volts ou de courants alternatifs, le permissionnaire doit munir les supports, sur une hauteur de 50 centimètres, à partir de 2 mètres au-dessus du sol, de dispositions spéciales pour empêcher, autant que possible, le public d'atteindre les conducteurs.

En outre, sur les appuis d'angle, on prendra les dispositions nécessaires pour que le conducteur d'énergie électrique, au cas où il viendrait à abandonner l'isolateur, soit encore retenu et ne risque pas de traîner sur le sol.

§ 4. Traversée des voies publiques. — Dans le cas de courants continus à tensions supérieures à 600 volts ou de courants alternatifs, un filet de protection sera établi au-dessous des conducteurs d'énergie électrique, dans toute la partie correspondant à la traversée des voies publiques, rivières et canaux navigables, à moins que le permissionnaire n'ait fait agréer une disposition rendant le conducteur inoffensif en cas de rupture.

§ 5. Traversée des lieux habités. — Dans la traversée des lieux habités, les conducteurs d'énergie électrique sont, en outre, soumis aux règles suivantes :

Si les conducteurs de la canalisation principale prennent leur appui aux maisons riveraines, ils doivent être placés à 1 mètre au moins des façades, à 0^m,50 au moins au-dessus des fenêtres les plus élevées, et, en tout cas, hors de la portée des habitants.

S'ils passent au-dessus d'un toit, ils doivent en être à une distance de 2^m,50 au moins.

§ 6. Branchements particuliers. — Les conducteurs formant branchement particulier doivent être protégés dans toutes les parties où ils sont à la portée des personnes.

ART. 4. — *Voisinage des lignes télégraphiques et téléphoniques appartenant à l'État.* — § 1. Dans tous les cas, la distance entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques doit être d'un mètre au moins.

¹ Les conditions relatives à la hauteur des appuis au-dessus du sol sont définies par les services de voirie intéressés.

§ 2. Lorsque les conducteurs d'énergie électrique parcourus par courants dits à « haute tension » suivent parallèlement une ligne télégraphique ou téléphonique, la distance à établir entre ces lignes devra toujours être fixée de manière qu'en aucun cas il ne puisse y avoir de contact accidentel.

Lorsque les conducteurs d'énergie seront fixés sur toute leur longueur, cette distance pourra être réduite à un mètre, comme il est dit ci-dessus (§ 1^{er}). Dans tous les autres cas, elle ne sera jamais inférieure à deux mètres.

Les distances ci-dessus (§§ 1 et 2) sont d'ailleurs indiquées sous les réserves spécifiées à l'article 7 de la loi.

§ 3. Aux points de croisement et dans le cas de courants dits « à haute tension », tout contact éventuel entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques préexistants sera prévenu à l'aide d'un dispositif mécanique de garde.

Quand il s'agira de conducteurs parcourus par des courants dits « à basse tension » et si le permissionnaire ne veut pas recourir au dispositif indiqué ci-dessus, l'Administration établira, si elle le juge nécessaire, aux frais dudit permissionnaire, des coupe-circuits spéciaux sur les fils télégraphiques ou téléphoniques intéressés.

§ 4. Si l'Administration vient à établir ultérieurement des lignes télégraphiques ou téléphoniques croisant les conducteurs d'énergie électrique, les frais résultant des mesures de précaution indiquées ci-dessus seront à la charge de l'Administration et le permissionnaire sera tenu d'exécuter les travaux qui lui seront indiqués.

Art. 5. — *Isolement électrique de l'installation.* — L'ensemble des conducteurs aériens de l'installation sera établi de manière à présenter un isolement kilométrique minimum de 5 mégohms, s'il s'agit d'installations dites « à haute tension », ou de 1 mégohm, s'il s'agit d'installations dites « à basse tension ».

Dans l'appréciation de cette valeur minimum d'isolement, les agents contrôleurs devront d'ailleurs tenir compte de l'ensemble des mesures périodiques qui doivent être réglementairement effectuées par les exploitants.

CHAPITRE II

Prescriptions techniques spéciales aux conducteurs souterrains.

Art. 6. — *Conditions générales d'établissement des conducteurs souterrains.* —

§ 1^{er}. Protection mécanique. — Les conducteurs d'énergie électrique souterrains doivent être protégés mécaniquement contre les avaries que pourraient leur occasionner le tassement des terres, le contact des corps durs ou le choc des outils en cas de fouille.

§ 2. Conducteurs électriques placés dans une conduite métallique. — Dans tous les cas où les conducteurs d'énergie électrique sont placés dans une enveloppe ou conduite métallique, ils doivent être isolés avec le même soin que s'ils étaient placés directement dans le sol.

§ 3. Précautions contre l'introduction des eaux. — Les conduites, quelle que soit leur nature, doivent être établies de manière à éviter autant que

possible l'introduction des eaux. En tout cas, des précautions doivent être prises pour assurer la prompte évacuation des eaux et le drainage des fouilles.

§ 4. Passage sur des ouvrages métalliques. — Lorsque les câbles seront installés sur un ouvrage métallique, l'établissement de boîtes de coupures aux deux extrémités de l'ouvrage pourra être exigé de manière à permettre de vérifier aisément si le tronçon ainsi constitué présente la résistance d'isolement prescrite par l'article 11 ci-dessous.

ART. 7. — *Voisinage des conduites de gaz.* — Lorsque, dans le voisinage des conducteurs d'énergie électrique, il existe des conduites de gaz, et que ces conducteurs ne sont pas placés directement dans le sol, le permissionnaire doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la ventilation régulière de la conduite renfermant les câbles électriques et éviter l'accumulation des gaz.

ART. 8. — *Voisinage des conduites télégraphiques et téléphoniques.* — § 1^{er}. Lorsque les conducteurs d'énergie suivent une direction commune avec une ligne télégraphique ou téléphonique, une distance d'au moins un mètre en projection horizontale doit exister entre ces conducteurs et la ligne télégraphique ou téléphonique, sous les réserves spécifiées à l'article 7 de la loi.

§ 2. Aux points de croisement, les conducteurs d'énergie électrique doivent être placés à une distance minimum de 0^m,50 des conduites télégraphiques ou téléphoniques, à moins que la canalisation ne présente en ces points les mêmes garanties, aux points de vue de la sécurité publique, de l'induction et des dérivations, que les câbles concentriques ou cordés, à enveloppe de plomb et armés.

ART. 9. — *Regards.* — Les regards établis par le permissionnaire ne doivent renfermer ni tuyaux d'eau, de gaz, d'air comprimé, etc., ni conducteurs d'électricité appartenant à un autre permissionnaire.

Les regards doivent être disposés de manière à pouvoir être ventilés.

Les plaques des regards doivent être convenablement isolées par rapport aux conducteurs d'énergie électrique.

ART. 10. — *Branchements.* — Les conducteurs d'énergie électrique formant branchements particuliers doivent être recouverts d'un isolant protégé mécaniquement d'une façon suffisante, soit par l'armature du câble conducteur, soit par des conduites en matière résistante et durable.

ART. 11. — *Isolement électrique de l'installation.* — Le réseau du conducteur doit être disposé de telle manière qu'on puisse débrancher les canalisations privées et diviser en tronçons la canalisation principale.

La résistance absolue d'isolement de chaque tronçon entre les conducteurs et la terre, exprimée en ohms, ne doit jamais être numériquement inférieure à cinq fois le carré de la plus grande différence de potentiel efficace entre les conducteurs, exprimée en volts.

CHAPITRE III

Tramways à traction électrique.

ART. 12. — *Voies.* — La conductibilité de la voie devra être assurée dans les meilleures conditions possibles.

La perte de charge kilométrique le long de la voie ne devra pas dépasser 1 volt. Des précautions spéciales pourront en outre être prescrites en vue de protéger les masses métalliques de toute nature contre l'action des courants de retour.

Lorsque la voie passera sur un ouvrage métallique, elle devra être autant que possible isolée électriquement du sol dans la traversée de l'ouvrage. Les connexions devront être établies de telle sorte que la chute de potentiel entre les deux extrémités de l'ouvrage ne dépasse pas en marche normale 0,25 volt. Des mesures d'espèce pourront enfin être prescrites en vue d'atténuer la différence de potentiel entre la masse de l'ouvrage et le sol, toutes les fois que cela sera jugé nécessaire.

Les limites indiquées ci-dessus devront s'appliquer uniquement aux pertes de charge moyennes rapportées à la durée de charge.

ART. 13. — *Fil de trolley.* — Des dispositifs destinés à protéger mécaniquement les lignes télégraphiques ou téléphoniques contre les contacts avec le fil de trolley devront être établis à tous les points de croisement.

ART. 14. — *Cas particulier du montage avec fil neutre.* — L'emploi des deux fils de trolley supportés par un appui sera admis lorsque le montage de l'installation comportera l'emploi des voies de retour comme fil neutre.

ART. 15. — *Prescriptions générales.* — Sous réserve des prescriptions ci-dessus, il sera fait application aux installations de tramways de toutes les dispositions énoncées dans les chapitres I et II, et applicables en l'espèce.

CHAPITRE IV

Dispositions générales.

ART. 16. — Il est interdit d'employer la terre comme partie du circuit.

ART. 17. — *Transformateurs.* — Toutes les parties accessibles des transformateurs devront être mises soigneusement à la terre.

L'isolement entre chacun de leurs circuits ainsi qu'entre le primaire et la terre ne devra jamais être inférieur à 100 mégohms, mesuré à froid (15° environ) ou 10 mégohms, mesuré à chaud (70° environ).

ART. 18. — *Voisinage des poudreries et poudrières.* — Aucun conducteur d'énergie électrique ne peut être établi à moins de 20 mètres d'une poudrerie ou d'un magasin à poudre, à munitions ou à explosifs, si ce conducteur est aérien, de 10 mètres si ce conducteur est souterrain.

Cette distance compte à partir de la clôture qui entoure la poudrerie ou

du mur d'enceinte spécial qui entoure le magasin. Si ce mur n'existe pas, on devra considérer comme limite dudit magasin :

1° Le pied du talus des massifs de terre recouvrant les locaux, si ceux-ci sont enterrés ;

2° Les points où émergent les gaines ou couloirs qui mettent les locaux en communication avec l'extérieur, si ceux-ci sont souterrains.

ART. 19. — *Exceptions.* — Les demandes relatives à des installations comportant des tensions supérieures à 10.000 volts ou des dispositions techniques non prévues dans la présente instruction, ou des dérogations à cette instruction, sont réservées à l'examen et à la décision de l'Administration supérieure.

ART. 20. — *Responsabilité du permissionnaire.* — Il demeure entendu que, nonobstant les autorisations obtenues et l'application des dispositions ci-dessus, le permissionnaire est responsable vis-à-vis des tiers des accidents qui résulteraient de ses travaux ou de la présence de ses conduites et des conducteurs d'énergie électrique qu'elles contiennent.

ÉTAT DES RENSEIGNEMENTS N° 1

A joindre à une déclaration d'établissement de conducteur d'énergie électrique en dehors des voies publiques (Art. 2 de la loi du 25 juin 1895.)

Je soussigné ¹ , demeurant
à et faisant élection de domicile
à , rue n° , voulant établir
des conducteurs d'énergie électrique étant destinés à

Déclare fournir les renseignements suivants, en conformité des prescriptions ministérielles du 3 septembre 1898, et à l'appui de ma demande en date du

¹ Nom et prénoms.

LIGNE OU RÉSEAU DE

A

DEMANDES

RÉPONSES

I. — SYSTÈME DE DISTRIBUTION

Définition du système et en particulier
le nombre de fils.

II. — VOISINAGE DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES OU TÉLÉPHONIQUES

1° Indiquer les sections où les conducteurs d'énergie électrique *aériens* seront établis dans la zone de 10 mètres en projection horizontale située de chaque côté d'une ligne télégraphique ou téléphonique aérienne et donner pour chacune de ces sections : 1° l'intensité et le voltage du courant circulant ; 2° la distance minimum auxdites lignes télégraphiques ou téléphoniques.

2° Indiquer les points de croisement des conducteurs d'énergie électrique aériens avec les lignes télégraphiques ou téléphoniques et faire connaître pour chacun de ces points les précautions prises pour éviter tout contact éventuel entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques dans les deux cas suivants :

A. Cas de courants alternatifs de tension supérieure à 120 volts ou de courants continus de tension supérieure à 600 volts.

B. Cas de courants alternatifs de tension égale ou inférieure à 120 volts ou de courants continus de tension égale ou inférieure à 600 volts.

SECTIONS ¹	INTENSITÉ du courant circulant dans la section.	TENSION du courant circulant dans la section ² .	DISTANCE minimum.
—	—	—	—
POINTS DE CROISEMENT		PRÉCAUTIONS PRISES	
—		—	

¹ Les extrémités de chaque section devront être désignées par des lettres correspondantes sur le plan joint à la demande.

² Indiquer s'il s'agit de courants alternatifs ou continus. Dans le cas de courants alternatifs, la tension à déclarer est la différence maximum de potentiel efficace entre les conducteurs ; les valeurs dites *efficaces* sont celles qui sont lues sur les appareils de mesure.

DEMANDES	RÉPONSES		
	SECTIONS	INTENSITÉ du courant circulant dans la section.	TENSION du courant circulant dans la section ² . DISTANCE minimum.
3° Indiquer les sections où la canalisation souterraine d'énergie électrique est à moins d'un mètre en projection horizontale d'une conduite télégraphique ou téléphonique et faire connaître pour chacune de ces sections : 1° l'intensité et la tension du courant circulant ; 2° la distance minimum auxdites lignes télégraphiques ou téléphoniques.			
4° Indiquer les points de croisement de la canalisation souterraine d'énergie électrique avec les conduites souterraines télégraphiques ou téléphoniques et faire connaître pour chacun de ces points la distance minimum auxdites conduites télégraphiques ou téléphoniques.	POINTS		DISTANCE MINIMUM
5° Indiquer les précautions spéciales prises pour éviter les dérivations à ceux de ces points pour lesquels la distance est inférieure à 50 centimètres.			
6° Indiquer les précautions prises pour éviter l'induction.	POINTS		PRÉCAUTIONS PRISES
7° Indiquer les parties du réseau qui ne sont pas constituées par des conducteurs voisins parcourus par des courants égaux et de sens contraire.			

III. — CONTRÔLE

Moyens mis par le déclarant à la disposition du service des Postes et des Télégraphes, soit dans l'usine, soit sur les sections établies dans une zone de dix mètres en projection horizontale de chaque côté d'une ligne télégraphique ou téléphonique, pour mettre ce service en mesure de se rendre compte des données électriques du courant circulant sur ces sections.

¹ Les extrémités de chaque section devront être désignées par des lettres correspondantes sur le plan joint à la demande.

² Indiquer s'il s'agit de courants alternatifs ou continus. Dans le cas de courants alternatifs, la tension à déclarer est la différence maximum de potentiel efficace entre les conducteurs ; les valeurs dites *efficaces* sont celles qui sont lues sur les appareils de mesure

J'indique ci-dessous sur le croquis explicatif du système de distribution la section des conducteurs et les intensités du courant dans les diverses branches du circuit, quand le réseau fonctionnera à pleine puissance.

J'indique également sur ce croquis les sections de lignes télégraphiques ou téléphoniques, aériennes ou souterraines, qui seront placées dans la zone de 10 mètres et leurs distances aux conducteurs d'énergie électrique dont je demande l'établissement.

(Croquis.)

A

, le ¹

ÉTAT DES RENSEIGNEMENTS N° 2

A joindre à une demande d'autorisation d'établissement de conducteurs d'énergie électrique empruntant des voies publiques. (Art. 4 et 5 de la loi du 25 juin 1895.)

Je soussigné ² _____ demeurant _____
à _____ et faisant élection de domicile
à _____, rue _____ n° _____

Demandeur d'une autorisation pour établir des conducteurs d'énergie électrique empruntant des voies publiques.

Lesdits conducteurs d'énergie électrique étant destinés à _____

Déclare fournir les renseignements suivants en conformité des prescriptions de la circulaire ministérielle du 5 septembre 1898.

¹ Lieu, date et signature.

² Nom et prénoms.

LIGNE OU RÉSEAU

de (b) à (b)

VOIES PUBLIQUES empruntées.	LIEUX HABITÉS traversés.	COMMUNE	DÉPARTEMENT

DEMANDES

RÉPONSES

I. — SYSTÈME DE DISTRIBUTION

Définition du système et en particulier le
nombre de fils.

II. — LIGNE DE CANALISATION

A. — LIGNES AÉRIENNES (c)

1° Dans la traversée des lieux habités les
conducteurs sont-ils nus ou recou-
verts ?

2° Nomenclature des voies publiques sui-
vies ou traversées par des conduc-
teurs aériens, en distinguant les con-
ducteurs nus et les conducteurs
recouverts.

3° Spécification des conducteurs nus :

Nature du métal.

Diamètres des conducteurs.

Fatigue maximum des conducteurs (f).

Résistivité maximum à 15° (g).

CONDUCTEURS NUS

CONDUCTEURS
RECOUVERTS(d). kg. par mm² de section.

(b) Indiquer les points extrêmes de départ et d'arrivée.

(c) Biffer, s'il y a lieu, ce qui ne s'applique pas à l'espèce.

(d) Indiquer le nombre.

(f) Exprimer cette fatigue maximum en kg. par m² pour le bois et par mm² pour les métaux dans l'hypothèse d'un vent produisant une pression de 280 kg. par m².

(g) Exprimer cette résistivité en microhms-centimètres.

H. MARTIN. — Production de l'Énergie.

4° Spécification des conducteurs recouverts :

Nature du métal.
 Diamètre de l'âme.
 Fatigue maximum des conducteurs (f).
 Résistivité maximum à 15° (g).
 Nature des diverses couches isolantes.
 Épaisseur totale de ces couches.

(d). kg. par mm² de section.

5° Spécification des isolateurs :

Simple cloche, double cloche, à huile (c).

6° Nombre et nature des supports établis :

Sur la voie publique.
 Sur façades.
 Sur toitures.

(d). en
 (d). en
 (d). en

7° Fatigue maximum.

Des supports en bois (f).
 Des supports en fer (f).
 Des consoles en fer (f).

8° Distance maximum entre deux supports consécutifs

B. — CANALISATION SOUTERRAINE (c)

1° Nomenclature des voies suivies ou traversées par des conducteurs souterrains, en distinguant les conducteurs nus et les conducteurs recouverts.

CONDUCTEURS NUS

CONDUCTEURS RECOUVERTS

2° Spécification des conducteurs nus :

Nature du métal.
 Diamètre des conducteurs.
 Résistivité maximum à 15° (g).

3° Mode de support des conducteurs nus.

4° Spécification des conducteurs recouverts :

Nature de l'âme.
 Diamètre de l'âme.
 Résistivité maximum à 15° centigrades (g).
 Nature des couches isolantes.
 Épaisseur totale des couches isolantes.

5° Spécification des câbles armés :

Nature de l'âme.
 Diamètre de l'âme.
 Résistivité maximum à 15° centigrades (g).

Nature des couches isolantes . . . . .	.....
Épaisseur totale des couches isolantes.	.....
Épaisseur de la chemise en plomb. . .	.....
Épaisseur de la couverture intermédiaire . . . . .	.....
Épaisseur des armatures métalliques. .	.....
Couverture extérieure . . . . .	.....
6° Nature de la conduite souterraine (<i>h</i>).	.....
7° Dimensions de la conduite souterraine :	.....
Hauteur intérieure. . . . .	.....
Largeur intérieure. . . . .	.....
Épaisseur. . . . .	.....
8° Précautions prises pour assurer la ventilation de la conduite souterraine . .	.....
9° Précautions prises pour l'écoulement des eaux introduites accidentellement . . . . .	.....

III. — COURANT

1° Différence maximum de potentiel efficace (<i>j</i>) entre les conducteurs	(<i>d</i>). volts.
2° Intensité maximum efficace (<i>j</i>) du courant à la sortie de l'usine	(<i>d</i>). ampères.
3° Fréquence du courant alternatif.	(<i>d</i>). . . . périodes (doubles inversions) par seconde.
4° Densité maximum de courant dans les conducteurs.	(<i>d</i>). ampères par mm ² .

IV. — VOISINAGE DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES OU TÉLÉPHONIQUES

	SECTIONS (<i>m</i>)	DISTANCE MINIMUM
1° Indiquer les sections où les conducteurs d'énergie électrique AÉRIENS seront établis dans la zone de dix mètres en projection horizontale située de chaque côté de la ligne télégraphique ou téléphonique aérienne. Donner pour chacune de ces sections la distance minimum auxdites lignes télégraphiques ou téléphoniques
2° Indiquer les sections où les conducteurs d'énergie électrique aériens suivent parallèlement une ligne télé-

(*h*) S'il s'agit de béton de ciment, en indiquer le dosage.

(*j*) Dans le cas de courants alternatifs les valeurs dites *efficaces* sont celles qui sont lues sur les appareils de mesure.

(*m*) Les extrémités de chaque section devront être désignées par des lettres correspondantes sur le plan joint à la demande.

graphique ou téléphonique à une distance inférieure à deux mètres de cette ligne, ainsi que les points de croisement desdits conducteurs avec les lignes télégraphiques ou téléphoniques. Faire connaître les précautions prises en vue d'éviter dans ces sections et en ces points tout contact éventuel entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques, dans les deux cas suivants :

A. Cas de courants alternatifs de tension supérieure à 120 volts ou de courants continus de tension supérieure à 600 volts.

B. Cas de courants alternatifs de tension égale ou inférieure à 120 volts ou de courants continus de tension égale ou inférieure à 600 volts.

POINTS DE CROISEMENT	PRÉCAUTIONS PRISES
-------------------------	--------------------

SECTIONS (m)	DISTANCE MINIMUM
--------------	------------------

3° Indiquer les sections où la canalisation souterraine d'énergie électrique est à moins d'un mètre en projection horizontale d'une conduite télégraphique ou téléphonique. Faire connaître, pour chacune de ces sections, la distance minimum auxdites lignes télégraphiques ou téléphoniques.

POINTS	DISTANCE MINIMUM
--------	------------------

4° Indiquer les points de croisement de la canalisation souterraine d'énergie électrique avec les conduites souterraines télégraphiques ou téléphoniques. Faire connaître pour chacun de ces points la distance minimum auxdites conduites télégraphiques ou téléphoniques.

POINTS	PRÉCAUTIONS PRISE
--------	-------------------

5° Indiquer les précautions spéciales prises pour éviter les dérivations à ceux de ces points pour lesquels la distance est inférieure à 50 centimètres.

6° Indiquer les précautions prises pour éviter l'induction.

7° Indiquer les parties du réseau qui ne sont pas constituées par des conducteurs voisins parcourus par des courants égaux et de sens contraire.

V. — VOISINAGE DE PIÈCES MÉTALLIQUES IMPORTANTES

(Conduites d'eau, de gaz, etc.)

	POINTS ET PIÈCES MÉTALLIQUES intéressés.	PRÉCAUTIONS PRISES
1 ^{re} Indication des points spéciaux où les conducteurs d'énergie électrique seront à moins de 50 centimètres des pièces métalliques.		
2 ^{es} Précautions spéciales pour éviter les dérivations en ces points.		

VI. — CONTROLE

Moyens mis par le permissionnaire à la disposition du service de contrôle, soit dans l'usine, soit sur la voie publique, pour mettre ce service en mesure de faire toutes les vérifications intéressant l'application du règlement, notamment :

- 1^{re} Mesure de la différence de potentiel maximum efficace entre les conducteurs.
- 2^{es} Mesure de l'isolement des tronçons du réseau.

J'indique ci-dessous sur le croquis explicatif du système de distribution, la section des conducteurs et les intensités du courant dans les diverses branches du circuit, quand le réseau fonctionnera à pleine puissance.

J'indique également sur ce croquis les sections de lignes télégraphiques ou téléphoniques, aériennes ou souterraines, qui seront placées dans la zone de 10 mètres et leur distance aux conducteurs d'énergie électrique dont je demande l'établissement.

(Croquis.)

A ¹

, le

¹ Lieu, date et signature.

MODÈLE D'ARRÊTÉ PRÉFECTORAL

Portant autorisation de circulation de courant dans des conducteurs d'énergie électrique empruntant les voies publiques. (Art. 4 de la loi du 23 juin 1895.)

DÉPARTEMENT D
ARRONDISSEMENT D
COMMUNE D

Conducteurs d'énergie à établir à (*noms des communes*)

Nature du courant : continu, alternatif, redressé.
Différence maximum de potentiel efficace entre les conducteurs : volts.

Nous, Préfet du département d

Vu la demande en date du
présentée par
demeurant à
et ayant pour objet l'établissement de conducteurs d'énergie électrique empruntant les voies publiques désignées ci-après :

Vu les pièces justificatives à l'appui, savoir :
1^o Plans et dessins dont la nomenclature suit :

2^o Etat des renseignements.

Vu la loi du 23 juin 1895 ;
Vu la circulaire ministérielle du Ministre du commerce, de l'industrie des postes et télégraphes, en date du 5 septembre 1898,

ARRÊTONS :

ARTICLE PREMIER. — Le pétitionnaire est autorisé à faire circuler un courant dans une canalisation d'énergie électrique établie par lui conformément aux dispositions de sa demande, sauf les modifications stipulées ci-après :

ART. 2. — L'ingénieur des postes et des télégraphes en résidence à ou son délégué est chargé du contrôle des conditions électriques de l'installation. Il fera connaître au pétitionnaire le ou les agents qu'il aura désignés pour l'assister sur place dans son service de contrôle.

ART. 3. — *Vérification de l'état des conducteurs et de leurs supports pendant l'exploitation.* — Le pétitionnaire est tenu de vérifier l'état des conducteurs et de leurs supports au point de vue électrique et mécanique le plus souvent possible, et en tout cas au moins une fois par trimestre pendant la première année, une fois par an pendant les années suivantes et à un moment quelconque à toute réquisition des fonctionnaires du contrôle désignés par le présent arrêté.

Les vérifications requises par ces fonctionnaires seront faites en présence d'un agent à ce délégué par eux.

Les résultats de chaque vérification seront consignés sur un registre dont le modèle est joint au présent arrêté, qui doit être présenté, à toute réquisition, aux agents du contrôle des conditions électriques.

ART. 4. — *Mise annuelle au courant du plan d'installation.* — Dans les quinze jours qui suivront la mise en marche, et chaque année dès la première quinzaine de janvier, le permissionnaire devra adresser au directeur des postes et des télégraphes du département un plan complet de l'installation indiquant les modifications, additions ou suppressions apportées tant à la canalisation principale qu'aux branchements sur les voies publiques.

ART. 5. — *Responsabilité du permissionnaire.* — Nonobstant la présente autorisation et l'application des conditions ci-dessus, le permissionnaire est responsable, vis-à-vis des tiers, des accidents qui résulteraient de ses travaux ou de la présence de ses conduites et des conducteurs d'énergie électrique qu'elles contiennent.

ART. 6. — *Contraventions.* — Les contraventions aux dispositions du présent arrêté seront constatées par les officiers de police judiciaire et les agents assermentés de l'Administration des postes et des télégraphes.

ART. 7. — La présente autorisation est donnée à titre précaire.

Si un intérêt public l'exige, ou en cas d'infraction aux prescriptions ci-dessus, elle sera retirée, et le permissionnaire devra, après mise en demeure, enlever des voies publiques, sans indemnité, les conducteurs qu'il y aura installés.

ART. 8. — Le directeur des postes et télégraphes d est chargé de l'exécution du présent arrêté.

REGISTRE DE CONTROLE

Circulaire du 31 octobre 1900, relative à l'application de la loi du 25 juin 1895 sur l'établissement des conducteurs d'énergie électrique.

Monsieur le directeur, la circulaire n° 43 bis, du 13 octobre 1900, adressée à MM. les préfets, et dont un exemplaire est ci-joint, est accompagnée du nouveau texte de l'instruction technique pour l'établissement des conducteurs d'énergie électrique. Les changements apportés à l'ancienne rédaction sont peu nombreux. J'attirerai particulièrement votre attention sur les deux modifications suivantes :

1° A l'article 12, deuxième paragraphe, il est stipulé que, dans certains

DISTRIBUTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

NOM DU PERMISSIONNAIRE :

(Application des prescriptions ministérielles du

189).

ESSAIS ÉLECTRIQUES

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
NUMÉRO D'ORDRE	DATE DE L'ESSAI	ÉTAT DE L'ATMOSPÈRE	VOIES empruntées par la canalisation soumise à l'essai. (Pour remplir cette colonne se servir du plan du réseau.)	DÉSIGNATION des points extrêmes du conducteur essayé. (Pour remplir cette colonne se servir du plan du réseau.)	LONGUEUR DU TRONÇON essayé.	DESTINATION du conducteur essayé (feeder ou distributeur ou branchement).	SECTION DE CONDUCTEUR en mm ² .	NOMBRE et nature des appareils en série sur le conducteur pendant l'opération. (Boîtes de jonction, interrupteurs, etc.)	NOMBRE et nature des dérivations en connexion avec le conducteur essayé pendant l'opération. (Branchements, boîtes d'abonnés, capots, transformateurs, etc.)	RÉSISTANCE d'isolement entre le conducteur essayé et la terre (à exprimer en ohms).	DIFFÉRENCE maximum de potentiel efficace U en cours de service entre les conducteurs (à exprimer en volts).	VALEUR DU PRODUIT S U ² .	NOM DE L'OPÉRATEUR	OBSERVATIONS

cas particuliers, une perte de charge supérieure à 1 volt par kilomètre pourra être autorisée le long des voies de tramways électriques. Cette tolérance, destinée à faciliter l'installation des chemins de fer électriques dans les régions peu habitées, ne devra être accordée que sur la demande expresse des industriels intéressés et après avis de l'administration centrale. Lorsque la demande vous en sera faite, vous devrez m'en référer et me transmettre un rapport de l'ingénieur de votre circonscription sur les raisons qui lui paraîtraient motiver l'autorisation ou l'interdiction de cet accroissement de différence de potentiel.

2° A l'article 14 une nouvelle disposition a été introduite relative à l'isolement, par rapport à la terre, des fils de suspension des conducteurs de trolley.

Vous devrez tenir la main à cette prescription particulièrement importante pour la sécurité des fils appartenant à l'Etat.

A la même circulaire est jointe une notice exposant les précautions les plus urgentes à prendre en cas d'accident causé par le contact d'un fil parcouru par un courant électrique. Cette notice doit être affichée dans tous les lieux où le public se trouve exposé à des accidents du fait de courants électriques reconnus dangereux. L'affichage doit être fait par les industriels intéressés, à leurs frais et sous la forme qui leur paraîtra la plus avantageuse.

Vous aurez à contrôler l'exécution de cette prescription et à vous assurer que les affiches sont très lisibles, très apparentes et que leur conservation est assurée,

Le sous-secrétaire d'Etat
des postes et des télégraphes,

LÉON MOUGEOT.

CIRCULAIRE N° 43 bis, DU 15 OCTOBRE 1900, RELATIVE A L'APPLICATION DE LA LOI DU 25 JUIN 1895 SUR L'ÉTABLISSEMENT DES CONDUCTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Monsieur le préfet, aux termes de la circulaire n° 43, du 5 septembre 1898, l'instruction technique pour l'établissement des conducteurs d'énergie électrique doit être révisée chaque année après avis du Comité d'électricité. Vous trouverez ci-joint le nouveau texte de l'instruction technique tel qu'il a été adopté par le Comité d'électricité en juillet 1900.

Je vous prie de substituer ce nouveau texte à l'ancien.

En raison d'accidents graves survenus sur des installations électriques à haute tension, le Comité d'électricité a été amené à émettre l'avis qu'à l'avenir, lorsque de grands réseaux de distribution à courants alternatifs ou à courants continus à haute tension desservent un certain nombre d'agglomérations distantes les unes des autres, l'administration exige :

1° L'existence d'un moyen de communication directe et indépendante entre chaque agglomération importante d'abonnés desservis et la station centrale ;

2° L'installation d'appareils permettant, en cas d'accident, de couper le circuit à l'entrée des conducteurs dans chaque agglomération importante, soit automatiquement, soit autrement.

Il y aura lieu d'appliquer dorénavant ces nouvelles prescriptions, et même, au cas où la sécurité publique l'exigerait, on devra les imposer aux installations existantes.

En outre, le Comité d'électricité a adopté la rédaction de la notice ci-jointe destinée à être affichée partout où sont à craindre des accidents dus à des canalisations d'énergie électrique. Cette notice donne connaissance au public des précautions à prendre et des premières mesures à appliquer en cas d'accident; elle est rédigée dans des termes qui la mettent à la portée des personnes les moins instruites. Elle devra être répandue à profusion dans toutes les localités parcourues par des courants électriques dangereux et affichée sur les poteaux des lignes d'énergie et dans tous les endroits où la chute accidentelle d'un conducteur peut le mettre à la portée de la main.

Vous voudrez bien, monsieur le préfet, m'accuser réception de la présente circulaire. Une ampliation en est également adressée à tous les directeurs des postes et télégraphes.

Agréez, monsieur le préfet, l'assurance de ma haute considération.

Le Ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes.

A. MILLERAND.

INSTRUCTION TECHNIQUE POUR L'ÉTABLISSEMENT DES CONDUCTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (JUILLET 1900)

(Application de la loi du 25 juin 1895.)

La présente instruction a pour objet de définir les conditions électriques imposables aux installations d'énergie électrique, par application de la loi du 25 juin 1895.

On désignera, dans ce qui suit :

Sous le nom d'*installations à haute tension* les installations à courant continu utilisant des tensions supérieures à 600 volts, et les installations à courants alternatifs utilisant des tensions maximum efficaces supérieures à 120 volts.

Sous le nom d'*installations à basse tension* les installations à courant continu utilisant des tensions inférieures ou égales à 600 volts, et les installations à courants alternatifs utilisant des tensions maximum efficaces inférieures ou égales à 120 volts.

CHAPITRE PREMIER

Prescriptions techniques spéciales aux conducteurs aériens.

ARTICLE PREMIER. — *Supports*. — Les supports doivent présenter toutes les garanties de solidité nécessaires.

En particulier, les supports en bois doivent être prémunis contre les actions de l'humidité ou du sol.

ART. 2. — *Isolateurs*. — La distance entre deux isolateurs consécutifs ne doit pas être supérieure à 100 m, sauf exception motivée.

L'emploi des isolateurs à huile ou à simple cloche est considéré comme insuffisant dans les installations à haute tension.

ART. 3. — *Conditions spéciales d'établissement des conducteurs aériens.* — § 1^{er}. *Résistance mécanique.* — Les conducteurs doivent avoir une résistance suffisante à la traction pour qu'il n'y ait aucun danger de rupture sous l'action des efforts qu'ils auront à supporter.

§ 2. *Conducteurs recouverts d'un isolant.* — Lorsqu'un conducteur est recouvert d'un isolant, la matière isolante doit avoir une épaisseur d'au moins 2 mm et être suffisamment protégée aux points d'attache contre la détérioration ou l'usure par le frottement.

Cette couverture doit être entretenue en bon état.

§ 3. *Interdiction de l'accès des conducteurs au public.* — a) Les conducteurs doivent être hors de la portée du public ¹ ;

b) Chaque support portera l'inscription : « Défense absolue de toucher aux fils » ;

c) Dans le cas de courants continus à tension supérieure à 600 volts ou de courants alternatifs, le permissionnaire doit munir les supports, sur une hauteur de 50 cm, à partir de 2 m au-dessus du sol, de dispositions spéciales pour empêcher, autant que possible, d'atteindre les conducteurs.

En outre, sur les appuis d'angle, on prendra les dispositions nécessaires pour que le conducteur d'énergie électrique, au cas où il viendrait à abandonner l'isolateur, soit encore retenu et ne risque pas de traîner sur le sol.

§ 4. *Traversée des voies publiques.* — Dans le cas de courants continus à tension supérieure à 600 volts ou de courants alternatifs, un dispositif de protection sera établi au-dessous des conducteurs d'énergie électrique, dans toute la partie correspondant à la traversée des voies publiques, rivières et canaux navigables, à moins que le permissionnaire n'ait fait agréer une disposition rendant le conducteur inoffensif en cas de rupture.

La même précaution pourra être imposée dans tous les cas où la chute d'un conducteur serait susceptible de compromettre la sécurité de la circulation.

§ 5. *Traversée des lieux habités.* — Dans la traversée des lieux habités, les conducteurs d'énergie électrique sont, en outre, soumis aux règles suivantes :

Si les conducteurs de la canalisation principale prennent leur appui aux maisons riveraines, ils doivent être placés à 1 m. au moins des façades, à 0,50 m au moins au-dessus des fenêtres les plus élevées, et, en tout cas, hors de la portée des habitants.

S'ils passent au-dessus d'un toit, ils doivent en être à une distance de 2,50 m au moins.

§ 6. *Branchements particuliers.* — Les conducteurs formant branchement particulier doivent être protégés dans toutes les parties où ils sont à la portée des personnes.

ART. 4. — *Voisinage des lignes télégraphiques ou téléphoniques appartenant à l'Etat.* — § 1. Dans tous les cas, la distance entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques, doit être d'un mètre au moins.

¹ Les conditions relatives à la hauteur des appuis au-dessus du sol sont définies par les services de voirie intéressés.

§ 2. Lorsque les conducteurs d'énergie électrique parcourus par des courants dits « à haute tension » suivent parallèlement une ligne télégraphique ou téléphonique, la distance à établir entre ces lignes devra toujours être fixée de manière qu'en aucun cas il ne puisse y avoir de contact accidentel.

Lorsque les conducteurs d'énergie seront fixés sur toute leur longueur, cette distance pourra être réduite à 4 m, comme il est dit ci-dessus (§ 1). Dans tous les autres cas, elle ne sera jamais inférieure à 2 m.

Les distances ci-dessus (§ 1 et 2) sont d'ailleurs indiquées sous les réserves spécifiées à l'article 7 de la loi.

§ 3. Aux points de croisement et dans le cas de courants dits « à haute tension », tout contact éventuel entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques préexistants sera prévenu à l'aide d'un dispositif mécanique de garde ou, à défaut, par une modification des lignes de l'Etat.

En outre, l'administration établira, si elle le juge nécessaire, aux frais dudit permissionnaire, des coupe-circuits spéciaux sur les fils télégraphiques ou téléphoniques intéressés.

§ 4. Si l'administration vient à établir ultérieurement des lignes télégraphiques ou téléphoniques croisant les conducteurs d'énergie électrique, les frais résultant des mesures de précaution indiquées ci-dessus seront à la charge de l'administration et le permissionnaire sera tenu d'exécuter les travaux qui lui seront indiqués.

ART. 5. — *Isolement électrique de l'installation.* — L'ensemble des conducteurs aériens de l'installation sera établi de manière à présenter un isolement kilométrique minimum de 5 mégohms, s'il s'agit d'installations dites « à haute tension », ou de 1 mégohm s'il s'agit d'installations dites « à basse tension ».

Dans l'appréciation de cette valeur minimum d'isolement, les agents contrôleurs devront d'ailleurs tenir compte de l'ensemble des mesures périodiques qui doivent être réglementairement effectuées par les exploitants.

CHAPITRE II

Prescriptions techniques spéciales aux conducteurs souterrains.

ART. 6. — *Conditions générales d'établissement des conducteurs souterrains.* —

§ 1. *Protection mécanique.* — Les conducteurs d'énergie électrique souterrains doivent être protégés mécaniquement contre les avaries que pourraient leur occasionner le tassement des terres, le contact des corps durs ou le choc des outils en cas de fouille.

§ 2. *Conducteurs électriques placés dans une conduite métallique.* — Dans tous les cas où les conducteurs d'énergie électrique sont placés dans une enveloppe ou conduite métallique, ils doivent être isolés avec le même soin que s'ils étaient placés directement dans le sol.

§ 3. *Précautions contre l'introduction des eaux.* — Les conduites, quelle que soit leur nature, doivent être établies de manière à éviter autant que possible l'introduction des eaux. En tout cas, des précautions doivent être prises pour assurer la prompte évacuation des eaux et le drainage des fouilles.

§ 4. *Passage sur des ouvrages métalliques.* — Lorsque les câbles seront installés sur un ouvrage métallique, l'établissement de boîtes de coupures aux deux extrémités de l'ouvrage pourra être exigé de manière à permettre de vérifier aisément si le tronçon ainsi constitué présente la résistance d'isolement prescrite par l'article 11 ci-dessous.

ART. 7. — *Voisinage des conduites de gaz.* — § 1. Lorsque, dans le voisinage des conducteurs d'énergie électrique il existe des conduites de gaz, et que ces conducteurs ne sont pas placés directement dans le sol, le permissionnaire doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la ventilation régulière de la conduite renfermant les câbles électriques et éviter l'accumulation des gaz.

ART. 8. — *Voisinage des conduites télégraphiques et téléphoniques.* — § 1. Lorsque les conducteurs d'énergie électrique suivent une direction commune avec une ligne télégraphique ou téléphonique, une distance d'au moins un mètre en projection horizontale doit exister entre ces conducteurs et la ligne télégraphique ou téléphonique, sous les réserves spécifiées à l'article 7 de la loi.

§ 2. Aux points de croisement les conducteurs d'énergie électrique doivent être placés à une distance minimum de 0,50 m des conduites télégraphiques ou téléphoniques, à moins que la canalisation ne présente en ces points les mêmes garanties aux points de vue de la sécurité publique, de l'induction et des dérivations, que les câbles concentriques ou cordés, à enveloppe de plomb et armés.

ART. 9. — *Regards.* — Les regards établis par le permissionnaire ne doivent renfermer ni tuyaux d'eau, de gaz, d'air comprimé, etc., ni conducteurs d'électricité appartenant à un autre permissionnaire.

Les regards doivent être disposés de manière à pouvoir être ventilés.

Les plaques des regards doivent être convenablement isolées par rapport aux conducteurs d'énergie électrique.

ART. 10. — *Branchements.* — Les conducteurs d'énergie électrique formant branchements particuliers doivent être recouverts d'un isolant protégé mécaniquement d'une façon suffisante, soit par l'armature du câble conducteur, soit par des conduites en matière résistante et durable.

ART. 11. — *Isolement électrique de l'installation.* — Le réseau de conducteurs doit être disposé de telle manière qu'on puisse débrancher les canalisations privées et diviser en tronçons la canalisation principale.

La résistance absolue d'isolement de chaque tronçon entre les conducteurs et la terre, exprimée en ohms, ne doit jamais être numériquement inférieure à cinq fois le carré de la plus grande différence de potentiel efficace entre les conducteurs, exprimée en volts.

CHAPITRE III

Tramways à traction électrique.

ART. 12. — *Voies.* — La conductibilité de la voie devra être assurée dans les meilleures conditions possibles.

La perte de charge kilométrique le long de la voie ferrée ne devra pas dépasser 1 volt. Toutefois, dans certains cas particuliers, une perte de charge supérieure pourra être autorisée. Dans tous les cas, des précautions spéciales pourront en outre être prescrites en vue de protéger les masses métalliques de toute nature contre l'action des courants de retour.

Lorsque la voie passera sur un ouvrage métallique, elle devra autant que possible être isolée électriquement du sol dans la traversée de l'ouvrage. Les connexions devront être établies de telle sorte que la chute du potentiel entre les deux extrémités de l'ouvrage ne dépasse pas en marche normale 0,25 volt. Des mesures d'espèce pourront enfin être prescrites en vue d'atténuer la différence de potentiel entre la masse de l'ouvrage et le sol, toutes les fois que cela sera jugé nécessaire.

Les limites indiquées ci-dessus devront s'appliquer uniquement aux pertes de charge moyennes rapportées à la durée de marche.

ART. 13. — *Fils de trolley.* — Des dispositifs destinés à protéger mécaniquement les lignes télégraphiques ou téléphoniques contre les contacts avec le fil de trolley devront être établis à tous les points de croisement.

ART. 14. — Les fils de suspension du conducteur de trolley devront être isolés avec soin de ce conducteur et de la terre.

ART. 15. — *Cas particulier du montage avec fil neutre.* — L'emploi de deux fils de trolley supportés par un même appui sera admis lorsque le montage de l'installation comportera l'emploi des voies de retour comme fil neutre.

ART. 16. — *Prescriptions générales.* — Sous réserve des prescriptions ci-dessus, il sera fait application aux installations de tramways de toutes les dispositions énoncées dans les chapitres I et II et applicables en l'espèce.

CHAPITRE IV

Dispositions générales.

ART. 17. — Il est interdit d'employer la terre comme partie du circuit.

ART. 18. — *Transformateurs.* — Toutes les parties accessibles des transformateurs devront être mises soigneusement à la terre.

L'isolement entre chacun de leurs circuits ainsi qu'entre le primaire et la terre ne devra jamais être inférieur à 100 mégohms, mesuré à froid (15° environ) ou 10 mégohms, mesuré à chaud (70° environ).

ART. 19. — *Voisinage des poudreries et poudrières.* — Aucun conducteur d'énergie électrique ne peut être établi à moins de 20 m d'une poudrerie ou d'un magasin à poudre, à munitions ou à explosifs, si ce conducteur est aérien, de 10 m si ce conducteur est souterrain.

Cette distance se compte à partir de la clôture qui entoure la poudrerie ou du mur d'enceinte spécial qui entoure le magasin. Si ce mur n'existe pas, on devra considérer comme limite dudit magasin :

1° Le pied du talus des massifs de terre recouvrant les locaux si ceux-ci sont enterrés ;

2° Les points où émergent les gaines ou couloirs qui mettent les locaux en communication avec l'extérieur si ceux-ci sont souterrains.

ART. 20. — *Exception.* — Les demandes relatives à des installations comportant des tensions égales ou supérieures à 10 000 volts ou des dispositions techniques non prévues dans la présente instruction, ou des dérogations à cette instruction, sont réservées à l'examen et à la décision de l'administration supérieure.

ART. 21. — *Responsabilité du permissionnaire.* — Il demeure entendu que nonobstant les autorisations obtenues et l'application des dispositions ci-dessus, le permissionnaire est responsable vis-à-vis des tiers des accidents qui résulteraient de ses travaux ou de la présence de ses conduites et des conducteurs d'énergie électrique qu'elles contiennent.

II

RÉGLEMENTATION DES ÉTABLISSEMENTS A VAPEUR

Décret du 1^{er} mai 1880.

ARTICLE PREMIER. — Sont soumis aux formalités et aux mesures prescrites par le présent règlement : 1^o les générateurs à vapeur autres que ceux qui sont placés à bord des bateaux ; 2^o les récipients définis ci-après (titre V).

TITRE PREMIER

Mesures de sûreté relatives aux chaudières placées à demeure.

ART. 2. — Aucune chaudière neuve ne peut être mise en service qu'après avoir subi l'épreuve réglementaire ci-après définie. Cette épreuve doit être faite chez le constructeur et sur sa demande.

Toute chaudière venant de l'étranger est éprouvée, avant sa mise en service, sur le point du territoire français désigné par le destinataire dans sa demande.

ART. 3. — Le renouvellement de l'épreuve peut être exigé de celui qui fait usage d'une chaudière :

1^o Lorsque la chaudière, ayant déjà servi, est l'objet d'une nouvelle installation ;

2^o Lorsqu'elle a subi une réparation notable ;

3^o Lorsqu'elle est remise en service après un chômage prolongé.

A cet effet, l'intéressé devra informer l'ingénieur des mines de ces diverses circonstances.

En particulier, si l'épreuve exige la démolition du massif du fourneau ou l'enlèvement de l'enveloppe de la chaudière et un chômage plus ou moins prolongé.

Cette épreuve pourra ne point être exigée, lorsque des renseignements authentiques sur l'époque et les résultats de la dernière visite, intérieure et extérieure, constitueront une présomption suffisante en faveur du bon état de la chaudière.

Pourront être notamment considérés comme renseignements probants les certificats délivrés aux membres des associations de propriétaires d'appareils à vapeur par celle de ces associations que le ministre aura désignée.

Le renouvellement de l'épreuve est exigible également lorsque à raison

des conditions dans lesquelles une chaudière fonctionne, il y a lieu par l'ingénieur des mines d'en suspecter la solidité.

Dans tous les cas lorsque celui qui fait usage d'une chaudière contestera la nécessité d'une nouvelle épreuve, il sera, après une instruction où celui-ci sera entendu, statué par le préfet.

En aucun cas, l'intervalle entre deux épreuves consécutives n'est supérieur à dix années. Avant l'expiration de ce délai, celui qui fait usage d'une chaudière à vapeur doit lui-même demander le renouvellement de l'épreuve.

ART. 4. — L'épreuve consiste à soumettre la chaudière à une pression hydraulique supérieure à la pression effective, qui ne doit point être dépassée dans le service.

Cette pression d'épreuve sera maintenue pendant le temps nécessaire à l'examen de la chaudière dont toutes les parties doivent pouvoir être visitées.

La surcharge d'épreuve, par centimètre carré, est égale à la pression effective, sans jamais être inférieure à un demi-kilogramme ni supérieure à 6 kilogrammes.

L'épreuve est faite sous la direction de l'ingénieur des mines et en sa présence ou en cas d'empêchement en présence du garde-mine opérant d'après ses instructions.

Elle n'est pas exigée pour l'ensemble d'une chaudière dont les diverses parties, éprouvées séparément, ne doivent être réunies que par des tuyaux placés sur tout leur parcours en dehors du foyer et des conduits de flamme, et dont les joints peuvent être facilement démontés.

Le chef de l'établissement où se fait l'épreuve fournit la main-d'œuvre et les appareils nécessaires à l'opération.

ART. 5. — Après qu'une chaudière ou partie de chaudière a été éprouvée avec succès, il y est apposé un timbre indiquant en kilogrammes par centimètre carré, la pression effective que la vapeur ne doit pas dépasser.

Les timbres sont poinçonnés et reçoivent trois nombres indiquant le jour, le mois et l'année de l'épreuve.

Un de ces timbres est placé de manière à être toujours apparent après la mise en place de la chaudière.

ART. 6. — Chaque chaudière est munie de deux soupapes de sûreté, chargées de manière à laisser la vapeur s'écouler dès que sa pression effective atteint la limite maximum indiquée par le timbre réglementaire.

L'orifice de chacune des soupapes doit suffire à maintenir, celle-ci étant au besoin convenablement déchargée ou soulevée et quelle que soit l'activité du feu, la vapeur dans la chaudière à un degré de pression qui n'excède, pour aucun cas, la limite ci-dessus.

Le constructeur est libre de répartir, s'il le préfère, la section totale d'écoulement nécessaire des deux soupapes réglementaires entre un plus grand nombre de soupapes.

ART. 7. — Toute chaudière est munie d'un manomètre en bon état, placé en vue du chauffeur et gradué de manière à indiquer, en kilogrammes, la pression effective de la vapeur dans la chaudière.

Une marque très apparente indique sur l'échelle du manomètre la limite que la pression effective ne doit pas dépasser.

La chaudière est munie d'un ajutage terminé par une bride de 0^m,04 de diamètre et 0^m,003 d'épaisseur, disposée pour recevoir le manomètre vérificateur.

ART. 8. — Chaque chaudière est munie d'un appareil de retenue, soupape ou clapets, fonctionnant automatiquement et placé au point d'insertion du tuyau d'alimentation qui lui est propre.

ART. 9. — Chaque chaudière est munie d'une soupape ou d'un robinet d'arrêt de vapeur, placé autant que possible à l'origine du tuyau de conduite de vapeur, sur la chaudière même.

ART. 10. — Toute paroi en contact par une de ses faces avec la flamme doit être baignée par l'eau sur sa face opposée.

Le niveau de l'eau doit être maintenu dans chaque chaudière à une hauteur de marche telle qu'elle soit, en toute circonstance, à 0^m,06 au moins au-dessus du plan pour lequel la condition précédente cesserait d'être remplie. La position limite sera indiquée d'une manière très apparente, au voisinage du tube de niveau mentionné à l'article suivant.

Les prescriptions énoncées au précédent article ne s'appliquent point :

1° Aux surchauffeurs de vapeur distincts de la chaudière ;

2° A des surfaces relativement peu étendues et placées de manière à ne jamais rougir, même lorsque le feu est poussé à son maximum d'activité, telles que les tubes ou parties de cheminées qui traversent le réservoir de vapeur, en envoyant directement à la cheminée principale les produits de la combustion.

ART. 11. — Chaque chaudière est munie de deux appareils indicateurs du niveau de l'eau, indépendants l'un de l'autre, et placés en vue de l'ouvrier chargé de l'alimentation.

L'un de ces deux indicateurs est un tube en verre, disposé de manière à pouvoir être facilement nettoyé et remplacé au besoin.

Pour les chaudières verticales de grande hauteur, le tube en verre est remplacé par un appareil disposé de manière à reporter, en vue de l'ouvrier chargé de l'alimentation, l'indication du niveau de l'eau dans la chaudière.

TITRE II

Établissement des chaudières à vapeur placées à demeure.

ART. 12. — Toute chaudière à vapeur destinée à être employée à demeure ne peut être mise en service qu'après une déclaration adressée par celui qui fait usage du générateur au préfet du département¹. Cette déclaration est enregistrée à sa date. Il en est donné acte. Elle est communiquée sans délai à l'ingénieur en chef des mines².

ART. 13. — La déclaration fait connaître avec précision :

1. Le nom et le domicile du vendeur de la chaudière ou l'origine de celle-ci ;

¹ A Paris au Préfet de police (art. 44).

² L'Administration exige que la déclaration soit remise en deux exemplaires, dont un sur papier timbré. Elle exige une déclaration distincte pour chaque chaudière.

2. La commune et le lieu où elle est établie ;
3. La forme, la capacité et la surface de chauffe ;
4. Le numéro du timbre réglementaire ;
5. Un numéro distinctif de la chaudière, si l'établissement en possède plusieurs ;
6. Enfin le genre d'industrie et l'usage auquel elle est destinée.

ART. 14. — Les chaudières sont divisées en trois catégories. Cette classification est basée sur le produit de la multiplication du nombre exprimant en mètres cubes la capacité totale de la chaudière (avec ses bouilleurs et ses réchauffeurs alimentaires, mais sans y comprendre les surchauffeurs de vapeur) par le nombre exprimant, en degrés centigrades, l'excès de la température de l'eau correspondant à la pression indiquée par le timbre réglementaire, sur la température de 100°, conformément à la table annexée au présent décret.

Si plusieurs chaudières doivent fonctionner ensemble dans un même emplacement, et si elles ont entre elles une communication quelconque, directe ou indirecte, on prend pour former le produit, comme il vient d'être dit, la somme des capacités de ces marchandises.

Les chaudières sont de la première catégorie quand le produit est plus grand que 200 ; de la deuxième quand le produit n'excède pas 200, mais surpasse 50 ; de la troisième, si le produit n'excède pas 50.

ART. 15. — Les chaudières comprises dans la première catégorie doivent être établies en dehors de toute maison d'habitation et de tout atelier surmonté d'étages. N'est pas considéré comme un étage au-dessus de l'emplacement d'une chaudière une construction dans laquelle ne se fait aucun travail nécessitant la présence d'un personnel à poste fixe.

ART. 16. — Il est interdit de placer une chaudière de première catégorie à moins de 3 mètres d'une maison d'habitation.

Lorsqu'une chaudière de première catégorie est placée à moins de 10 mètres d'une maison d'habitation, elle en est séparée par un mur de défense.

Ce mur en bonne et solide maçonnerie est construit de manière à défilier la maison par rapport à tout point de la chaudière distant de moins de 10 mètres, sans toutefois que sa hauteur dépasse de 1 mètre la partie la plus élevée de la chaudière. Son épaisseur est égale au tiers au moins de sa hauteur, sans que cette épaisseur puisse être inférieure à 1 mètre en couronne. Il est séparé du mur de la maison voisine par un intervalle libre de 30 centimètres de largeur au moins.

L'établissement d'une chaudière de première catégorie à la distance de 10 mètres au plus d'une maison d'habitation n'est assujéti à aucune condition particulière.

Les distances de 3 mètres et de 10 mètres, fixées ci-dessus, sont réduites respectivement à 1^m,50 et à 5 mètres, lorsque la chaudière est enterrée de façon que la partie supérieure de ladite chaudière se trouve à 1 mètre en contre-bas du sol du côté de la maison voisine.

ART. 17. — Les chaudières comprises dans la deuxième catégorie peuvent être placées dans l'intérieur de tout atelier pourvu que l'atelier ne fasse pas partie d'une maison d'habitation.

Les foyers sont séparés des murs des maisons voisines par un intervalle libre de 1 mètre au moins.

ART. 18. — Des chaudières de troisième catégorie peuvent être établies dans un atelier quelconque, même lorsqu'il fait partie d'une maison d'habitation.

Les foyers sont séparés des murs des maisons voisines par un intervalle libre de 0^m,30 au moins.

ART. 19. Les conditions d'emplacement prescrites pour les chaudières à demeure, par les précédents articles, ne sont pas applicables aux chaudières pour l'établissement desquelles il aura été satisfait au décret du 25 janvier 1863, antérieurement à la promulgation du présent règlement.

ART. 20. — Si, postérieurement à l'établissement d'une chaudière, un terrain contigu vient à être affecté à la construction d'une maison d'habitation, celui qui fait usage de la chaudière devra se conformer aux mesures prescrites par les articles 16, 17 et 18 comme si la maison eût été construite avant l'établissement de la chaudière.

ART. 21. — Indépendamment des mesures générales de sûreté prescrites au titre I^{er}, et de la déclaration prévue par les articles 12 et 13, les chaudières à vapeur fonctionnant dans l'intérieur des mines sont soumises aux conditions que pourra prescrire le préfet, suivant les cas et sur le rapport de l'ingénieur des mines.

TITRE III

Chaudières locomobiles.

ART. 22. — Sont considérées comme locomobiles les chaudières à vapeur qui peuvent être transportées facilement d'un lieu dans un autre, n'exigent aucune construction pour fonctionner sur un point donné et ne sont employées que d'une manière temporaire à chaque station.

ART. 23. — Les dispositions des articles 2 à 11 inclusivement du présent décret sont applicable aux chaudières locomobiles.

ART. 24. — Chaque chaudière porte une plaque sur laquelle sont gravés en caractères très apparents le nom et le domicile du propriétaire et un numéro d'ordre, si ce propriétaire possède plusieurs chaudières locomobiles.

ART. 25. — Elle est l'objet de la déclaration prescrite par les articles 12 et 13. Cette déclaration est adressée au préfet du département où est le domicile du propriétaire.

L'ouvrier chargé de la conduite devra représenter à toute réquisition le récépissé de cette déclaration.

TITRE IV

Chaudières des machines locomotives.

ART. 26. — Les machines à vapeur locomotives sont celles qui, sur terre, travaillent en même temps qu'elles se déplacent par leur propre force, telles que les machines des chemins de fer et des tramways, les machines routières, les rouleaux compresseurs, etc...

ART. 27. — Les dispositions des articles 2 à 8 inclusivement et celles des articles 11 et 24 sont applicables aux chaudières des machines locomotives.

ART. 28. — Les dispositions de l'article 23, paragraphe 1^{er}, s'appliquent également à ces chaudières.

ART. 29. — La circulation des machines locomotives a lieu dans les conditions déterminées par des règlements spéciaux.

TITRE V

Récipients.

ART. 30. — Sont soumis aux dispositions suivantes, les récipients de formes diverses, d'une capacité de plus de 100 litres, au moyen desquels les matières à élaborer sont chauffées non directement à feu nu, mais par de la vapeur empruntée à un générateur distinct, lorsque leur communication avec l'atmosphère n'est point établie par des moyens excluant toute pression effective nettement appréciable.

ART. 31. — Ces récipients sont assujettis à la déclaration prescrite par les articles 12 et 13.

Ils sont soumis à l'épreuve conformément aux articles 2, 3, 4 et 5. Toutefois la surcharge d'épreuve sera dans tous les cas égale à la moitié de la pression maximum à laquelle l'appareil doit fonctionner, sans que cette surcharge puisse excéder 4 kilogrammes par centimètre carré.

ART. 32. — Ces récipients sont munis d'une soupape de sûreté réglée pour la pression indiquée par le timbre, à moins que cette pression ne soit égale ou supérieure à celle fixée par la chaudière alimentaire.

L'orifice de cette soupape convenablement déchargée ou soulevée au besoin, doit suffire à maintenir pour tous les cas la vapeur dans le récipient à un degré de pression qui n'excède pas la limite du timbre.

Elle peut être placée, soit sur le récipient lui-même, soit sur le tuyau d'arrivée de la vapeur, entre le robinet et le récipient.

ART. 33. — Les dispositions des articles 30, 31 et 32 s'appliquent également aux réservoirs dans lesquels de l'eau à haute température est emmagasinée, pour fournir ensuite un dégagement de vapeur ou de chaleur, quel qu'en soit l'usage.

ART. 34. — Un délai de six mois à partir de la promulgation du présent décret, est accordé pour l'exécution des quatre articles qui précèdent.

TITRE VI

Dispositions générales.

ART. 35. — Le ministre peut, sur le rapport des ingénieurs des mines, l'avis du préfet et celui de la commission centrale des machines à vapeur,

accorder dispense de tout ou partie des prescriptions du présent décret, dans tous les cas où à raison de la forme, soit de la faible dimension des appareils, soit de la position spéciale des pièces contenant de la vapeur, il serait reconnu que la dispense ne peut pas avoir d'inconvénient.

ART. 36. — Ceux qui font usage de générateurs ou de récipients de vapeur veilleront à ce que ces appareils soient entretenus constamment en bon état de service.

A cet effet, ils tiendront la main à ce que des visites complètes, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, soient faites à des intervalles rapprochées pour constater l'état des appareils et assurer l'exécution en temps utile, des réparations ou remplacements nécessaires.

Ils devront informer les ingénieurs des réparations notables faites aux chaudières et aux récipients en vue de l'exécution des articles 3 (1^o, 2^o et 3^o) et 31 (2^o).

ART. 37. — Les contraventions au présent règlement sont constatées, poursuivies et réprimées conformément aux lois.

ART. 38. — En cas d'accident ayant occasionné la mort ou des blessures, le chef de l'établissement doit prévenir immédiatement l'autorité chargée de la police locale et l'ingénieur des mines chargé de la surveillance. L'ingénieur se rend sur les lieux, dans le plus bref délai, pour visiter les appareils, en constater l'état et rechercher les causes de l'accident. Il rédige sur le tout :

1^o Un rapport qu'il adresse au procureur de la République et dont une expédition est transmise à l'ingénieur en chef qui fait parvenir son avis à ce magistrat.

2^o Un rapport qui est adressé au préfet, par l'intermédiaire et avec l'avis de l'ingénieur en chef.

En cas d'accident n'ayant occasionné ni mort ni blessures, l'ingénieur des mines seul est prévenu, il rédige un rapport qu'il envoie par l'intermédiaire et avec l'avis de l'ingénieur en chef au préfet.

En cas d'explosion, les constructions ne doivent point être réparées et les fragments de l'appareil rompu ne doivent point être déplacés ou dénaturés avant la constatation des lieux par l'ingénieur.

ART. 39. — Par exception, le ministre pourra confier la surveillance des appareils à vapeur aux ingénieurs ordinaires et aux conducteurs des ponts et chaussées, sous les ordres de l'ingénieur en chef des mines de la circonscription.

ART. 40. — Les appareils à vapeur qui dépendent des services spéciaux de l'Etat sont surveillés par les fonctionnaires et agents de ces services.

ART. 41. — Les attributions conférées aux préfets des départements par le présent décret sont exercées par le préfet de police dans toute l'étendue de son ressort.

ART. 42. — Est rapporté le décret du 23 janvier 1864.

ART. 43. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 30 avril 1880.

TABLE

donnant la température (en degrés centigrades) de l'eau correspondant à une pression donnée (en kilogr. effectifs).

VALEURS CORRESPONDANTES			
DE LA PRESSION effective en kilogrammes.	DE LA TEMPÉRATURE en degrés centigrades.	DE LA PRESSION effective en kilogrammes.	DE LA TEMPÉRATURE en degrés centigrades.
0,5	111	10,5	185
1	120	11	187
1,5	127	11,5	189
2	133	12	191
2,5	138	12,5	193
3	143	13	194
3,5	147	13,5	196
4	151	14	197
4,5	155	14,5	199
5	158	15	200
5,5	161	15,5	202
6	164	16	203
6,5	167	16,5	205
7	170	17	206
7,5	173	17,5	208
8	175	18	209
8,5	177	18,5	210
9	179	19	211
9,5	181	19,5	213
10	183	20	215

Décret du 29 juin 1886.

Clapets et retenue de vapeur.

ARTICLE PREMIER. — Lorsque plusieurs générateurs de vapeur, placés à demeure, sont groupés sur une conduite générale de vapeur en nombre tel que le produit, comme il est dit à l'article 14 du décret du 30 avril 1880, en prenant comme base du calcul le timbre réglementaire le plus élevé, dépasse le nombre 1800, lesdits générateurs sont répartis par séries correspondant chacune à un produit au plus égal à ce nombre; chaque série est munie d'un clapet automatique d'arrêt disposé de façon à éviter en cas d'explosion, le déversement de la vapeur des séries restées intactes.

ART. 2. — Lorsque le générateur de première catégorie est échauffé par les flammes perdues d'un ou plusieurs fours métallurgiques, tout le courant des gaz chauds doit, en arrivant au contact des tôles, être dirigé tangentiellement aux parois de la chaudière.

A cet effet, si les rampants destinés à amener les flammes ne sont pas construits de façon à assurer ce résultat, les tôles exposées aux coups de

feu sont protégées, en face des débouchés des rampants dans les carneaux, par des murettes en matériaux réfractaires, distantes des tôles d'au moins 50 millimètres et suffisamment étendues dans tous les sens pour que les courants de gaz chauds prennent des directions sensiblement tangentielles aux surfaces des tôles voisines, avant de les toucher.

ART. 3. — Les dispositions de l'article 33 du décret du 30 avril 1880 sont applicables aux prescriptions du présent règlement.

ART. 4. — Un délai de six mois est accordé aux propriétaires des chaudières existant antérieurement à la promulgation du présent règlement pour se conformer aux prescriptions ci-dessus.

(Par décret du 22 décembre 1886, le délai fixé par l'article 5 ci-dessus, a été prorogé jusqu'au 31 décembre 1887).

Circulaire du 11 avril 1891 relative à l'emploi des clapets automatiques d'arrêt de vapeur.

L'application du décret du 29 juin 1886 a maintes fois soulevé la question de savoir si les clapets automatiques d'arrêt de vapeur doivent nécessairement se fermer dans un sens déterminé. Il paraît exister à cet égard une incertitude qu'il importe de dissiper.

La commission centrale des machines à vapeur a fait remarquer que l'article premier du décret sus-visé n'a rien spécifié en ce qui concerne le sens dans lequel les clapets doivent se fermer; cet article prescrit simplement de les disposer de manière qu'ils s'opposent efficacement, en cas d'explosion, au déversement de la vapeur des séries de chaudières restées intactes.

Si la conduite générale de vapeur est suffisamment éloignée des chaudières pour qu'elle ne soit pas exposée à être endommagée par l'explosion de l'une d'elles, on peut obtenir le résultat voulu en adaptant à l'insertion même des tuyaux adducteurs de vapeur, sur cette conduite des clapets battants, c'est-à-dire se fermant en sens inverse de la sortie de la vapeur. Avec cette disposition la série avariée par un accident se trouve seule isolée du reste de l'ensemble, à la condition toutefois que l'arrachement ne se propage pas jusqu'à l'extrémité du tuyau adducteur correspondant. Les clapets battants sont applicables, quelle que soit la disposition de la conduite générale, aux groupes de chaudières à petits éléments, non surmontés de grands réservoirs contenant de l'eau à haute température, car les explosions de ces appareils ne sont pas accompagnées d'effets violents et n'ont guère de chance d'entraver le jeu des clapets.

Mais s'il s'agit de générateurs à grand volume d'eau dont la conduite générale est située sur les massifs mêmes ou dans leur voisinage immédiat, il convient de se prémunir contre les conséquences des effets dynamiques qui peuvent éventuellement se produire, et pour cela, il y a lieu de recourir à des clapets convenablement réglés, se fermant dans le sens de la sortie de la vapeur ou dans les deux sens, de telle sorte que lorsque la pression baisse brusquement dans la conduite collectrice, chaque série de générateurs soit complètement isolée. Alors l'explosion d'une série arrachant son clapet, et même une portion de la conduite, laisse intacte le système de protection; toutes les autres séries sont fermées brusquement et s'isolent ainsi des parties avariées ou détruites.

Il n'est évidemment pas possible d'apporter une précision complète dans les définitions qui précèdent, il appartient aux ingénieurs d'apprécier chaque espèce, d'après les circonstances qui lui sont propres.

Il n'est pas nécessaire qu'en cas de fonctionnement les clapets s'appliquent hermétiquement sur leur siège; il suffit qu'ils étranglent assez l'écoulement de la vapeur pour le rendre inoffensif. Le défaut de la fermeture hermétique peut même avoir l'avantage, pour les clapets qui se ferment du dedans vers dehors, de rétablir rapidement l'équilibre de pression sur les deux faces, lorsqu'ils se ferment hermétiquement.

LOI DU 21 JUILLET 1856

CONCERNANT LES CONTRAVENTIONS AUX RÈGLEMENTS SUR LES APPAREILS ET BATEAUX A VAPEUR

TITRE PREMIER

Des contraventions relatives à la vente des appareils à vapeur.

ARTICLE PREMIER. — Est puni d'une amende de cent à mille francs tout fabricant qui a livré une chaudière fermée, ou toute autre pièce destinée à produire de la vapeur, sans qu'elle ait été soumise aux épreuves exigées par les règlements d'administration publique.

Est puni de la même peine, le fabricant qui, après avoir fait dans ses ateliers des changements ou des réparations notables à une chaudière, ou à toute autre pièce destinée à produire de la vapeur, l'a vendue au propriétaire sans qu'elle ait été de nouveau soumise auxdites épreuves.

ART. 2. — Est puni d'une amende de vingt-cinq à deux cents francs, tout fabricant qui a livré un cylindre, une enveloppe de cylindre ou une pièce quelconque destinée à contenir de la vapeur sans que cette pièce ait été soumise aux épreuves prescrites par lesdits règlements¹.

TITRE II

Des contraventions relatives à l'usage des appareils à vapeur établis ailleurs que sur les bateaux.

ART. 3. — Est puni d'une amende de vingt-cinq à cinq cents francs, quiconque a fait usage d'une machine ou chaudière à vapeur sur laquelle ne seraient pas appliqués les timbres constatant qu'elle a été soumise aux épreuves et vérifications prescrites par les règlements d'administration publique. Est puni de la même peine quiconque, après avoir fait faire à une chaudière ou partie de chaudière des changements ou réparations notables, a fait usage de la chaudière modifiée ou réparée sans en avoir donné avis au préfet ou sans qu'elle ait été soumise de nouveau, dans le cas où le préfet l'aurait ordonné, à la pression d'épreuve correspondante au numéro du timbre dont elle est frappée².

¹ Cet article n'est plus applicable qu'en partie.

² Ceci est modifié par suite du décret de 1880.

ART. 4. — Est puni d'une amende de vingt-cinq à cinq cents francs, quiconque a fait usage d'un appareil à vapeur sans être muni de l'autorisation exigée par les règlements d'administration publique⁴.

L'amende est de cent à mille francs si l'appareil à vapeur dont il a été fait usage sans autorisation n'est pas revêtu des timbres mentionnés en l'article précédent.

Néanmoins, l'amende n'est point encourue si, dans le délai de deux mois pour les appareils à placer dans l'intérieur des établissements, et de trois mois pour les appareils placés en dehors, il n'a pas été statué par l'administration sur l'autorisation demandée.

ART. 5. — Celui qui continue à se servir d'un appareil à vapeur pour lequel l'autorisation a été retirée ou suspendue en vertu des règlements d'administration publique, est puni d'une amende de cent à deux mille francs et peut être condamné, en outre, à un emprisonnement de trois jours à un mois.

ART. 6. — Quiconque fait usage d'un appareil à vapeur autorisé sans s'être conformé aux prescriptions qui lui ont été imposées en vertu desdits règlements, en ce qui concerne les appareils de sûreté dont les chaudières doivent être pourvues et l'emplacement de ces chaudières, ou qui continue à en faire usage, alors que les appareils de sûreté et les dispositions du local ont cessé de satisfaire à ces prescriptions, est puni d'une amende de vingt-cinq à deux cents francs.

ART. 7. — Le chauffeur ou mécanicien qui a fait fonctionner une machine ou chaudière à une pression supérieure au degré déterminé dans l'acte d'autorisation, ou qui a surchargé les soupapes d'une chaudière, faussé ou paralysé les autres appareils de sûreté, est puni d'une amende de vingt-cinq à cinq cents francs et peut être, en outre, condamné à un emprisonnement de trois jours à un mois.

Le propriétaire, le chef de l'entreprise, le directeur, le gérant ou le préposé par les ordres duquel a eu lieu la contravention prévue au présent article, est puni d'une amende de cent à deux mille francs et peut être condamné à un emprisonnement de six jours à deux mois.

TITRE III

Des contraventions relatives aux bateaux à vapeur et aux appareils à vapeur placés sur ces bateaux.

ART. 8. — Est puni d'une amende de cent à deux mille francs, tout propriétaire ou chef d'entreprise qui a fait naviguer un bateau à vapeur sans un permis de navigation délivré par l'autorité administrative, conformément aux règlements d'administration publique.

ART. 9. — Le propriétaire ou chef d'entreprise qui a continué de faire naviguer un bateau à vapeur dont le permis a été suspendu ou retiré en vertu desdits règlements encourt une amende de quatre cents à quatre

⁴ La formalité de l'autorisation a été depuis réduite à une simple déclaration.

mille francs, et peut être condamné en outre à un emprisonnement d'un mois à un an.

ART. 10. — Est puni d'une amende de quatre cents à quatre mille francs tout propriétaire de bateau à vapeur ou chef d'entreprise qui fait usage d'une chaudière non revêtue des timbres constatant qu'elle a été soumise aux épreuves prescrites par les règlements d'administration publique ou qui après avoir fait faire à une chaudière ou partie de chaudière des changements ou réparations notables, a fait usage, hors le cas de force majeure, de la chaudière réparée ou modifiée sans qu'elle ait été soumise à la pression d'épreuve correspondante au numéro du timbre dont elle est frappée.

ART. 11. — Est puni d'une amende de deux cents à quatre mille francs tout propriétaire de bateau à vapeur ou chef d'entreprise qui après obtenu un permis de navigation, fait naviguer ce bateau sans se conformer aux prescriptions qui lui ont été imposées en vertu des règlements d'administration publique en ce qui concerne les appareils de sûreté dont les chaudières doivent être pourvues, l'emplacement des chaudières et machines et les séparations entre cet emplacement et les salles destinées aux passagers.

La même peine est applicable dans le cas où le bateau a continué à naviguer après que les appareils de sûreté ou les dispositions du local ont cessé de satisfaire à ces prescriptions.

ART. 12. — Est puni d'une amende de deux cents à deux mille francs tout propriétaire de bateau à vapeur ou chef d'entreprise qui a confié la conduite du bateau ou de l'appareil moteur à un capitaine ou à un mécanicien non pourvu des certificats de capacité exigés par les règlements d'administration publique.

ART. 13. — Est puni d'une amende de cinquante à cinq cents francs le capitaine d'un bateau à vapeur lorsque, par suite de sa négligence :

1^o La pression de la vapeur dans les chaudières a été portée au-dessus de la limite fixée par le permis de navigation ;

2^o Les appareils prescrits soit pour limiter ou indiquer cette pression, soit pour indiquer le niveau de l'eau dans l'intérieur des chaudières, soit pour alimenter d'eau les chaudières, ont été faussés ou paralysés.

ART. 14. — Est puni d'une amende de cinquante à cinq cents francs et en outre d'un emprisonnement de trois jours à trois mois, le mécanicien ou chauffeur qui, sans ordre, a surchargé les soupapes, faussé ou paralysé les autres appareils.

Lorsque la surcharge des soupapes a eu lieu, hors du cas de force majeure, par l'ordre du capitaine ou du chef de manœuvre, celui qui a donné l'ordre est puni d'une amende de deux cents à deux mille francs et peut être condamné à un emprisonnement de six jours à deux mois.

ART. 15. — Est puni d'une amende de vingt-cinq à deux cent cinquante francs et d'un emprisonnement de trois jours à un mois, le mécanicien d'un bateau à vapeur qui aura laissé descendre l'eau dans la chaudière au niveau des conduits de la flamme ou au niveau de la fumée.

ART. 16. — Est puni d'une amende de cinquante à cinq cents francs, le

capitaine d'un bateau à vapeur qui a contrevenu aux dispositions des règlements d'administration publique ou des arrêtés des préfets rendus en vertu de ces règlements en ce qui concerne :

1° Le nombre des passagers qui peuvent être reçus à bord ;

2° Le nombre et la nature des embarcations, agrès et appareils dont le bateau doit être pourvu ;

3° Les prescriptions relatives aux embarquements et débarquements et celles qui ont pour objet d'éviter les accidents au départ, aux passages sous les ponts ou à l'arrivée des bateaux, ou de prévenir les abordages.

ART. 17. — Dans le cas où par inobservation des règlements le capitaine d'un bateau à vapeur a heurté, endommagé ou mis en péril un autre bateau, il est puni d'une amende de cinquante à cinq cents francs, et peut être condamné en outre à un emprisonnement de six jours à trois mois.

ART. 18. — Le propriétaire du bateau à vapeur, le chef d'entreprise ou le gérant par les ordres de qui a lieu l'un des faits prévus par les articles 13, 14 et 16 de la présente loi, est passible de peines doubles de celles qui, conformément auxdits articles, seront appliqués à l'auteur de la contravention.

TITRE IV

Dispositions générales.

ART. 19. — En cas de récidive, l'amende et la durée de l'emprisonnement peuvent être élevées au double du maximum porté dans les articles précédents.

Il y a récidive lorsque le contrevenant a subi, dans les douze mois qui précèdent, une condamnation en vertu de la présente loi.

ART. 20. — Si les contraventions prévues dans les titres II et III de la présente loi ont occasionné des blessures, la peine sera de huit jours à six mois d'emprisonnement et l'amende de cinquante à mille francs ; si elles ont occasionné la mort d'une ou plusieurs personnes, l'emprisonnement sera de six mois à cinq ans et l'amende de trois cents à trois mille francs.

ART. 21. — Les contraventions prévues par la présente loi sont constatées par les ingénieurs des mines, les ingénieurs des ponts et chaussées, les gardes-mines, les conducteurs et autres employés des ponts et chaussées et des mines commissionnés à cet effet, les maires, les adjoints, les commissaires de police, et en outre, pour les bateaux à vapeur, les officiers de port, les inspecteurs et gardes de la navigation, les membres des commissions de surveillance instituées en exécution des règlements, et les hommes de l'art qui dans les ports étrangers auront, en vertu de l'article 49 de l'ordonnance du 17 janvier 1846, été chargés par les consuls ou agents consulaires français de procéder aux visites des bateaux à vapeur.

ART. 22. — Les procès-verbaux dressés en exécution de l'article précédent sont visés pour timbre et enregistrés en débet.

Ceux qui ont été dressés par des agents de surveillance et gardes assermentés doivent, à peine de nullité, être affirmés dans les trois jours devant

le juge de paix ou le maire, soit du lieu du délit, soit de la résidence de l'agent.

Lesdits procès-verbaux font foi jusqu'à preuve contraire.

Les procès-verbaux qui ont été dressés dans les ports étrangers par les hommes de l'art désignés en l'article 21 ci-dessus, sont enregistrés à la chancellerie du consulat et envoyés en originaux au ministre des travaux publics afin que les poursuites soient exercées devant les tribunaux compétents.

ART. 23. — L'article 463 du Code pénal est applicable aux condamnations prononcées en exécution de la présente loi.

III

RÉGLEMENTATION DE L'UTILISATION DES CHUTES D'EAU

RÉSUMÉ DES LOIS, DÉCRETS ET ORDONNANCES ANTÉRIEURS A LA LOI DU 8 AVRIL 1898

Jusqu'en 1898, l'emploi des chutes d'eau a été réglementé par un grand nombre de lois, décrets et ordonnances remontant parfois à une date fort reculée. Il y avait, en effet, des ordonnances royales qui étaient encore en vigueur. Bien que la loi de 1898 ait simplifié la question, nous croyons rendre service à nos lecteurs en leur donnant in extenso un paragraphe du très intéressant ouvrage de MM. Aurientis et Folin qui constitue une sorte de résumé de la législation ¹ antérieure à 1898.

DES ÉTABLISSEMENTS HYDRAULIQUES

Une source, une fontaine, appartiennent au propriétaire du sol sur lequel elles se trouvent. Mais si la source franchit les limites du fonds où elle est née, si elle obéit aux sollicitations de la pente, elle devient cours d'eau. Les règles qui lui sont applicables changent. Le riverain a le droit d'user de tous les avantages que les eaux offrent à leur passage; ce droit d'usage est réglementé.

On distingue les eaux privées et les eaux publiques. Les premières sont nées et contenues dans un fonds de terre. Elles peuvent être l'objet d'une appropriation particulière. Les secondes comprennent les cours d'eau non navigables ni flottables et les cours d'eau navigables et flottables.

Cours d'eau non navigables ni flottables. — Les cours d'eau non navigables ni flottables n'appartiennent à personne. Ils comprennent les cours d'eau qui échappent à l'appropriation privée et à l'appropriation de l'Etat. La largeur et la profondeur du lit sont des circonstances indifférentes. Pour échapper au pouvoir de l'Etat, il faut que l'eau soit impropre à la navigation et au flottage. Encore faut-il qu'il s'agisse du flottage par trains et radeaux et non du flottage à bûches perdues.

Les riverains possèdent seulement l'usage d'une chose commune. L'Administration a le pouvoir de réglementer l'usage de ces cours d'eau.

Pour avoir droit à l'usage des eaux, il faut posséder un fonds traversé.

¹ Aurientis et Folin. *Création et direction des usines au point de vue administratif*. Paris, 1896, E. Bernard et C^{ie}, éditeurs.

ou bordé par un cours d'eau. Si les fonds sont bordés par le cours d'eau, les riverains ne peuvent se servir de l'eau qu'à son passage. Si l'eau traverse le fonds, le propriétaire peut en disposer à son gré.

Le riverain dont le fonds borde un cours d'eau peut y établir une usine en obtenant l'autorisation nécessaire. Il le pourra encore quand il aura acquis par titres ou par prescription le droit d'usage du riverain situé en face de lui.

Les eaux dont on a fait usage doivent être rendues à leur cours ordinaire à la sortie du fonds.

La jouissance des eaux par les riverains peut être l'objet de conventions. Les usiniers peuvent régler entre eux le volume et la distribution des eaux, fixer des heures pour les employer successivement, etc...

Des dérivations telles qu'étangs, canaux d'amenée et de fuite, biefs et arrière-biefs d'usines, peuvent être établies.

L'eau publique dérivée doit être rendue à la sortie du fonds à son cours naturel. Cette règle est vraie surtout lorsque la dérivation sert à l'usage de différents propriétaires et procure le mouvement à plusieurs usines. L'eau détournée reste une chose commune dont l'Administration a toujours le droit de régler l'usage.

A part ce droit de l'Administration sur les cours d'eau non navigables ni flottables, le propriétaire du lit de l'étang ou du canal de dérivation est maître chez lui.

Pour savoir qui est propriétaire des biefs ou canaux de dérivation, il est nécessaire d'examiner le caractère du bief ou du canal litigieux. Il faut voir s'il s'agit d'un cours d'eau naturel ou artificiel. Il faut examiner les titres ou les circonstances de fait et de lieu; on reconnaîtra le plus souvent l'œuvre de l'homme par la largeur et la profondeur uniformes, par des alignements rectilignes, par de la terre placée sur les bords en forme de talus.

Si le bief ne résulte pas d'un travail artificiel, il n'est pas la propriété du maître de l'usine. Mais si le bief a été creusé de main d'homme, il faut encore déterminer si le maître de l'usine s'en sert à un titre qui puisse l'autoriser à en interdire l'usage aux riverains; ceci se présente quand l'usinier jouit du bief du canal comme propriétaire et quand il a sur le cours d'eau un droit de servitude ayant pour objet l'alimentation de son usine, tandis que la propriété appartient aux riverains; c'est uniquement dans les titres ou dans les faits de possession légale qu'il faut chercher la nature du droit de l'usinier sur le bief ou le canal.

Les règles sont les mêmes pour la propriété des francs bords des canaux d'amenée.

Le droit du propriétaire de l'usine sur les eaux alimentaires contenues dans les canaux et biefs l'autorise à y faire tous les travaux nécessaires pour empêcher la perte et la filtration des eaux. Il peut déposer sur les rives le produit des curages et les vases qui en proviennent.

On admet qu'un propriétaire qui a acquis par prescription un droit de prise d'eau et une servitude d'aqueduc peut changer la destination des eaux dans son fonds et s'en servir pour alimenter une usine.

Au cas de construction de digues à la mer ou contre les fleuves non navigables ni flottables, la nécessité sera constatée par le gouvernement et la dépense supportée par les propriétés protégées en proportion de leur intérêt aux travaux, sauf le cas où le gouvernement croirait utile d'accorder des secours sur les fonds publics (art. 33, loi du 46 septembre 1807).

En dehors des travaux collectifs d'endiguement, et là où l'administration ne juge pas utile de les entreprendre, les propriétaires riverains ont le droit d'exécuter, sur les bords des cours d'eau, des digues, des fascines et des pilotis.

Le riverain est tenu de respecter les droits de ses coriverains.

Les préfets sont compétents pour statuer sur les cours d'eau non navigables ni flottables, en tout ce qui concerne leur élargissement et leur curage (décret du 23 mars 1852).

Le curage a pour but de rétablir ou de maintenir le libre cours des eaux. Il doit être effectué à vif fond et à franc bord, autrement dit à vieux fond et à vieux bords.

Le préfet peut ordonner la restitution au lit des cours d'eau de tous les terrains compris dans leur largeur normale. Mais le préfet ne serait pas compétent s'il était nécessaire de s'emparer contre le gré des propriétaires d'une portion des terrains riverains. L'administration devrait recourir à l'expropriation pour cause d'utilité publique.

Le préfet peut aussi ordonner le recépage des arbres et buissons, la réparation des berges.

Les frais occasionnés par le curage et l'entretien des ouvrages sont supportés par les riverains dans la nature de leur intérêt ; cet intérêt s'apprécie par la situation de l'usine sur le cours d'eau et non d'après la valeur locative de l'établissement.

Les conseils de préfecture connaissent des contestations auxquelles peut donner lieu le curage, ils décident par exemple si le riverain doit procéder au curage en amont ou en aval de sa propriété. Le conseil de préfecture est encore compétent pour statuer sur les indemnités réclamées à raison des dommages que le curage cause aux propriétés riveraines.

Les règles ci-dessus concernent les travaux ordonnés par l'administration. Les suivantes sont applicables au cas où le curage est réclamé par un ou plusieurs riverains.

Chaque riverain ou usinier peut faire opérer le curage le long de ses propriétés, pourvu qu'il n'entrave pas le libre cours des eaux et n'empiète pas sur le terrain d'autrui. Le riverain peut même faire effectuer les travaux de curage au delà de sa propriété. Les frais sont à sa charge.

Les produits du curage appartiennent à celui aux *frais de qui est effectuée l'opération*.

La personne qui établit une usine ou une prise d'eau sur une rivière ou un ruisseau non navigable ni flottable sans en avoir obtenu la permission ne s'expose à aucune poursuite devant les juges de police ni à aucune répression personnelle. Elle court seulement le risque de voir son entreprise supprimée comme empêchant le libre cours des eaux.

Pour que l'établissement de l'usine ou de la prise d'eau constituât une contravention, il faudrait que le cours d'eau sur lequel elle se trouve eût été l'objet d'un règlement d'eau spécial, porté par l'autorité compétente et prohibant expressément toute construction dans les limites du lit des eaux. La peine serait une amende de 1 fr. à 5 fr.

La loi du 6 octobre 1791 et l'article 43 du Code pénal punissent d'amende, et même de prison, les propriétaires d'usines qui, par la trop grande élévation des eaux, inondent les propriétés riveraines.

La poursuite des délits ou contraventions commis sur les cours d'eau non navigables ni flottables est portée devant les tribunaux de police municipale ou correctionnelle.

Cours d'eau navigables et flottables. — Les fleuves et rivières navigables et flottables font partie du domaine de l'Etat et sont inaliénables.

Les cours d'eau ne sont domaniaux qu'à partir du point où ils sont navigables et flottables.

Seule une navigation réelle et sérieuse est l'indice de la navigabilité. Le flottage doit aussi avoir un caractère sérieux : il doit s'opérer par trains ou radeaux.

Un chemin de 24 pieds (7^m,80) est exigé par une ordonnance de 1669 sur la rive où se fait le halage. L'autre rive est assujettie à un chemin de 10 pieds (3^m,25) ; c'est le chemin de contre-halage.

Défense est faite aux riverains de construire des prises d'eau, de changer le cours, sous peine d'une amende et de la démolition des ouvrages.

L'amélioration des voies navigables et flottables, les travaux de canalisation, endiguements, fascinages, sont exécutés comme en matière de travaux d'utilité publique, et la charge est supportée par l'Etat ; les travaux d'endiguage sont payés par les particuliers intéressés à leur exécution.

Le curage est en principe à la charge de l'Etat ; cependant les usiniers peuvent être astreints à contribuer au curage en proportion des ensablements que produisent leurs ouvrages.

Les contraventions sont constatées par les maires ou adjoints, par les ingénieurs des ponts et chaussées, par leurs conducteurs, par les agents de la navigation, par les commissaires de police, par la gendarmerie, par les gardes champêtres, par les cantonniers en chef.

Les procès-verbaux sont adressés au sous-préfet, qui ordonne par provision, sauf recours au préfet, les mesures propres à faire cesser le dommage.

Les conseils de préfecture prononcent sur les contraventions. Le recours contre les décisions est porté devant le conseil d'Etat jugeant au contentieux.

Des excuses justifiées peuvent servir à faire modifier l'amende.

Les amendes fixes pourront être modérées, eu égard au degré d'importance ou aux circonstances atténuantes des délits, jusqu'au vingtième desdites amendes, sans toutefois que ce minimum puisse être inférieur à 16 fr. Les amendes dont le taux est laissé à l'arbitraire du juge pourront varier entre un minimum de 16 fr. et un maximum de 300 fr.

Outre l'amende, la pénalité consiste encore dans la démolition de l'usine ou des ouvrages.

Des concessions d'eau et des autorisations d'usines hydrauliques. — Les usines établies sur cours d'eau n'ont d'existence légale que si la construction ou l'exploitation en a été permise par l'autorité compétente.

Le préfet est investi de la plénitude du pouvoir réglementaire sur les cours d'eau non navigables ni flottables (décret du 23 mars 1852). Il a le droit d'autoriser les établissements à créer et de régulariser les établissements existants.

L'autorisation administrative est nécessaire lorsqu'on fait subir aux établissements un changement tel que le régime du cours d'eau alimentaire est modifié.

L'autorisation administrative n'est pas nécessaire pour l'établissement d'une usine sur les eaux du domaine privé. Il n'y a exception que pour le cas de construction d'usines sur les canaux généraux de dessèchement.

La demande est adressée au préfet en double expédition, dont une sur papier timbré.

MODÈLE DE LA DEMANDE

« Monsieur le Préfet de

« J'ai l'honneur de vous informer de mon intention de créer une usine sur (nom du cours d'eau), dans la commune de (nom des établissements hydrauliques placés en amont et en aval). Je la destine à tel usage et l'exécution des travaux apportera des changements (les indiquer) au niveau des eaux. Les travaux auront une durée de (l'indiquer).

« Agréez, Monsieur, etc... »

La demande devra être accompagnée d'un certificat du maire de la localité, ou d'un titre authentique constatant que le pétitionnaire est propriétaire de la rive sur laquelle doivent être effectuées les constructions.

Le préfet examine si la pétition satisfait à toutes les conditions et s'il peut la soumettre aux enquêtes. Il prend un arrêté par lequel il ordonne le dépôt de la pétition à la mairie de la commune où les travaux doivent être exécutés. Il fixe l'ouverture de l'enquête de vingt jours.

L'arrêté est affiché par le maire. Les particuliers intéressés sont admis à présenter leurs observations. L'administration est autorisée à regarder leur silence comme un acquiescement.

Le délai de l'enquête écoulé, le maire de la commune dresse le procès-verbal de l'apposition des affiches.

Il y joint les oppositions déposées à la mairie, ses propres observations et l'avis du conseil municipal. Il transmet le tout au sous-préfet; celui-ci donne son avis et envoie le dossier au préfet.

Puis le préfet envoie les pièces à l'ingénieur en chef; ce dernier les renvoie à l'ingénieur ordinaire chargé du service des usines dans l'arrondissement, pour qu'il procède à la visite des lieux et à l'instruction de l'affaire. L'ingénieur ordinaire prévient le pétitionnaire et le maire. Il procède à la visite en présence des maires et des intéressés. Il dresse les plans et nivellements nécessaires à l'instruction de l'affaire.

S'il s'agit d'une concession sur un cours d'eau navigable et flottable qui donne lieu au paiement d'une redevance, les propositions faites sur la qualité de cette redevance sont communiquées au directeur des domaines.

D'abord les oppositions peuvent être fondées sur des droits.

Quand l'administration se trouve en présence d'oppositions basées sur des droits de propriété, de servitude ou d'usage, elle surseoit en général à l'instruction de la demande en autorisation jusqu'à ce que la contestation civile ait été tranchée.

Le sursis n'est pas de rigueur, surtout quand l'opposition n'est pas sérieuse.

Malgré l'autorisation administrative, le tiers opposant peut faire cesser les travaux ou faire disparaître l'entreprise.

Pour les oppositions fondées sur ce que les travaux projetés seraient une menace permanente d'inondation pour les fonds voisins, elles tombent toutes sous le coup de l'appréciation de l'administration. En effet, ce sont des oppositions basées sur la convenance et l'utilité de l'entreprise, ou sur des considérations de salubrité ou de sûreté générales ou particulières.

Lorsque le projet d'établissement a rapport aux eaux navigables et flottables, le préfet, après l'instruction, prend un arrêté qui prononce l'admission ou le rejet de la demande.

En cas de rejet, l'arrêté motivé est notifié au pétitionnaire, qui peut recourir devant le ministre.

Si l'arrêté prononce l'admission, il peut être soumis au conseil d'État, sauf s'il s'applique aux établissements qui n'ont qu'un caractère accidentel et temporaire. Il est statué, après avis du conseil d'État, par un décret du chef du gouvernement.

En ce qui concerne les établissements sur cours d'eau non navigables ni flottables, les décisions des préfets sont définitives.

Il existe des conditions à l'autorisation. Les unes sont générales, les autres particulières ; les conditions générales sont celles qui se présentent dans tous les actes d'autorisation.

Il doit être placé près de l'usine, en un point désigné par l'ingénieur, un repère définitif et invariable du modèle adopté dans le département ; ce repère, dont le zéro indique seul le niveau légal de la retenue, doit toujours rester accessible aux fonctionnaires publics ou aux particuliers qui ont intérêt à vérifier la hauteur des eaux.

Dès que les eaux dépassent le niveau de la retenue, le permissionnaire doit lever ses vannes de décharge.

Les droits des tiers sont réservés.

Le permissionnaire doit se conformer à tous les règlements existants ou futurs sur la poulie, le mode de distribution et le partage des eaux.

Les travaux prescrits doivent être exécutés sous la surveillance des ingénieurs et terminés dans un délai fixé.

À l'expiration de ce délai, l'ingénieur doit rédiger un procès-verbal de récolement aux frais du permissionnaire.

Lorsque l'autorisation concerne des eaux domaniales, elle n'est accordée que moyennant une redevance déterminée ; ce paiement s'effectue à la caisse du directeur des domaines ou des contributions indirectes.

Le chiffre de la redevance est révisé tous les trente ans.

Dans les autorisations relatives aux eaux domaniales, il existe une clause résolutive. Elle est ainsi conçue :

« Si, à quelque époque que ce soit, dans l'intérêt de la navigation, de l'agriculture, du commerce, de l'industrie et de la salubrité publique, l'administration reconnaît nécessaire de prendre des dispositions qui privent le concessionnaire, d'une manière temporaire ou définitive, de tout ou partie des avantages à lui concédés, le concessionnaire n'aura droit à aucune indemnité, et pourra seulement réclamer la remise de tout ou partie de la redevance qui lui est imposée. »

Dès qu'il s'agit des eaux domaniales, cette clause est de plein droit.

Cette clause peut être insérée dans les autorisations concernant les eaux non navigables ni flottables. Mais il faut ici que la clause, pour produire son effet, soit inscrite dans l'acte d'autorisation. Elle est ainsi conçue :

« Le permissionnaire ne pourra prétendre à aucune indemnité ni dédommagement quelconque si, à quelque époque que ce soit, pour l'exécution de travaux dont l'utilité publique aura été constatée, l'administration reconnaît nécessaire de prendre des dispositions qui le privent, d'une manière temporaire ou définitive, de tout ou partie des avantages résultant de la présente permission, tous droits antérieurs réservés. »

Il n'y a que les autorisations d'usines sur les cours d'eau non navigables et flottables, qui contiennent la clause générale suivante :

« Le permissionnaire sera tenu d'effectuer le curage à vif fond du bief de l'usine dans toute l'étendue du remous, toutes les fois que la nécessité s'en fera sentir ou qu'il en sera requis par l'autorité administrative, si mieux n'aiment les riverains opérer ce curage eux-mêmes et à leurs frais, sauf l'application des règlements locaux actuellement existants, ou à intervenir. »

Outre ces conditions générales, il existe des conditions spéciales à chaque permission. Elles ont pour objet l'emplacement que doit occuper le déversoir, la longueur de ce déversoir, la hauteur et le dérasement de sa crête, soit en contre-bas du repère, soit suivant le plan de pente de l'eau retenue au niveau égal. Elles s'occupent aussi du vannage de décharge, des vannes, qui doivent manœuvrer facilement et pouvoir être levées au-dessus du niveau des plus hautes eaux.

D'autres conditions spéciales peuvent être motivées par l'état des lieux, par la nature du cours d'eau et du mécanisme hydraulique qu'il s'agit d'établir, par l'encaissement et la rapidité plus ou moins grande des eaux.

L'ingénieur ordinaire, dans son procès-verbal de récolement, rappelle les divers articles de l'acte d'autorisation et indique la manière dont il y a satisfait. Si les travaux exécutés sont conformes aux dispositions prescrites, l'ingénieur en propose la réception et transmet le procès-verbal de récolement à l'ingénieur en chef, qui le soumet, avec son avis, à l'approbation du préfet.

Une expédition de ce procès-verbal reste déposée à la mairie de la commune de laquelle dépend le lieu de l'installation.

Lorsque dans le délai fixé pour l'exécution des travaux ou, s'il n'a été fixé aucun délai, après un terme suffisant, il n'a été donné aucune suite à l'autorisation ou concession obtenue, l'administration a la faculté de la regarder comme nulle.

Les recours sont dirigés, soit contre l'acte de l'administration, soit contre les effets qu'entraîne la mise à exécution de cet acte.

La nature de la décision exige que le recours soit adressé aux autorités administratives. Il y a la voie contentieuse au conseil d'Etat et la voie purement administrative.

Les actes d'administration publique ne peuvent être attaqués par la voie contentieuse que pour contraventions aux lois et règlements de la matière ; ceci se présente en cas de défaut de publicité de la demande, d'omission de la première enquête, du refus de recevoir les oppositions des tiers, d'incompétence de l'autorité qui aurait rendu la décision.

Le recours administratif de la part du pétitionnaire ou des tiers est possible, au contraire, dans tous les cas, soit par la voie d'appel, lorsqu'il s'agit de déférer au chef hiérarchique (ministre des travaux publics) un arrêté pris par le préfet, soit par la voie gracieuse, lorsqu'on demande la révision de la décision à l'autorité même dont elle émane.

L'administration, se basant sur les exigences de l'intérêt public, s'attribue le droit de modifier et de révoquer au besoin les autorisations existantes.

Les tiers intéressés peuvent provoquer la révision, le changement ou le retrait de l'autorisation.

L'intérêt de la salubrité et de la sûreté publiques se trouve engagé

lorsque les travaux autorisés, d'inoffensifs qu'ils étaient, viennent à produire des retenues d'eau insalubres, des inondations.

Dans l'exercice de son droit, l'administration ne serait empêchée ni par une possession immémoriale de l'état de choses qu'elle supprime, ni par l'origine du titre sur lequel cet état de choses repose.

Toutefois, l'administration ne doit user du pouvoir qui lui appartient que s'il y a nécessité pressante dans l'intérêt public.

LOI DU 8 AVRIL 1898 SUR LE RÉGIME DES EAUX

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté,
Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

TITRE PREMIER

Eaux pluviales et sources.

ARTICLE PREMIER. — Les articles 641, 642 et 643 du Code civil sont remplacés par les dispositions suivantes :

« ART. 641. — Tout propriétaire a le droit d'user et de disposer des eaux pluviales qui tombent sur son fonds.

« Si l'usage de ces eaux ou la direction qui leur est donnée aggrave la servitude naturelle d'écoulement établie par l'article 640, une indemnité est due au propriétaire du fonds inférieur.

« La même disposition est applicable aux eaux de sources nées sur un fonds.

« Lorsque, par des sondages ou des travaux souterrains, un propriétaire fait surgir des eaux dans son fonds, les propriétaires des fonds inférieurs doivent les recevoir, mais ils ont droit à une indemnité en cas de dommages résultant de leur écoulement.

« Les maisons, cours, jardins parcs et enclos attenants aux habitations ne peuvent être assujettis à aucune aggravation de la servitude d'écoulement dans les cas prévus par les paragraphes précédents.

« Les contestations auxquelles peuvent donner lieu l'établissement et l'exercice des servitudes prévues par ces paragraphes et le règlement, s'il y a lieu, des indemnités dues aux propriétaires des fonds inférieurs sont portées, en premier ressort, devant le juge de paix du canton qui, en prononçant, doit concilier les intérêts de l'agriculture et de l'industrie avec le respect dû à la propriété.

« S'il y a lieu à expertise, il peut n'être nommé qu'un seul expert.

« ART. 642. — Celui qui a une source dans son fonds peut toujours user des eaux à sa volonté dans les limites et pour les besoins de son héritage.

« Le propriétaire d'une source ne peut pas en user au préjudice des propriétaires des fonds inférieurs qui, depuis plus de trente ans, ont fait et

terminé, sur le fonds où jaillit la source des ouvrages apparents et permanents destinés à utiliser les eaux ou à faciliter le passage dans leur propriété.

« Il ne peut pas non plus en user de manière à enlever aux habitants d'une commune, village ou hameau l'eau qui leur est nécessaire ; mais si les habitants n'en ont pas acquis ou prescrit l'usage, le propriétaire peut réclamer une indemnité, laquelle est réglée par experts.

« ART. 643. — Si dès la sortie du fonds où elles surgissent, les eaux de sources forment un cours d'eau offrant le caractère d'eaux publiques et courantes, le propriétaire ne peut les détourner de leur cours naturel au préjudice des usagers inférieurs. »

TITRE II

Cours d'eau non navigables et non flottables.

CHAPITRE PREMIER

Des droits des riverains.

ART. 2. — Les riverains n'ont le droit d'user de l'eau courante qui borde ou qui traverse leurs héritages que dans les limites déterminées par la loi. Ils sont tenus de se conformer, dans l'exercice de ce droit, aux dispositions des règlements et des autorisations émanées de l'administration.

ART. 3. — Le lit des cours d'eau non navigables et non flottables appartient aux propriétaires des deux rives.

Si les deux rives appartiennent à des propriétaires différents, chacun d'eux a la propriété de la moitié du lit, suivant une ligne que l'on suppose tracée au milieu du cours d'eau, sauf titre ou prescription contraire.

Chaque riverain a le droit de prendre, dans la partie du lit qui lui appartient, tous les produits naturels et d'en extraire de la vase, du sable et des pierres, à la condition de ne pas modifier le régime des eaux et d'en exécuter le curage conformément aux règles établies par le chapitre III du présent titre.

Sont et demeurent réservés les droits acquis par les riverains ou autres intéressés sur les parties des cours d'eau qui servent de voie d'exploitation pour la desserte de leurs fonds.

ART. 4. — Lorsque le lit d'un cours d'eau est abandonné naturellement, soit par suite de travaux légalement exécutés, chaque riverain en reprend la libre disposition suivant les limites déterminées par l'article précédent.

ART. 5. — Lorsqu'un cours d'eau non navigable et non flottable abandonne naturellement son lit, les propriétaires des fonds sur lesquels le nouveau lit s'établit sont tenus de souffrir le passage des eaux sans indemnité ; mais ils peuvent, dans l'année qui suit le changement de lit, prendre les mesures nécessaires pour rétablir l'ancien cours des eaux.

Les propriétaires riverains du lit abandonné jouissent de la même faculté et peuvent, dans l'année, poursuivre l'exécution des travaux nécessaires au rétablissement du cours primitif.

ART. 6. — Lorsque par suite de travaux légalement ordonnés, il y a lieu d'élargir le lit ou d'en ouvrir un nouveau, les propriétaires des terrains occupés ont droit à une indemnité à titre de servitude de passage.

Pour la fixation de cette indemnité, il sera tenu compte de la situation respective de chacun des riverains par rapport à l'axe du nouveau lit, la limite des héritages demeurant fixée conformément aux dispositions du paragraphe 2 de l'article 3 ci-dessus, à moins de stipulations contraires.

Les bâtiments, cours et jardins attenant aux habitations sont exempts de la servitude de passage.

Les contestations auxquelles peuvent donner lieu l'application du paragraphe 2 du présent article et le règlement des indemnités sont jugées en premier ressort par le juge de paix du canton.

S'il y a lieu à expertise, il peut, dans tous les cas, n'être nommé qu'un seul expert.

ART. 7. — La propriété des alluvions, relais, atterrissements, îles et flots qui se forment dans les cours d'eau non navigables et non flottables est et demeure régie par les dispositions des articles 556, 557, 559, 561 et 562 du Code civil.

CHAPITRE II

Police et conservation des eaux.

ART. 8. — L'autorité administrative est chargée de la conservation et de la police des cours d'eau non navigables et non flottables.

ART. 9. — Des décrets rendus après enquête dans la forme des règlements d'administration publique fixent, s'il y a lieu, le régime général de ces cours d'eau, de manière à concilier les intérêts de l'agriculture et de l'industrie avec le respect dû à la propriété et aux droits et usages antérieurement établis.

ART. 10. — Le propriétaire riverain d'un cours d'eau non navigable et non flottable ne peut exécuter des travaux au-dessus de ce cours d'eau ou le joignant qu'à la condition de ne pas préjudicier à l'écoulement et de ne causer aucun dommage aux propriétés voisines.

ART. 11. — Aucun barrage, aucun ouvrage destiné à l'établissement d'une prise d'eau, d'un moulin ou d'une usine ne peut être entrepris dans un cours d'eau non navigable et non flottable sans l'autorisation de l'administration.

ART. 12. — Les préfets statuent après enquête sur les demandes ayant pour objet :

1° L'établissement d'ouvrages intéressant le régime ou le mode d'écoulement des eaux ;

2° La régularisation de l'existence des usines et ouvrages établis sans permission et n'ayant pas de titre légal ;

3° La révocation ou la modification des permissions précédemment accordées.

La forme de l'instruction qui doit précéder les arrêtés des préfets est déterminée par un règlement d'administration publique.

ART. 13. — S'il y a une réclamation des parties intéressées contre l'arrêté du préfet, il est statué par un décret rendu sur l'avis du conseil d'Etat, sans préjudice du recours contentieux en cas d'excès de pouvoir.

ART. 14. — Les permissions peuvent être révoquées ou modifiées sans indemnité, soit dans l'intérêt de la salubrité publique, soit pour prévenir ou faire cesser les inondations, soit enfin dans le cas de la réglementation générale prévue par l'article 9.

Dans tous les autres cas, elles ne peuvent être révoquées ou modifiées que moyennant indemnité.

ART. 15. — Les propriétaires ou fermiers de moulins et usines, même autorisés ou ayant une existence légale, sont garantis des dommages causés aux chemins et aux propriétés.

ART. 16. — Les maires peuvent, sous l'autorité des préfets, prendre toutes les mesures nécessaires pour la police des cours d'eau.

ART. 17. — Dans tous les cas, les droits des tiers sont et demeurent réservés.

CHAPITRE III

Curages, élargissements et redressements.

ART. 18. — Le curage comprend tous les travaux nécessaires pour rétablir un cours d'eau dans sa largeur et sa profondeur naturelles, sans préjudice de ce qui est réglé à l'égard des alluvions par les articles 556 et 557 du Code civil.

ART. 19. — Il est pourvu au curage des cours d'eau non navigables et non flottables et à l'entretien des ouvrages qui s'y rattachent de la manière prescrite par les anciens règlements ou d'après les usages locaux.

Les préfets sont chargés, sous l'autorité du ministre compétent, de prendre les dispositions nécessaires pour l'exécution de ces règlements et usages.

ART. 20. — A défaut d'anciens règlements ou usages locaux, ou si l'application des règlements et l'exécution du mode de curage consacré par l'usage présentent des difficultés, ou bien encore si les changements survenus exigent des dispositions nouvelles, il est procédé en conformité de la loi des 21 juin 1865-22 décembre 1888 sur les associations syndicales.

ART. 21. — Dans le cas où les tentatives faites en vue d'arriver à la constitution d'une association syndicale libre ou autorisée n'aboutiraient pas, il est statué par un décret délibéré en conseil d'Etat; chaque décret est précédé d'une enquête et d'une instruction dont les formes sont déterminées par un règlement d'administration publique.

ART. 22. — Le décret règle les modes d'exécution des travaux, détermine

la zone dans laquelle les propriétaires intéressés, riverains ou non riverains, et usiniers peuvent être appelés à y contribuer, et arrête, s'il y a lieu, les bases générales de la répartition de la dépense d'après le degré d'intérêt de chacun à l'exécution des travaux.

ART. 23. — Dans tous les cas, les rôles de répartition des sommes nécessaires au payement des travaux de curage ou d'entretien des ouvrages sont dressés sous la surveillance du préfet et rendus exécutoires par lui.

ART. 24. — Toutes les contestations relatives à l'exécution des travaux, la répartition de la dépense et aux demandes en réduction ou décharge formées par les imposés sont portés devant le conseil de préfecture, sauf recours au conseil d'Etat.

ART. 25. — Les travaux d'élargissement, de régularisation et de redressement des cours d'eau non navigables et non flottables, qui seront jugés nécessaires pour compléter les travaux de curage, sont assimilés à ces derniers, et leur exécution est poursuivie en vertu des articles précédents.

ART. 26. — S'il s'agit de terrains exceptés de la servitude de passage et si, à défaut d'accord, il est nécessaire de recourir à l'expropriation, il est procédé à cette expropriation et au règlement des indemnités conformément aux dispositions combinées de la loi du 3 mai 1841 et des paragraphes 2 et suivants de l'article 16 de la loi du 21 mai 1836.

ART. 27. — Pendant la durée des travaux, les propriétaires sont tenus de laisser passer sur leurs terrains les fonctionnaires et agents chargés de la surveillance, ainsi que les entrepreneurs et ouvriers.

Ce droit devra s'exercer autant que possible en suivant la rive du cours d'eau.

ART. 28. — Si les travaux de curage, d'élargissement, de régularisation et de redressement intéressent la salubrité publique, le décret ou l'arrêté qui les ordonne peut, après avis du conseil général et des conseils municipaux intéressés, mettre une partie de la dépense à la charge des communes dont le territoire est assaini.

Dans ce cas, le décret ou l'arrêté détermine quelles sont les communes intéressées et fixe la part que chacune d'elles doit supporter dans la dépense.

ART. 29. — La loi du 14 floréal an XI est abrogée.

TITRE III

Des rivières flottables à bûches perdues.

ART. 30. — Les rivières et cours d'eau flottables à bûches perdues sont soumises aux dispositions contenues dans le titre précédent et aux dispositions spéciales suivantes.

ART. 31. — Le flottage à bûches perdues ne peut être établi sur les cours d'eau où il n'existe pas actuellement que par un décret rendu après enquête et avis des conseils généraux des départements traversés par ces cours d'eau. Ce décret sera inséré au *Bulletin des Lois*.

Le décret détermine les servitudes nécessaires pour l'exercice du flottage et règle les obligations respectives des propriétaires riverains des usiniers et des flotteurs.

ART. 32. — L'indemnité due à raison de ces servitudes est fixée en premier ressort par le juge de paix du canton.

Il est tenu compte, dans le règlement de cette indemnité, des avantages qui peuvent résulter de l'établissement du flottage.

ART. 33. — Sont maintenus, tant qu'ils n'auront pas été révisés conformément aux dispositions des articles 31 et 32 ci-dessus, tous les règlements spéciaux relatifs aux rivières et cours d'eau sur lesquels se pratique le flottage à bûches perdues.

TITRE IV

Des fleuves et rivières navigables ou flottables.

CHAPITRE PREMIER

ART. 34. — Les fleuves et les rivières navigables ou flottables avec bateaux, trains ou radeaux font partie du domaine public depuis le point où ils commencent à être navigables ou flottables jusqu'à leur embouchure.

Font également partie du domaine public :

1^o Les bras même non navigables et non flottables lorsqu'ils prennent naissance au-dessous du point où les fleuves et rivières commencent à être navigables ou flottables.

2^o Les noues et boires qui tirent leurs eaux des mêmes fleuves et rivières.

ART. 35. — Les dérivations ou prises d'eau artificielles établies dans des propriétés particulières ne font pas partie du domaine public, à moins qu'elles n'aient été pratiquées par l'Etat, dans l'intérêt de la navigation ou du flottage.

Ces dérivations sont régies par les dispositions des actes qui les ont autorisées.

ART. 36. — Des arrêtés préfectoraux rendus après enquête, sous l'approbation du ministre des travaux publics, fixeront les limites des fleuves et rivières navigables et flottables, ces limites étant déterminées par la hauteur des eaux coulant à pleins bords avant de déborder.

Les arrêtés de délimitation pourront être l'objet d'un recours contentieux. Ils seront toujours pris sous réserve des droits de propriété.

ART. 37. — L'article 563 du Code civil est abrogé et remplacé par les dispositions suivantes :

« ART. 563. — Si un fleuve ou une rivière navigable ou flottable se forme un nouveau cours en abandonnant son ancien lit, les propriétaires riverains peuvent acquérir la propriété de cet ancien lit, chacun en droit soi, jusqu'à une ligne qu'on suppose tracée au milieu de la rivière. Le prix de l'ancien lit est fixé par les experts nommés par le président du tribunal de la situation des lieux, à la requête du préfet du département.

« A défaut par les propriétaires riverains de déclarer dans les trois mois de la notification qui leur sera faite par le préfet, l'intention de faire l'acquisition aux prix fixés par les experts, il est procédé à l'adjudication de l'ancien lit selon les règles qui président aux adjudications du domaine de l'État.

« Le prix provenant de la vente est distribué aux propriétaires des fonds occupés par le nouveau cours, à titre d'indemnité, dans la proportion de la valeur du terrain enlevé à chacun. »

ART. 38. — Lorsque, à la suite de travaux légalement exécutés, des portions de l'arrière-lit cesseront de faire partie du domaine public, les propriétaires riverains pourront exercer le droit de préemption conformément à l'article 37 qui précède.

ART. 39. — La propriété des alluvions, relais, atterrissements, îles et îlots qui se forment naturellement dans les fleuves et rivières faisant partie du domaine public, demeure réglée par les dispositions des articles 556, 557, 560 et 562 du Code civil.

CHAPITRE II

ART. 40. — Aucun travail ne peut être exécuté et aucune prise d'eau ne peut être pratiquée dans les fleuves et rivières navigables ou flottables sans autorisation de l'administration.

ART. 41. — Les préfets statuent après enquête et sur l'avis des ingénieurs et sauf recours au ministre, sur les demandes ayant pour objet de faire des prises d'eau au moyen de machines, lorsqu'il est constaté que, eu égard au volume des cours d'eau, elles n'auront pas pour effet d'en altérer le régime.

ART. 42. — Ils statuent également sur l'avis des ingénieurs, sauf recours au ministre, sur les demandes en autorisation d'établissements temporaires sur les cours d'eau navigables ou flottables, alors même que ces établissements auraient pour effet de modifier le régime ou le niveau des eaux.

Ils fixent dans ce cas la durée de l'autorisation, qui ne devra jamais dépasser deux ans.

ART. 43. — Toutes autres autorisations ne peuvent être accordées que par décrets rendus, après enquête, sur l'avis du conseil d'Etat.

ART. 44. — Les concessionnaires sont assujettis à payer une redevance à l'État d'après les bases qui seront fixées par un règlement d'administration publique.

ART. 45. — Les prises d'eau et autres établissements créés sur les cours d'eau navigables ou flottables, même avec autorisation, peuvent toujours être modifiées ou supprimées. Une indemnité n'est due que lorsque les prises d'eau ou établissements dont la modification ou la suppression est ordonnée ont une existence légale.

Toutefois, aucune suppression ou modification ne pourra être prononcée que suivant les formes et avec les garanties établies par les articles précédents.

CHAPITRE III

ART. 46. — Les propriétaires riverains des fleuves et rivières navigables ou flottables sont tenus, dans l'intérêt du service de la navigation et partout où il existe un chemin de halage, de laisser le long des bords dedsits fleuves et rivières, ainsi que sur les îles où il en est besoin, un espace libre de 7^m,80 de largeur.

Ils ne peuvent planter d'arbres ni se clore par haies ou autrement qu'à une distance de 9^m,75 du côté où les bateaux se tirent et de 3^m,25 sur le bord où il n'existe pas de chemin de halage.

ART. 47. — Lorsque l'intérêt du service de la navigation le permettra les distances fixées par l'article précédent seront réduites par un arrêté ministériel.

ART. 48. — Les propriétaires riverains qui veulent faire des constructions, plantations ou clôtures le long des fleuves ou rivières navigables ou flottables peuvent au préalable demander à l'administration de reconnaître la limite de la servitude.

Si, dans les trois mois à compter de la demande, l'administration n'a pas fixé la limite, les constructions, plantations ou clôtures faites par les riverains ne peuvent plus être supprimées que moyennant indemnité.

ART. 49. — Lorsqu'une rivière ou partie de rivière est rendue navigable ou flottable et que ce fait a été déclaré par un décret, les propriétaires riverains sont soumis aux servitudes établies par l'article 46, mais il leur est dû une indemnité proportionnée au dommage qu'ils éprouvent, en tenant compte des avantages que l'établissement de la navigation ou du flottage peut leur procurer.

Les propriétaires riverains d'une rivière navigable ou flottable auront également droit à indemnité lorsque pour les besoins de la navigation la servitude de halage sera établie sur une rive où cette servitude n'existait pas.

ART. 50. — Les contestations relatives à l'indemnité due aux propriétaires à raison de l'établissement de la servitude de halage sont jugées en premier ressort par le juge de paix du canton.

S'il y a expertise, il peut n'être nommé qu'un seul expert.

ART. 51. — Dans le cas où l'administration juge que la servitude de halage est insuffisante pour établir le long du fleuve ou de la rivière un chemin dans des conditions constantes de viabilité, elle doit à défaut du consentement exprès des riverains, acquérir le terrain nécessaire à l'établissement du chemin en se conformant aux lois sur l'expropriation pour cause d'utilité publique.

ART. 52. — Il est interdit d'extraire sans autorisation spéciale des terres, sables et autres matières à une distance moindre de 11^m,70 de la limite des fleuves et rivières navigables ou flottables.

ART. 53. — Le curage des cours d'eau navigables ou flottables et de leurs dépendances faisant partie du domaine public, est à la charge de l'Etat; néanmoins, un règlement d'administration publique peut, les parties inté-

ressées entendues, appeler à contribuer au curage les communes, les usiniers, les concessionnaires de prises d'eau et les propriétaires voisins, qui par l'usage exceptionnel et spécial qu'ils font des eaux rendent les frais de curage plus considérables.

La présente loi délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 8 avril 1898.

FÉLIX FAURE

Par le Président de la République :

Le Président du Conseil, Ministre de l'Agriculture,

J. MÉLINE

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
------------------------	---

PREMIÈRE PARTIE

PRODUCTION DU COURANT

CHAPITRE PREMIER

DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE D'UNE STATION CENTRALE POUR LA TRACTION ÉLECTRIQUE

§ 1. — Détermination de l'effort de traction.	5
§ 2. — Résultats d'expériences	9

CHAPITRE II

ORGANISATION DES STATIONS CENTRALES A VAPEUR

Choix du nombre d'unités motrices.	14
Composition de quelques stations existantes.	16
Emploi des accumulateurs dans les stations centrales	18

CHAPITRE III

CHAUDIÈRES

§ 1. — Généralités	20
Types de chaudières les plus employés	20
Détermination de la surface de chauffe et de la surface de grille	22
Précautions à prendre pour les portes de cendriers	22
Tuyauteries aériennes et souterraines	24
Alimentation	27
§ 2. — Épuration des eaux d'alimentation	30
§ 3. — Disposition des chaufferies.	31
§ 4. — Transport du charbon dans les chaufferies (transporteurs Hunt, Jeffrey, Robins)	38

§ 5. — Cheminées	46
Cheminées en briques et en tôle	47
Cheminées Prat à tirage artificiel	47
§ 6. — Entretien des chaudières	48
§ 7. — Détérioration des chaudières	48
Coups de feu, pailles, bosses, fentes, corrosions intérieures et extérieures.	

CHAPITRE IV

MACHINES À VAPEUR

§ 1. — Différents types de machines à vapeur employés dans les stations centrales.	51
Mode de commande des dynamos	51
Machines à marche lente	55
Machines Corliss à tiroirs cylindriques.	55
Machines Sulzer, Collmann et Riedinger à distribution par soupapes.	56
Machines Mac Intosh et Seymour, à distribution par tiroirs à grilles	57
Machines à vitesse moyenne	57
Machines Frikart — Machines Lecouteux et Garnier.	58
Machines compound.	59
Machines compound à manivelles calées à 90°.	59
Machines compound tandem	60
Machines à 4 cylindres et à triple expansion	63
Machines compound verticales.	64
Machines à grande vitesse	71
Machines verticales type pilon	71
Machines horizontales Armington et Sims.	72
Machines Balland Wood.	72
Machines compound-tandem américaines à grande vitesse.	72
Machines Westinghouse.	73
Machines Willans.	74
Turbines à vapeur	74
Massifs de fondation des machines à vapeur.	84
§ 2. — Condensation	84
Condensation par mélange. — Emploi de condenseurs à surface. — Appareils refroidisseurs pour l'eau de condensation	

CHAPITRE V

STATIONS CENTRALES AU GAZ PAUVRE

§ 1. — Définition du gaz à l'eau et du gaz pauvre.	89
§ 2. — Gazogènes	90
I. Gazogènes pour gaz à l'eau	90
II. Gazogènes pour gaz pauvre	91
Gazogène Dowson	91
Gazogène Pierson	92
§ 3. — Applications du gaz pauvre aux stations centrales de tramways et résultats d'exploitation	94
Tramways de Zürich-Oerlikon	94
Tramways de Lausanne	96
Tramways de Cassel, près Dunkerque	98
§ 4. — Avantages et inconvénients des installations au gaz pauvre	101

CHAPITRE VI

STATIONS CENTRALES HYDRAULIQUES

§ 1. — Turbines	105
Turbines parallèles	105
Turbines centrifuges	105
Turbines centripètes	107
Turbines mixtes américaines	107
Roues Pelton à augets	110
§ 2. — Création des chutes	111

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES STATIONS CENTRALES HYDRAULIQUES

§ 1. — Commande directe ou indirecte	112
§ 2. — Cas d'une chute de faible hauteur	112
Emploi de turbines parallèles à axe vertical. Commande par engrenages coniques et par courroies	112
Emploi de 2 turbines superposées et calées sur le même arbre vertical pour augmenter la vitesse angulaire	114
Emploi de turbines américaines à axe vertical ou horizontal	116
§ 3. — Cas d'une chute de moyenne hauteur	119
Emploi de turbines renfermées dans une bêche	119
Emploi de tuyaux de décharge formant siphons	120
Alimentation de l'usine par tuyaux métalliques de grand diamètre	120
§ 4. — Cas d'une chute de grande hauteur	124
Emploi des roues Pelton	124
Dispositifs du Niagara	125
§ 5. — Usines mixtes hydrauliques et à vapeur	127

CHAPITRE VII

MACHINES ÉLECTRIQUES EMPLOYÉES POUR LA TRACTION

MACHINES À COURANT CONTINU

§ 1. — Construction et montage des machines	128
a) Machines compound et hypercompound	128
b) Montage des dynamos	130
Massifs de fondation. — Montage des courroies. — Glissements de courroies. — Paliers graisseurs	
§ 2. — Tableaux de distribution pour courant continu	137
Fil d'équilibre	137
Disposition des tableaux	138
Tableaux de la C ^{ie} Thomson-Houston	140
Disjoncteurs automatiques	140
Tableaux pour distribution à 3 fils	144
§ 3. — Mise en marche d'une machine	146
Mise en parallèle de deux ou plusieurs machines	147
§ 4. — Entretien des dynamos à courant continu	150
Collecteur	150
H. MARTIN. — Production de l'Énergie	47

Balais	150
Induit	151
Inducteurs	151
Graisseurs	151
Courroies	151
§ 5. — Dérangements qui peuvent se produire dans les dynamos à courant continu	152
<i>a</i>) Production d'étincelles aux balais	152
<i>b</i>) La machine ne s'excite pas.	152
<i>c</i>) Certaines parties de la machine s'échauffent d'une manière anormale	154
<i>d</i>) Causes diverses de dérangement	155

MACHINES A COURANTS ALTERNATIFS

§ 1. — Mise en parallèle des alternateurs	156
§ 2. — Dérangements qui peuvent se produire dans les alternateurs.	157

CHAPITRE VIII

EMPLOI DES ACCUMULATEURS DANS LES STATIONS CENTRALES

§ 1. — Batteries-tampon	158
Réducteurs d'accumulateurs.	159
Stations centrales de Zürich-Oerlikon et de Fontainebleau	160
§ 2. — Propriétés des accumulateurs	161
§ 3. — Installation d'une batterie.	162
§ 4. — Entretien des accumulateurs	165
Sulfatation	165

CHAPITRE IX

SOUS-STATIONS DE TRANSFORMATION

§ 1. — Transformateurs et commutatrices.	167
§ 2. — Dispositions générales des sous-stations.	170
§ 3. — Mise en marche des commutatrices	174
§ 4. — Régulation de la tension des commutatrices	175
§ 5. — Tableaux de distribution des sous-stations.	176
§ 6. — Dérangements qui peuvent se produire dans les commutatrices	178
§ 7. — Transformateurs statiques	178
§ 8. — Dérangements qui peuvent se produire dans les transformateurs statiques	179

CHAPITRE X

ACCIDENTS DE PERSONNES CAUSÉS PAR LE COURANT ÉLECTRIQUE
MOYENS DE LES ÉVITER OU D'Y REMÉDIER

1. — Précautions à prendre pour éviter les accidents	181
Instructions de la Chambre syndicale des industries électriques	181

TABLE DES MATIÈRES

739

Instructions de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail	182
§ 2. — Secours à donner en cas d'accident par contact électrique	183
Traitement des brûlures	184
Circulaire du Ministre des travaux publics du 19 août 1895, relative aux secours à donner aux personnes foudroyées	185
Tractions rythmées de la langue	185
Respiration artificielle	185
Précautions pour dégager la victime des fils ayant occasionné l'accident . .	186

CHAPITRE XI

DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT DES STATIONS CENTRALES

Prix de vente des machines	189
Machines à vapeur	189
Moteurs à gaz pauvre	191
Moteurs hydrauliques	192
Dynamos à courant continu	192
Alternateurs triphasés	193
Transformateurs statiques triphasés	194
Commutatrices	194
Prix de revient de quelques installations	194

DEUXIÈME PARTIE

ALIMENTATION DES LIGNES DE PRISE DU COURANT

CHAPITRE PREMIER

DÉTERMINATION DE LA SECTION DES FEEDERS

Mode d'installation des feeders à basse tension	197
Détermination de la section	198
Application de la méthode basée sur la chute de potentiel	201
Détermination graphique de l'emplacement des feeders	202
Feeders pour courants alternatifs	204
Emploi des survolteurs	205

CHAPITRE II

CONSTRUCTION DES FEEDERS

§ 1. — Feeders à basse tension	206
a) Feeders aériens	206
Fils	206
Isolateurs. — Supports d'isolateurs	207
b) Feeders souterrains	209

Câbles armés.	209
Boîtes de jonction et de branchement	213
§ 2. — Feeders à haute tension	215
a) Feeders aériens	215
Fils	215
Isolateurs	216
Ferrures	219
b) Feeders souterrains	220
Câbles armés	220
Pose des câbles	221

TROISIÈME PARTIE

PRISE DU COURANT PAR LIGNES AÉRIENNES

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Premiers essais de Werner Siemens. — Expériences de l'exposition d'électricité de Paris. — Chemin de fer de Mödling à conducteurs creux. — Tramway de Los Angeles. — Tramway de Clermont-Ferrand. — Prise de courant du tunnel de Baltimore. — Premières applications du trolley à perche 223

CHAPITRE II

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE LIGNES AÉRIENNES

1° Système axial	233
2° Système désaxé	239
3° Système à archet.	242

CHAPITRE III

POTEAUX ET CONSOLES

§ 1. — Poteaux en bois.	249
§ 2. — Poteaux métalliques.	251
a) Poteaux tubulaires en acier	252
b) Poteaux en fer profilé	255
c) Consoles	259
d) Décoration des poteaux métalliques	266
§ 3. — Mise en place des poteaux.	267
Forage des trous	267
Emploi d'outils spéciaux pour le forage	269
Mise en place des poteaux à la main.	271
Mise en place des poteaux au moyen d'engins spéciaux	272
Composition du béton employé.	274

CHAPITRE IV

FILS DE TRAVAIL

Fil rond.	275
Fil en 8	275
Fil en trèfle.	276

CHAPITRE V

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE SUSPENSION DU FIL DE TROLLEY

§ 1. — Suspension par clochettes.	277
Différents types de clochettes. — Boulons isolants	278
§ 2. — Suspension élastique sur consoles	281
§ 3. — Suspension par fils transversaux.	284
Isolateurs à double et à simple branche	285
Isolateurs à crochets	285
Isolateurs doubles.	287
Isolateurs pour fils transversaux très obliques	287
Fil transversal proprement dit.	288
Colliers	289
Boules isolantes.	289
Brooklyns	291
Rosaces.	292
§ 4. — Oreilles de suspension	294
Oreilles à soudure.	294
Dispositifs pour adoucir les courbes	296
§ 5. — Oreilles spéciales	298
Oreilles à charnières	298
Oreilles à vis	298
Oreilles en U	298
Oreilles à coin.	300
Oreilles à gouttière	300
§ 6. — Suspension du fil de trolley dans le cas où l'on dispose d'un point d'appui naturel	301
Passage sous les ponts	301
Suspensions sous les remises	303
Suspensions dans les galeries de mine.	304
§ 7. — Aménagement des terminus des lignes	305
Crampons isolants	305
Tendeurs isolés	306

CHAPITRE VI

AIGUILLAGES ET CROISEMENTS

§ 1. — Aiguillages	307
a) Aiguilles pour lignes aériennes axiales	307
b) Aiguilles pour fil désaxé	309

§ 2. — Croisements	310
a) Croisements pour lignes axiales et désaxées	310
b) Croisements des réseaux	312

CHAPITRE VII

MODE DE SUSPENSION DU FIL EN 8

Oreilles spéciales	316
Oreilles à charnière	316
Oreilles à coins	316
Oreilles à vis	317
Oreilles à rivets	317
Suspensions à boules isolantes	318
Aiguilles pour fil en 8	319
Croisements	319

CHAPITRE VIII

MODE DE SUSPENSION DES LIGNES A ARCHET

Isolateurs spéciaux	321
Emploi du fil auxiliaire	321
Chariots de réglage	324
Aiguillages	325

CHAPITRE IX

MONTAGE DES LIGNES AÉRIENNES

§ 1. — Outillage	327
a) Voitures de montage ordinaires	327
Voitures de montage à hauteur variable et à rabattement	329
Echelles roulantes extensibles	331
b) Dévidoirs	332
c) Outillage de pose de ligne aérienne	335
Crampons (clamps)	335
Crampons à serrage automatique	337
Outils pour raccorder les fils de trolley	337
Outils pour la mise en place des isolateurs à crochets	338
Outils pour faire les torsades	339
Fers à souder spéciaux	339
Composition d'un outillage de monteur de ligne	339
Dynamomètre de ligne aérienne	341
§ 2. — Opérations de montage d'une ligne aérienne	341
a) Pose des consoles	341
b) Déroulement des fils de trolley	344
c) Mise en place des oreilles	352
d) Raccords de jonction des fils de trolley	354
Fuseaux pour fil rond	354
Tubes de jonction pour fil en 8	356
Oreilles de jonction pour fil rond et pour fil en 8	357
e) Amarrage des lignes aériennes	358
f) Jonction des feeders	360

CHAPITRE X

PARAFONDRES

Généralités	362
§ 1. — Parafoudres à disques isolés	363
§ 2. — Parafoudres à solénoïde	363
Parafoudre Garton	364
Parafoudre Siemens	366
§ 3. — Parafoudres à souffleur magnétique	367
Parafoudre de la Société alsacienne	367
Parafoudre Elihu Thomson	368
§ 4. — Parafoudre à arc refroidi	369
Parafoudre Wurts pour basse tension	369
Parafoudre Wurts pour haute tension	371
§ 5. — Parafoudre à coupe-circuits fusibles	371
Parafoudre « Ajax »	372
§ 6. — Parafoudre à cornes divergentes pour courants alternatifs à haute tension	375
§ 7. — Observations communes aux différents systèmes	378

CHAPITRE XI

APPAREILS ACCESSOIRES DES LIGNES AÉRIENNES

§ 1. — Isolateurs de sectionnement	381
Fuseaux de jonction isolants	381
Isolateurs de sectionnement se montant sur des clochettes ou des suspensions pour fils transversaux	382
§ 2. — Interrupteurs de sectionnement	384
Interrupteur à rabattement	386
Interrupteur à couteau	386
§ 3. — Bornes de jonction	386
§ 4. — Protections téléphoniques	388
Suspensions isolantes pour fils de garde	388
Boucles et rampes de garde	389
Baguettes protectrices	390
§ 5. — Dispositifs de coupure des fils de trolley	391

CHAPITRE XII

ORGANES DE PRISE DE COURANT POUR LIGNES AÉRIENNES

Généralités	393
§ 1. — Trolleys pour lignes axiales	393
1° Bases de trolley	394
Bases primitives, bases Thomson-Houston, Walker, etc.	395

2° Montage des bases sur les voitures	401
3° Perches	403
4° Têtes de trolleys	404
5° Têtes spéciales	409
6° Têtes à cuiller	409
§ 2. — Polygones articulés	410
§ 3. — Trolleys à libre déviation	412
Trolley Dickinson primitif	412
Trolley Blackwell	413
Trolley Bisson-Bergès	417
Trolley Goénaga	421
§ 4. — Archets de prise de courant	423
Archets Siemens et Halske	423
Archets divers	429
§ 5. — Archets à déplacement vertical	431
§ 6. — Prise de courant par rouleaux	433

CHAPITRE XIII

LIGNES AÉRIENNES POUR COURANTS ALTERNATIFS

Lignes aériennes à basse tension	439
Lignes aériennes à haute tension	441
Lignes. — Organe de prise de courant	

CHAPITRE XIV

DÉTERMINATION PAR LE CALCUL DES EFFORTS AUXQUELS SONT
SOUMISES LES LIGNES AÉRIENNES

Détermination des efforts de tension dus au poids du conducteur	443
---	-----

CHAPITRE XV

LIGNES AÉRIENNES ET TROLLEYS POUR AUTOMOBILES SUR ROUTE

Généralités	449
Trolley automoteur Lombard-Gérin	450
Comparaison économique avec le cas d'une voie ferrée	455

CHAPITRE XVI

DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT DES LIGNES AÉRIENNES DE PRISE
DE COURANT

Poteaux	458
Pose des poteaux	459
Consoles	459
Fils de trolley	459
Pièces de ligne	459

QUATRIÈME PARTIE

PRISE DU COURANT AU NIVEAU ET AU-DESSOUS DU SOL

Généralités	461
-----------------------	-----

CHAPITRE PREMIER

PRISE DU COURANT PAR TROISIÈME RAIL

§ 1. — Conducteur.	462
§ 2. — Supports isolants pour troisième rail type Vignole	463
§ 3. — Supports isolants pour troisième rail à double champignon.	468
§ 4. — Passage des aiguillages	469
§ 5. — Frotteurs.	471
§ 6. — Dispositifs protecteurs	471

CHAPITRE II

PRISE DU COURANT PAR TROISIÈME RAIL SECTIONNÉ

Généralités	473
§ 1. — Système de la <i>Safety third rail Company</i>	474
§ 2. — Système Willard	476

CHAPITRE III

DIFFÉRENTS TYPES DE CANIVEAUX

Caniveau de Blackpool	478
Caniveau Bentley et Knight	479
Caniveau Waller-Manville.	481
Caniveau Siemens, de Budapest.	482
Caniveau Love (de New-York).	483
Caniveau Connett (de Washington)	483
Caniveau de l'Union-Electricitæts Gesellschaft (de Berlin).	486
Caniveau de Hørde	488
Caniveau circulaire Pereire et Lavezzari.	489

CHAPITRE IV

CANIVEAU LATÉRAL SYSTÈME SIEMENS ET HALSKE

Construction du caniveau.	495
Conducteurs de prise de courant	496
Aiguillages	497
Appareils de prise de courant.	499

CHAPITRE V

CANIVEAU AXIAL SYSTÈME THOMSON-HOUSTON

Construction du caniveau.	502
Dispositifs pour l'écoulement des eaux	503
Aiguillages	504
Appareils de prise de courant	507
Trappes de passage de l'appareil de prise de courant	509

CHAPITRE VI

CANIVEAU MIXTE AXIAL ET LATÉRAL SYSTÈME THOMSON-HOUSTON

Construction du caniveau.	511
Traversée des ponts	512
Suspension de l'organe de prise de courant	514
Aiguillages	517

CHAPITRE VII

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE PRISE DE COURANT PAR CONTACTS
SUPERFICIELS

Historique	518
Conduite de prise de courant de Van Depoele	519
Système Waller-Manville (de Northfleet)	519
Système Lineff à aimantation externe	520
Alimentation des plots par chariot magnétique souterrain	520
Système Ayrton et Perry. Distribution par interrupteurs automatiques	520
Systèmes Diatto et Dolter	521
Systèmes Wynne et Westinghouse	521
Systèmes Claret-Vuilleumier, Vedovelli et Stobrawa	521
Système Barbillion et Griffisch	521
Traction tangentielle indépendante de l'adhérence	525
Classification des différents systèmes.	527

CHAPITRE VIII

SYSTÈMES DE PRISE DE COURANT PAR CONTACTS SUPERFICIELS AU
MOYEN D'APPAREILS DISTRIBUTEURS DÉPENDANTS ENTRE EUX

§ 1. — Système Claret-Vuilleumier	529
Description du système	532
Distributeurs	534
Cuves et appareils auxiliaires	536
Plots	538
Traversées	539
Frotteurs	540
Passage des aiguillages	541
Dépenses d'installation	541

TABLE DES MATIÈRES		747
§ 2. — Système Vedovelli		542
Description du système		542
Commutateurs		544
Plots		546
Frotteurs		547
§ 3. — Système Schuckert		547
Description du système		548
Commutateurs		554
Plots		554
Traversée des autres voies		555
Dispositifs de sécurité		555

CHAPITRE IX

SYSTÈMES DE PRISE DE COURANT PAR CONTACTS SUPERFICIELS AU MOYEN D'APPAREILS DISTRIBUTEURS INDÉPENDANTS

§ 1. — Système Diatto	558
Description du plot	559
Frotteur	562
Pose des plots	564
Précautions à prendre dans les aiguillages et traversées	568
Entretien des voies Diatto	569
Essais des plots	571
Dépenses d'installation	572
§ 2. — Système Doller	573
Description du plot	573
Mode d'alimentation des plots	578
Frotteur de sécurité	580
Dépenses d'installation	583

CHAPITRE X

SYSTÈMES DE PRISE DE COURANT PAR CONTACTS SUPERFICIELS AU MOYEN D'UNE DOUBLE RANGÉE DE PLOTS

§ 1. — Système Potter	584
Description du système	584
Pavés de contact	585
Fosses contenant les appareils	586
Commutateurs	587
Frotteurs	587
Batterie	588
§ 2. — Système Westinghouse	588
Description du système	588
Commutateurs et plots	591
Frotteurs	594
Cas des voies de tramways	594
Système Westinghouse à une seule rangée de plots	596
§ 3. — Système Stobrawa	599
Description du système	599
Commutateurs et cuves	601
Plots	603
Batterie	604

CHAPITRE XI

SYSTÈMES DE PRISE DE COURANT PAR CONTACTS SUPERFICIELS
FONCTIONNANT D'UNE MANIÈRE PUREMENT MÉCANIQUE

§ 1. — Système Kingsland	606
Description du système	606
Description de l'appareil d'alimentation du plot	607
Organe de sûreté pour régulariser la rotation du commutateur	608
§ 2. — Système Hillairet-Huguet.	610

CINQUIÈME PARTIE

RETOUR DU COURANT

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE DES DISPOSITIFS AYANT POUR BUT D'ASSURER LE RETOUR
DU COURANT

Inconvénients résultant de l'insuffisance du circuit de retour	613
Calcul de la section des rails	614
Calcul de la chute de potentiel	615
Moyens proposés pour réduire les effets d'électrolyse	616
Feeders de retour. — Sous-volteurs	618
Précautions à prendre en vue d'éviter les perturbations téléphoniques	622
Mesure de la conductance des joints des rails	623
Appareil portatif à galvanomètre.	623
Emploi de 2 wagnnets	624
Mesure pendant l'exploitation au moyen d'une voiture	625
Appareil de l'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft	625

CHAPITRE II

PRINCIPAUX TYPES DE CONNEXIONS

1^{re} CLASSE. — CONNEXIONS SUR L'ÂME À L'EXTÉRIEUR DE L'ÉCLISSE

Connexions par fil et bagues	627
Connexions par fil et chapeaux	632
Connexions à boulons coniques	634
Connexions « Chicago »	635
Connexions « Crown »	636
Connexions Vedovelli	637
Connexions en cuivre et en acier doux	639
Connexions Bryan	640

2 ^e CLASSE. — CONNEXIONS SUR L'ÂME DU RAIL ET SOUS LES ÉCLISSES	
Connexions Crown	644
Connexions Atkinson	644
Connexions Morris	644
3 ^e CLASSE. — CONNEXIONS DANS LE PATIN DU RAIL	
Connexions sous le patin	645
Connexions sur le patin	646
4 ^e CLASSE. — CONNEXIONS PAR LES ÉCLISSES	
Connexions pour voies anciennes	647
Connexions plastiques de Th. Edison et P. Brown	647
Connexions plasticupriques	649
5 ^e CLASSE. — JOINTS SOUDÉS OU COULÉS	
Soudure électrique	652
Soudure par emploi de l'aluminothermie	656
Joints Falk	657
Dépenses d'établissement des connexions	664

SIXIÈME PARTIE

RÈGLEMENTATION DES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES ET DES
STATIONS GÉNÉRALES À VAPEUR ET HYDRAULIQUES

I. Réglementation des conducteurs d'électricité disposés sur la grande voirie nationale	665
Circulaire du Ministre des travaux publics du 1 ^{er} septembre 1893.	665
Extrait du règlement du « Board of Trade » anglais de 1894 concernant le retour du courant	671
Loi du 25 juin 1895 concernant l'établissement des conducteurs d'énergie électrique autres que les conducteurs télégraphiques et téléphoniques	672
Instruction technique pour l'application de la loi du 25 juin 1895, relative à l'établissement des conducteurs d'énergie électrique	680
Circulaire du 13 octobre 1900 émanant du sous-secrétaire d'Etat des postes et télégraphes et relative à l'application de la loi du 25 juin 1895	697
Instruction technique de juillet 1900, relative à l'établissement des conducteurs d'énergie électrique	698
II. Réglementation des établissements à vapeur	704
Décret du 1 ^{er} mai 1880, relatif aux formalités que nécessite l'installation des chaudières à vapeur	704
III. Réglementation de l'utilisation des chutes d'eau	718
Résumé des lois, décrets et ordonnances antérieurs à la loi du 8 avril 1898	718
Loi du 8 avril 1898 sur le régime des eaux	725

ÈVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

CATALOGUE DES LIVRES
SUR
L'ÉLECTRICITÉ ET LA MÉCANIQUE

PUBLIÉS PAR

La Librairie Polytechnique CH. BÉRANGER

Successeur de BAUDRY et C^{ie}

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, A PARIS

21, RUE DE LA RÉGENCE, A LIÈGE

Le catalogue complet est envoyé franco sur demande.

ÉLECTRICITÉ

Manuel pratique de l'électricien.

Manuel pratique de l'électricien. Guide pour le montage et l'entretien des installations électriques, par E. CADIAT, 4^e édition, 1 volume in-12 avec 243 figures dans le texte, relié . . . 7 fr. 50

Aide-mémoire de poche de l'électricien.

Aide-mémoire de poche de l'électricien : guide pratique à l'usage des ingénieurs, monteurs, amateurs électriciens, etc., par Ph. PICARD et A. DAVID, ingénieurs des arts et manufactures. 2^e édition. 1 petit volume, format oblong de 0^m,125 — 0^m,08, relié en maroquin, tranches dorées. 6 fr. 50

Contrôle des installations électriques.

Contrôle des installations électriques au point de vue de la sécurité. Le courant électrique, production et distribution de l'énergie, mesures, effets dangereux des courants, contrôle à l'usine, contrôle du réseau, des installations intérieures et des installations spéciales, résultats d'exploitation, règlements français et étrangers, par A. MONMERQUÉ, ingénieur en chef des ponts et chaussées, ancien ingénieur des services de la première section des travaux de Paris et du secteur municipal d'électricité, précédé d'une préface de M. HIPPOLYTE FONTAINE, président honoraire de la chambre syndicale des électriciens. 1 volume in-8°, avec de nombreuses figures dans le texte (*Une nouvelle édition est en préparation.*)

Canalisations électriques.

Essais et vérifications des canalisations électriques en fabrication, à la pose et en exploitation par G. CHARPENTIER, ingénieur-électricien à la Société alsacienne de construction mécanique de Belfort. 1 volume grand in-8° avec 265 figures dans le texte . . . 15 fr.

H. MARTIN. — Production de l'énergie.

48

754 CH. BÉRANGER, ÉDITEUR, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, PARIS

Contrôle des réseaux électriques.

Nouvelle méthode générale de contrôle de l'isolement et de recherche des défauts sur les réseaux électriques pendant le service, par P. CHARPENTIER, ingénieur électricien, 1 brochure in-8°, avec figures dans le texte 2 fr. 50

Traité pratique d'électricité.

Traité pratique d'électricité à l'usage des ingénieurs et constructeurs. Théorie mécanique du magnétisme et de l'électricité, mesures électriques, piles, accumulateurs et machines électrostatiques, machines dynamo-électriques, génératrices, transport, distribution et transformation de l'énergie électrique, utilisation de l'énergie électrique, par FÉLIX LUCAS, ingénieur en chef des ponts et chaussées, administrateur des chemins de fer de l'État. 1 volume grand in-8°, avec 278 figures dans le texte. 45 fr.

Électricité industrielle.

Traité pratique d'électricité industrielle. Unités et mesures; piles et machines électriques; éclairage électrique; transmission électrique de la force; galvanoplastie et électro-métallurgie; téléphonie, par E. CADIAT et L. DUBOST. 5^e édition. 1 volume grand in-8°, avec 277 gravures dans le texte, relié 46 fr. 50

Électricité industrielle.

Traité d'électricité industrielle, théorique et pratique, par MARCEL DEPREZ, membre de l'Institut, professeur d'électricité industrielle au Conservatoire national des arts et métiers, professeur suppléant au Collège de France. 2 volumes grand in-8°, avec de nombreuses figures dans le texte, paraissant en 4 fascicules. Prix de souscription à l'ouvrage complet 40 fr.
Chaque fascicule se vend séparément. 12 fr.

Pile électrique.

Traité élémentaire de la pile électrique, par ALFRED NIAUDET. 3^e édition revue par HIPPOLYTE FONTAINE et suivie d'une notice sur les accumulateurs, par E. HOSPITALIER. 1 volume grand in-8°, avec gravures dans le texte 7 fr. 50

Électrolyse.

Électrolyse; renseignements pratiques sur le nickelage, le cuivrage, la dorure, l'argenture, l'affinage des métaux et le traitement des minerais au moyen de l'électricité, par HIPPOLYTE FONTAINE. 2^e édition. 1 volume grand in-8°, avec gravures dans le texte, relié 45 fr.

Transformateurs.

Les transformateurs à courants alternatifs simples et polyphasés. Théorie, construction, applications, par GISEBERT KAPP, traduit de l'allemand par A. O. DUBSKY et G. CHENET, ingénieurs électriciens. 1 volume in-8°, avec 132 figures dans le texte, relié 42 fr.

Constructions électro-mécaniques.

Constructions électro-mécaniques; recueil d'exemples de construction et de calculs de machines dynamos et appareils électriques industriels, par GISEBERT KAPP, traduit de l'allemand par A.-O. DUBSKY et P. GIRAULT, ingénieurs électriciens, 1 volume in-4°, avec 54 figures dans le texte et 25 planches. Relié. 30 fr.

CH. BÉRANGER, ÉDITEUR, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, PARIS 755

Machines dynamo-électriques.

Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques, par R.-V. PICOU, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume grand in-8°, avec 198 figures dans le texte. 42 fr. 50

Machines dynamo-électriques.

Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques, par SYLVANUS THOMPSON, traduit par E. BOISTEL, 3^e édition. 1 volume grand in-8°, avec gravures dans le texte. Relié 30 fr.

Machines dynamo.

Les machines dynamo-électriques à courant continu et à courants alternatifs, par GISEBERT KAPP, traduit de l'allemand par P. LECLER, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume in-8°, avec 200 figures dans le texte. Relié. 46 fr.

Machines dynamo-électriques.

Des enroulements et de la construction des induits des machines dynamo-électriques à courants continus, par E. ARNOLD, professeur supérieur et directeur de l'institut électro-technique, à l'école supérieure technique grand-ducale de Carlsruhe. Traduit de l'allemand par BOY DE LA TOUR, ingénieur, chef du service électrique aux ateliers de la compagnie de Fives-Lille à Givors. 1 volume in-8°, avec 418 figures dans le texte et 12 planches. Relié. . . 20 fr.

Courants polyphasés.

Courants polyphasés et alterno-moteurs. Théorie, construction, mode de fonctionnement et qualités des générateurs et des moteurs à courants alternatifs et polyphasés, transformateurs polyphasés et mesure de la puissance dans les systèmes polyphasés, par SYLVANUS P. THOMPSON, directeur du collège technique de Finsbury, à Londres, traduction par E. Boistel ingénieur expert près le tribunal de la Seine. 2^e édition. 1 volume in-8° contenant 360 figures dans le texte et 12 planches hors texte et en couleurs. Relié. . . . 25 fr.

L'Éclairage à Paris.

L'éclairage à Paris. Étude technique des divers modes d'éclairage employés à Paris sur la voie publique, dans les promenades et jardins, dans les monuments, les gares, les théâtres, les grands magasins, etc., et dans les maisons particulières. — Gaz, électricité, pétrole, huile, etc. ; usines et stations centrales, canalisations et appareils d'éclairage ; organisation administrative et commerciale, rapports des compagnies avec la ville ; traités et conventions ; calcul de l'éclairement des voies publiques ; prix de revient, par HENRI MARÉCHAL, ingénieur des ponts et chaussées et du service municipal de la ville de Paris. 1 volume grand in-8°, avec 221 figures dans le texte, relié. 20 fr.

Les courants alternatifs d'électricité.

Les courants alternatifs d'électricité, par T. H. BLAKESLEY, professeur au royal Naval College de Greenwich, traduit de la 3^e édition anglaise et augmenté d'un appendice, par W. C. RECHNIEWSKI. 1 volume in-12, avec figures dans le texte, relié. 7 fr. 50

Problèmes sur l'électricité.

Problèmes sur l'électricité. Recueil gradué comprenant toutes les parties de la science électrique, par le D^r ROBERT WEBER, professeur à l'Académie de Neuchâtel. 3^e édition. 1 volume in-12, avec figures dans le texte 6 fr.

756 CH. BÉRANGER, ÉDITEUR, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, PARIS

L'accumulateur voltaïque.

Traité élémentaire de l'accumulateur voltaïque, par ÉMILE REYNIER. 1 volume grand in-8° avec 62 gravures dans le texte et un portrait de M. Gaston Planté. 6 fr.

Le Téléphone.

Le téléphone, par WILLIAM-HENRI PREECE, électricien en chef du *British Post-office*, par JULIUS MAIER, docteur ès-sciences physiques. 1 vol. gr. in-8° avec 290 gravures dans le texte 15 fr.

Télégraphie électrique.

Traité de télégraphie électrique. — Production du courant électrique. — Organes de réception. — Premiers appareils. — Appareil Morse. — Appareils accessoires. — Installation des postes. — Propriétés électriques des lignes. — Lois de la propagation du courant. — Essais électriques, recherches des dérangements. — Appareils de translation, de décharge et de compensation. — Description des principaux appareils et des différents systèmes de transmission. — Établissement des lignes aériennes, souterraines et sous-marines, par H. THOMAS, ingénieur des télégraphes. 4 volume grand in-8°, avec 702 gravures dans le texte. 25 fr.

Tirage des mines par l'électricité.

Le tirage des mines par l'électricité, par PAUL-F. CHALON, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume grand in-18 jésus, avec 60 figures dans le texte. Prix relié 7 fr. 50

Traction électrique.

La traction électrique sur voies ferrées. Voie, matériel roulant, traction, par ANDRÉ BLONDEL, ingénieur des ponts et chaussées, professeur du cours d'électricité à l'École des ponts et chaussées et F. PAUL DUBOIS, ingénieur des ponts et chaussées, ingénieur du Service municipal de la Ville de Paris. 2 volumes grand in-8°, contenant plus de 1700 pages et 1014 figures dans le texte, reliés 50 fr.

Production et distribution de l'énergie électrique.

Production et distribution de l'énergie pour la traction électrique. Stations centrales, sous-stations de transformation, feeders, lignes aériennes, trolleys, troisième rail, caniveaux, contacts superficiels, retour du courant par HENRY MARTIN, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume in-8°, contenant 870 figures dans le texte. Relié. 25 fr.

MÉCANIQUE ET MACHINES

Mécanique élémentaire.

Cours de mécanique élémentaire à l'usage des écoles industrielles, comprenant : Notions préliminaires ; cinématique ; statique ; résistance des mouvements ; forces centrales ; dynamique : moments d'inertie ; résistance des matériaux ; générateurs à vapeur ; moteurs à vapeur ; moteurs hydrauliques ; par PH. MOULAN, ingénieur, professeur de mécanique à l'École industrielle de Seraing. 1 fort volume in-8° de 1124 pages, contenant 1 067 figures dans le texte. Relié. 48 fr.

CH. BÉRANGER, ÉDITEUR, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, PARIS 757

Mécanique appliquée.

Cours élémentaire de mécanique appliquée, à l'usage des écoles primaires supérieures, des écoles professionnelles, des écoles d'apprentissage, des écoles industrielles, des cours techniques et des ouvriers, par BOCQUET, ingénieur, directeur de l'école Diderot. 4^e édition, 1 volume in-12, avec 69 figures dans le texte. Relié . . . 5 fr.

Mécanique générale.

Mécanique générale. Cours professé à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, par A. FLAMANT, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées et à l'Ecole centrale. 1 volume grand in-8°, avec 203 figures dans le texte. 20 fr.

Éléments de machines.

Les éléments de machines, calculs, constructions, élasticité et résistance des matériaux, procédés d'assemblage des parties de machines, éléments de machines pour la transmission du mouvement de rotation d'un arbre à un autre, autres éléments de machines pour le mouvement de rotation, éléments de machines pour le mouvement rectiligne, éléments de machines pour la transformation du mouvement rectiligne en mouvement de rotation et réciproquement, éléments des machines destinées à recevoir et à transporter les fluides, par C. BACH, professeur à l'Ecole royale technique de Stuttgart, traduit de l'allemand, par DESMAREST. 1 volume grand in-8° jésus et 1 album de 54 planches doubles 40 fr.

Aide-mémoire de l'ingénieur.

Aide-mémoire de l'ingénieur. Mathématiques, mécanique, physique et chimie, résistance des matériaux, statique des constructions, éléments des machines, machines motrices, constructions navales, chemins de fer, machines-outils, machines élévatoires, technologie, métallurgie du fer, constructions civiles, législation industrielle. Troisième édition française du Manuel de la Société « Hütte », par PHILIPPE HUGUENIX. 1 beau volume contenant plus de 1200 pages, avec 500 figures dans le texte, solidement relié en maroquin 15 fr.

Portefeuille des machines.

Portefeuille économique des machines, de l'outillage et du matériel, relatifs à la construction, à l'industrie, aux chemins de fer, aux routes, aux mines, à la navigation, à l'électricité, etc.; contenant un choix des objets les plus intéressants des expositions industrielles, fondé par OPPERMAN. 12 livraisons par an formant un beau volume de 50 à 60 planches, et 200 colonnes de texte. Abonnements : Paris, 15 fr. — Départements et Belgique, 18 fr. — Union postale. 20 fr.
Prix de l'année parue, reliée 20 fr.

Traité des chaudières à vapeur.

Traité pratique des chaudières à vapeur. Étude sur la vaporisation dans les appareils industriels, par CHARLES BELLENS, ingénieur. 1 volume grand in-8°, avec 215 figures dans le texte. . . . 20 fr.

Installations de chaudières à vapeur.

Installations modernes de chaudières à vapeur. Leurs dispositions et leur emploi. Manuel et formulaire à l'usage des industriels, des étudiants et des ingénieurs. Coordinné et rédigé par E. Reinert, ingénieur de la Société badoise de surveillance des chaudières à vapeur à Fribourg en Brisgau. Traduit par E. DESMAREST, ingénieur

758 CH. BÉRANGER, ÉDITEUR, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, PARIS

civil. 1 volume in-8°, contenant 150 figures dans le texte. Relié 12 fr. 50

Chaudières marines.

Traité pratique des chaudières marines; description, entretien, conduite, à l'usage des mécaniciens de la marine militaire, de la marine de commerce et de l'industrie, par J.-B. GIRARD, mécanicien inspecteur de la marine, ancien professeur à l'Ecole des mécaniciens de Toulon. 1 volume in-8°, avec de nombreuses figures dans le texte et 20 planches. Relié 12 fr. 50

Chaudières à vapeur.

Traité pratique des chaudières à vapeur employées dans les manufactures, par DENFER, chef de travaux graphiques à l'Ecole centrale des arts et manufactures. 1 volume grand in-4°, accompagné de 81 planches cotées et en couleur 50 fr.

Manuel du chauffeur-mécanicien.

Manuel du chauffeur-mécanicien et du propriétaire d'appareils à vapeur, par HENRI MATHIEU, contrôleur des mines, inspecteur des appareils à vapeur de la Seine, professeur au syndicat général des chauffeurs-mécaniciens. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte. (*Nouvelle édition en préparation.*)

L'A B C du chauffeur.

L'A B C du chauffeur, par HENRI MATHIEU, contrôleur des mines, officier de l'Instruction publique, avec une introduction par C. WALCKENAER, ingénieur des mines. 1 volume format 0^m,15 × 0^m,10, avec 66 figures dans le texte. Relié 3 fr.

Construction des machines à vapeur.

Traité pratique de la construction des machines à vapeur fixes et marines. Résumé des connaissances actuellement acquises sur les machines à vapeur, considérations relatives au type de machine et aux proportions à adopter, détermination des dimensions et des proportions des principaux organes, étude et construction de ces organes, par MAURICE DEMOULIN, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume grand in-8°, avec 483 figures dans le texte. Relié 20 fr.

Traité de la machine à vapeur.

Traité de la machine à vapeur. Description des principaux types de théorie : étude, construction, conduite et applications, par ROBERT H. THURSTON, directeur du « Sibley College » Cornell University, ancien président de « l'American Society of Mechanical Engineers », traduit de l'anglais et annoté par MAURICE DEMOULIN. 2 volumes grand in-8°, avec 483 figures dans le texte. Relié 60 fr.

Machines marines.

Traité pratique des machines marines motrices, des machines auxiliaires, des machines à pétrole et à gaz. Description, montage, régulation, conduite, réparations. Rédigé conformément aux programmes et à l'usage des mécaniciens de la marine militaire et à ceux de la marine du commerce. Avec les planches des nouveaux types de machines motrices et auxiliaires et des machines à pétrole et à gaz, par J.-B. GIRARD, mécanicien-inspecteur de la marine, ancien professeur à l'Ecole des mécaniciens de Toulon. 2 vol. in-8°, de plus de 1400 pages contenant 809 figures dans le texte et 33 planches hors texte. Relié 30 fr.

CH. BÉRANGER, ÉDITEUR, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, PARIS 759

Essai de machines et chaudières à vapeur.

Manuel pratique des essais des machines et chaudières à vapeur, par ROBERT H. THURSTON, directeur du « Sibley College » Cornell University, ancien président de « l'American Society of Mechanical Engineers », ancien ingénieur de la marine aux États-Unis, traduit de l'anglais par AUGUSTE ROUSSEL, ancien élève de l'École polytechnique et de l'École nationale supérieure des mines. 1 volume grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte. Relié. 25 fr.

Essai des machines.

Guide pour l'essai des machines. Ouvrage contenant tout ce qui a rapport aux indicateurs, l'analyse des diagrammes, le travail indiqué, les freins de Prony ordinaires et automatiques, les dynamomètres de transmission, les essais de vaporisation, les proportions des générateurs et des cheminées, etc., par J. BUCHETTI, ingénieur E. C. Paris, A. M. Aix, ex-constructeur, ex-professeur suppléant à l'École centrale. 2^e édition, 1 vol. in-8°, avec 180 figures dont 28 planches, relié. 15 fr.

Les machines à vapeur actuelles.

Les machines à vapeur actuelles, par J. BUCHETTI, ingénieur E. C. Paris.

1 ^{re} partie : Calculs des machines, texte in-4° avec 127 figures et 2 pl.	} 40 fr.
2 ^e partie : Distributions, texte in-4° et atlas de 18 planches	

3 ^e partie : Construction, texte in-4° avec 181 figures et atlas de 50 pl.	50 fr.
---	--------

Les 3 parties prises ensemble 75 fr.

SUPPLÉMENT A L'OUVRAGE CI-DESSUS : Machines simples, compound, à triple expansion, à vitesse normale, à grande vitesse. 1 vol. in-4° et 1 atlas in-folio de 20 planches. 30 fr.

Machines à vapeur.

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par J. BUCHETTI, ingénieur E. C. Paris, A. M. Aix, ex-constructeur, ex-professeur suppléant à l'École centrale. 1 vol. in-4° avec 53 figures dans le texte et 1 atlas in-folio de 40 planches. 50 fr.

Machines à vapeur.

Traité théorique et pratique des machines à vapeur au point de vue de la distribution. — Méthode générale des gabarits, permettant d'établir des épures approchées ou exactes de tous les types des machines. — Etude méthodique des principales distributions au double point de vue de leur fonctionnement et de leur construction, par COSTE et MANIQUET. 2^e édition. 1 volume grand in-8° contenant 53 figures intercalées dans le texte et 1 atlas grand in-4° de 46 planches de dessins exactement réduits à l'échelle et cotés. 25 fr.

Locomotives.

La machine-locomotive. Manuel pratique donnant la description des organes et du fonctionnement de la locomotive, à l'usage des mécaniciens et des chauffeurs, par SAUVAGE, ingénieur en chef adjoint du Matériel et de la Traction de la C^{ie} de l'Est. 3^e édition. 1 volume in-8° avec 324 figures dans le texte. Relié. 5 fr.

Locomotives.

Traité pratique de la machine locomotive comprenant les principes généraux relatifs à l'étude et à la construction des loco-

760 CH. BÉRANGER, ÉDITEUR, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, PARIS

tives, la description des types les plus répandus, l'étude de la combustion, de la production et de l'utilisation de la vapeur, du rendement, des conditions de fabrication et de réception des matériaux, des proportions et du mode de construction des organes, par MAURICE DEMOULIN, ingénieur des arts et manufactures. Ouvrage précédé d'une introduction par EDOUARD SAUVAGE, professeur à l'École supérieure des mines. 4 volumes grand in-8°, avec 973 figures et planches dans le texte et 6 planches hors texte. Relié . . . 450 fr.

Moteurs à explosion.

Les moteurs à explosion. Étude à l'usage des constructeurs et conducteurs d'automobiles, comprenant : des éléments de thermodynamique, et de résistance des matériaux, l'établissement des moteurs et de leurs cycles, les principes de construction des pièces de machines, l'analyse des perturbations dues soit à la nature des phénomènes, soit à l'emploi des organes, l'examen des propriétés des combustibles employés et du régime de la détonation, l'exposé des principes devant servir de bases à la comparaison des voitures automobiles et particulièrement aux courses, etc., etc., par GEORGE MOREAU un volume grand in-8° avec 404 figures dans le texte. Relié. 20 fr.

Traité des machines-outils.

Traité des machines-outils, par GUSTAVE RICHARD, membre du Conseil de la Société des ingénieurs civils. 2 vol. grand in-4° avec de nombreuses figures dans le texte. Relié. 150 fr.

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY