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

Titre : Les Tramways, les chemins de fer sur routes, les automobiles et les chemins de fer de montagne à crémaillère
Auteur : Sérafon, F.

Mots-clés : Chemins de fer électriques ; Chemins de fer à crémaillère ; Tramways ; Automobiles
Description : 1 vol. (VII-576 p.) ; 24 cm
Adresse : Paris : E. Bernard, 1898
Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 8 Le 288

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?8LE288

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

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

PDF créé le 27/9/2012

8° Le 288 Prix 20f/17f

LES TRAMWAYS

LES CHEMINS DE FER SUR ROUTES

LES AUTOMOBILES

ET LES CHEMINS DE FER DE MONTAGNE A CRÉMAILLÈRE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLE D'ARGENT, EXPOS. UNIVERS. 1889. — MÉDAILLE D'OR EXPOS. DE ROUEN 1896

SPÉCIALITÉ D'APPAREILS DE GRAISSAGE

ROBINETS A SOUPAPE ÉQUILIBRÉE

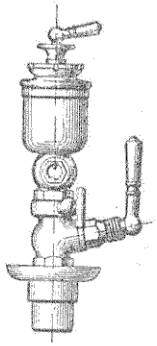
R. HENRY

Seul Construct.-Concessionn. des marq. et des brev. J. HOCHGESAND

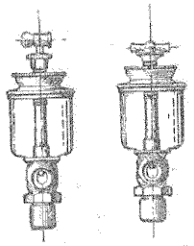
117, Boulev. de la Villette, 117. — PARIS

TÉLÉPHONE TÉLÉPHONE

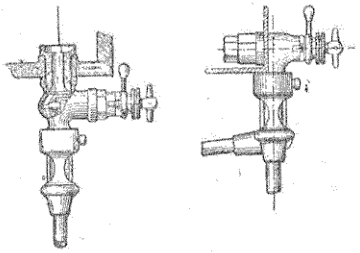
Graisseurs perfectionnés brevetés s.g.d.g. débit visible et réglage, remplissage facile pendant la marche pour tirairs et cylindres de toutes machines.

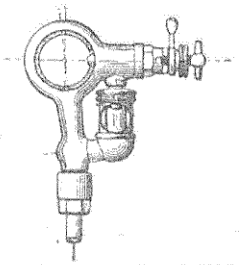


Graisseurs brevetéss.g.d.g. pour paliers et bielles à débit visible et réglage

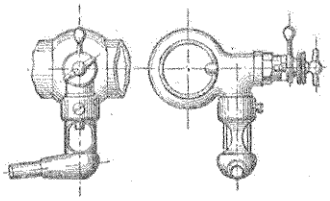


Compte-Gouttes brevetés s. g. d. g. Arrêt et remise en marche sans changement du réglage, s'adaptant à des récipients de forme et dimensions quelconques

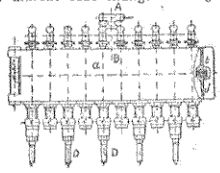




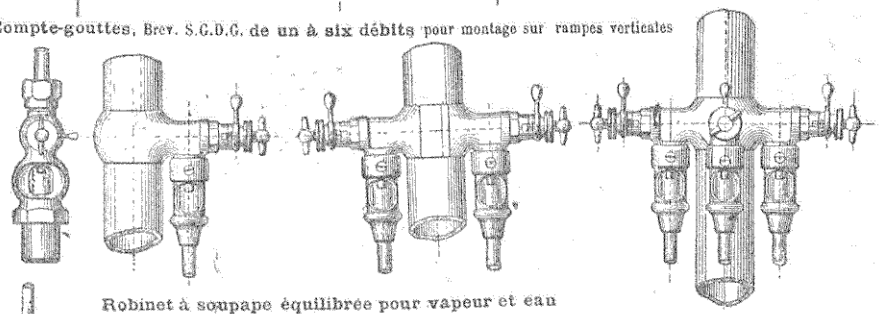
Compte-gouttes, Brevetés S. G. D. G. pour montage sur rampes horizontales



Oléopolymètre *Appareils de graissage à plusieurs débits* niveau constant, arrêt et mise en marche sans changer le réglage



Compte-gouttes, Brev. S.G.D.G. **de un à six débits** pour montage sur rampes verticales



Robinet à soupape équilibrée pour vapeur et eau

SYSTÈME J. HOCHGESAND

Breveté S.G.D.G.

Ce robinet se fait avec corps, bouchon et volant en fonte et toutes les pièces intérieures en bronze de qualité supérieure.

Sa construction permet de visiter, réparer et même remplacer ses pièces intérieures, sans déplacer le corps du robinet

Demander les Prospectus.

La Maison se charge de l'étude de toute installation de graisseurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° Le 288

E. SÉRAFON

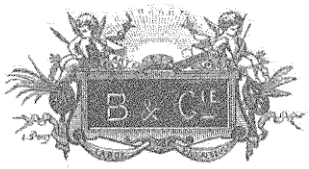
LES TRAMWAYS LES CHEMINS DE FER SUR ROUTES LES AUTOMOBILES ET LES *Chemins de fer de montagne à crémaillère*

Quatrième édition complètement refondue

PAR

H. de GRAFFIGNY
INGÉNIEUR CIVIL
DIRECTEUR DE LA « *Petite Encyclopédie électro-mécanique* »

J.-B. DUMAS
CONDUCTEUR PRINCIPAL
AU SERVICE MUNICIPAL DES TRAVAUX
DE PARIS, EN RETRAITE



PARIS
BOYVEAU & CHEVILLET
LIBRAIRIE POUR LES LANGUES ÉTRANGÈRES
22, Rue de la Banque, 22, PARIS (près la Bourse)
1898

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIBRAIRIE E. BERNARD & Cie
PARIS. — 53 ter, Quai des Grands-Augustins, 53 ter — PARIS

OUVRAGES DE M. H. DE GRAFFIGNY

La Petite Encyclopédie Electro-Mécanique. Collection complète en 12 vol. in-16 de 160 pages chacun. Prix **15** fr.
1 volume . . . . . **1** fr. **50**

L'Ingénieur-Electricien, 1 vol. in-18 avec 110 dessins de l'auteur (10e édition), broché **4** fr., cartonné toile . . **4** fr. **50**

L'Ouvrier-Electricien, 1 vol. in-18 (1894), broché **4** fr. **50**
relié. . . . . **5** fr.

Guide pratique de l'Horloger et du Mécanicien, 1 vol. in-18 avec 225 figures dessinées par l'auteur, broché **4** fr. cartonné . . . . . **4** fr. **50**

Traité théorique et pratique d'Aérostation, 1 vol. in-16 avec 60 figures explicatives, broché. . . . . **5** fr.

La Navigation Aérienne et les Ballons dirigeables, 1 vol. in-18° avec 50 figures, broché . . . . . **3** fr. **50**

Les Industries d'Amateurs, 1 vol. avec 395 figures explicatives, cartonné . . . . . **4** fr.

Guide pratique du Constructeur et du **Conducteur de cycles** et **d'automobiles,** 1 vol. in-16 avec 200 figures, broché **4** fr., cartonné . . . . . **4** fr. **50**

Le Liège et ses applications, 1 vol., broché **2** fr. **25,** cartonné . . . . . **3** fr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ERRATA

Page 66, ligne 12, au lieu de 0,28, lire : 0,23.
— 79, dernière ligne, au lieu de *ces*, lire : *les*.
— 80, ligne 13, — *admet*, lire : *admit*.
— *id*, — 19, — *payées*, lire : *payés* et au lieu *d'un roulement*, lire : *d'amortissement*.
— *id*. — 30, — *sous*, lire : *dans*.
— 84, — 21, ajouter : *pour croiser les joints*.
— 95, article 90, ajouter : *fixes* au titre.
— 187. La gravure (fig. 112) doit être reportée page 200, et au lieu de : *Tramway Rowan*, il faut lire : *Voiture automotrice à air comprimé, système Mékarski*
— 233 et 235. Lég. des fig. 132 et 133, au lieu de *Terueven*, lire : *Terveuren*.
— 296, ligne 2, au lieu de *troisième partie*, lire *deuxième partie*.
— 422, article 301, au lieu de *Tracteur à vapeur*, lire : *à pétrole*.
— 482. Mettre avant l'article 25, le titre : *Règles d'exploitation applicables à tous les services de tramways*.
— 491, article 51, au lieu *d'industriels*, lire : *trimestriels*.
— 569. Il manque la 1re ligne : *Préface*, au-dessous du titre.
— 574, article 291, ajouter : *et autres systèmes*
— 575, ligne 17, 1re col., au lieu de *loi du 11 juillet*, lire : *11 juin*.
— *id*. ligne 41, 1re col., au lieu de *construction*, lire : *concession*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRÉFACE

S'il est une industrie qui ait progressé vite, c'est à coup sûr celle des transports, dont les améliorations ont marché à pas de géant depuis vingt ans surtout. On voyage de plus en plus, et chaque perfectionnement nouveau dans le système de locomotion, entraîne un public plus nombreux à se déplacer.

Comparativement aux chemins de fer dont le but est de relier surtout les grands centres, les voies ferrées de moindre importance, dites d'intérêt local, et surtout les lignes de tramways urbains, se sont bien plus considérablement développées, et prennent chaque jour une extension plus grande. Au système si onéreux de la traction animale se substituent divers procédés de traction mécanique, et on peut assister à une lutte d'ingéniosité entre les inventeurs qui exploitent ce champ encore si fécond des applications de la science à la locomotion.

Un ingénieur du plus haut mérite, directeur du premier réseau français de tramways à vapeur, et dont la mort est survenue il y a peu d'années, M. E. Sérafon, avait pensé à réunir en un manuel tous les documents relatifs à la construction et à l'exploitation des lignes de tramways et de chemins de fer routiers. Son livre, publié en 1877, fut d'une si incontestable utilité pour toutes les personnes s'occupant de ce genre de transports, qu'il fallut en tirer de nouvelles éditions, augmentées et complétées, en 1878 et en 1882.

Cet ouvrage, épuisé depuis un certain temps déjà, méritait, en raison de sa haute portée pratique, qui le rend indispensable à tous les ingénieurs ayant à étudier les questions de traction sur rails ou sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

routes, d'être réimprimé en le mettant au niveau des découvertes et des applications réalisées dans cet ordre d'idées depuis quinze ans. Familiarisés par nos travaux antérieurs avec ce genre d'études, nous avons entrepris le travail de réfection du livre de M. Sérafon, et, tout en conservant le plan de cet auteur, nous l'avons complété jusqu'aux plus récentes inventions, c'est-à-dire jusqu'à septembre 1897.

Mais pour contenir la masse de renseignements nouveaux qui doit se trouver dans un ouvrage traitant de l'industrie des tramways, il nous a fallu adopter un format double de celui des premières éditions du travail de M. Sérafon.

La partie traitant du matériel et de la traction a dû particulièrement être augmentée de façon à pouvoir passer en revue les divers systèmes entrés aujourd'hui dans la pratique journalière : traction mécanique par l'air comprimé, locomotive sans foyer, électrique par trolley ou accumulateurs à charge rapide, etc. Des chiffres du plus haut intérêt, extraits des statistiques les plus récentes, permettent de comparer entre eux tous ces procédés, en ce qui concerne notamment les prix d'installation et les frais d'entretien des lignes à traction animale ou mécanique. Nous adressons ici nos plus sincères remerciements aux personnes qui ont bien voulu faciliter notre tâche à ce sujet, et notamment MM. Monmerqué, ingénieur en chef de la Compagnie des Omnibus, de Marchena, ingénieur de la Compagnie française Thomson-Houston, Serpollet, Croizier et Béguin, directeur de la revue la *Locomotion automobile*.

La question du *support* n'a pas été non plus négligée, et nous avons ajouté à la description des voies de tramways, une étude approfondie et très sérieuse des différents pavages employés dans les villes, avec le prix de revient et d'entretien de ces pavages servant de fondations et d'assises aux voies.

La partie traitant des chemins de fer routiers, d'intérêt local et à voie étroite, a été également complétée et nous y avons adjoint plu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sieurs chapitres, qui ne se trouvent pas dans les premières éditions de Sérafon, et où sont examinés les nouveaux modèles de traction sur routes ordinaires et de véhicules automobiles de tous genres, employant comme énergie motrice la vapeur, le pétrole ou l'électricité, et qui ont reçu la sanction d'une pratique continuée depuis plusieurs années. Les funiculaires et les chemins de fer à crémaillère de montagnes terminent cette partie.

Il nous a paru également indispensable, pour le lecteur, de posséder dans ce volume le texte des lois, décrets et règlements principaux régissant l'industrie des transports en commun par tramways à traction animale ou mécanique, chemins de fer locaux ou véhicules automoteurs. Nous avons aussi reproduit le modèle de cahier des charges imposé aux constructeurs ou exploitants, et résumé les plus récentes ordonnances de police concernant les réseaux de tramways.

Ainsi complété et remis au courant, l'ouvrage de M. Sérafon nous semble constituer maintenant le travail le plus complet qui ait été publié sur cette importante question des transports interurbains de tous genres. Aussi espérons-nous que nos efforts auront un résultat et que ce recueil de documents présentera une réelle utilité pour les ingénieurs, les capitalistes, les constructeurs, les chefs de travaux, en un mot pour toutes les personnes qui s'occupent à un titre quelconque de transport et de traction sur toutes sortes de voies ferrées.

H. DE GRAFFIGNY ET J.-B. DUMAS

Paris, octobre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PREMIÈRE PARTIE -- TRAMWAYS

§ 1er — LA VOIE

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE DES TRAMWAYS

1. — *Tramways à voies de bois.* — Les chemins de fer à rails plats ont précédé les chemins de fer à rails saillants. C'est dans le comté de Newcastle, de 1600 à 1650, qu'ils apparaissent pour la première fois. Les propriétaires des houillères voulant économiser les frais de transport de leurs produits, de la mine aux ports d'embarquement sur la Tyne, avaient fait poser sur les routes des files de plateaux en bois sur lesquels roulaient les chariots ou wagons. Ces plateaux, qui avaient de $1^{m},52$ à $1^{m},82$ de longueur, reposaient sur des traverses en chêne espacées de 60 centimètres, le tout disposé de manière à ne pas présenter de saillie sur les routes. Ces voies rendaient de grands services malgré leur imperfection, car, d'après un auteur du temps, Lord Keeper Guildford, un cheval pouvait traîner facilement sur ces plateaux de 3 à 4 tonnes de charbon, soit deux à trois fois plus que sur une route ordinaire.

On les désignait sous le nom de *tram-way* ou *tram-road*, du mot *tram*, plateau, et *way* ou *road*, chemin ou route.

Mais l'emploi du bois avait des inconvénients sérieux. Il s'usait vite, et sous l'influence de l'humidité la surface des plateaux présentait des aspérités qui augmentaient tellement le tirage, que sur les rampes et dans les courbes, on fut obligé de recouvrir le bois de bandes de fer. L'expérience ne tarda pas à démontrer que l'interposition du fer entre le bois et le pourtour des roues,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diminuait la résistance à la traction et augmentait la durée des plateaux. Ce perfectionnement fut seulement appliqué à toute la voie et donna de bons résultats.

2. — *Premières voies de fer.* — Vers 1767, on remplaça le bois par des barres en fonte. On prétend que les maîtres de forges, ne voulant pas laisser chômer leurs hauts fourneaux à l'époque où leurs produits subissaient une baisse considérable, proposèrent eux-mêmes cette substitution. Ces barres furent trouvées si supérieures aux plateaux en bois qu'on abandonna définitivement ces derniers, et que l'on ne s'occupa plus que de perfectionner les barres métalliques. On en essaya de différentes sortes.

On fendit de longues barres étroites ayant en section la forme d'un L et présentant ainsi latéralement un rebord destiné à retenir les roues des wagons sur la voie.

C'est dans les annales des forges de Coalbrookdale en 1767, qu'il est question pour la première fois de la fabrication et de l'emploi de la fonte pour les tramways. Neuf ans plus tard, M. Corr, directeur des charbonnages du duc de Norfolk, à Sheffield, construisit, avec des barres de fonte une voie destinée à desservir les mines.

Ces sortes de voies ne tardèrent pas à se répandre dans les districts miniers du nord de l'Angleterre et dans les comtés de Galles et de Cornouailles. C'est sur un tramway de ce genre que Trevithick fit circuler sa première locomotive ou voiture à vapeur.

Quelquefois on employait au lieu de traverses, des dés en pierre sur lesquels on posait les trams fixés eux-mêmes sur des longrines en bois. Des innovateurs ont proposé depuis à plusieurs reprises de placer sur les routes des rails du modèle L afin de diminuer le tirage des voitures ordinaires, mais ce système n'a jamais été appliqué d'une manière sérieuse en France.

Cette forme de tram avait de grands inconvénients. La boue et la poussière qui se logeaient à l'intérieur du rebord vertical, augmentaient le tirage. On ne tarda donc pas à la modifier.

3. — *Premiers tramways en Angleterre.* — Vers 1803, M. Woodhouse prit un brevet pour l'établissement sur les routes ordinaires d'une voie métallique composée de plateaux en fonte, légèrement concaves, posés sur des dés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou des longrines de niveau avec la chaussée et maintenus à l'écartement par des traverses en bois ou des entretoises en fer. Ce brevet fut appliqué à une petite voie établie en 1821 aux environs de Leicester.

A la même époque, un tramway à traction de chevaux, projeté en 1809 entre Gloucester et Cheltenham fut ouvert à la circulation. C'est le premier tramway qui ait transporté des voyageurs.

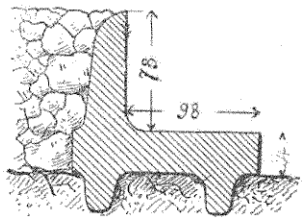


Fig. 1
Rail de Cheltenham à Gloucester.

Les plateaux en fonte se cassaient facilement. Aussi dès 1810 avait-on tenté de les remplacer par de simples barres de fer malléable, d'une longueur de 60 à 90 centimètres et d'une section de 2 à 3 centimètres seulement. On les posait en saillie sur les routes, et on armait les roues des wagons d'un boudin ou *mentonnet* afin de les maintenir sur la voie.

Les rails saillants en fer remplacèrent peu à peu les rails plats en fonte dont ils n'avaient pas les inconvénients, mais comme ils étaient une gêne pour la circulation des véhicules ordinaires, on fut obligé de construire des routes spéciales pour les recevoir.

Telle fut l'origine des *railways*, ou chemins de fer à rails saillants. Les nouveaux rails en fer avaient le grave inconvénient d'user rapidement les bandages des roues. Dix ans plus tard, vers 1820, M. Birkensaw appliqua le laminoir à la fabrication des rails, ce qui permit de produire des barres de 4 à 5 mètres, de toutes formes et de toutes épaisseurs, plus solides et moins préjudiciables au matériel roulant que les premiers rails en fer.

En 1825, le chemin de fer de Stockton à Darlington fut ouvert au transport des voyageurs. La traction se fit d'abord à l'aide de chevaux, et le public fut surpris de la prodigieuse supériorité des chemins de fer sur les routes ordinaires, en voyant un cheval traîner à la vitesse de 9 km. 1/2 à l'heure une voiture contenant 26 voyageurs et leurs bagages.

A partir de cette époque, les tramways ne furent plus employés que dans les mines et les carrières pour les voies provisoires. On les établit sur certaines routes pour le transport des marchandises. La substitution de la vapeur à la force animale les relégua dans l'oubli, et on n'entendit parler d'eux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que vingt ans plus tard lorsqu'ils servirent pour la première fois en Amérique au transport des voyageurs.

4. — *Les premiers tramways en Amérique.* — Les premiers chemins de fer construits aux États-Unis avaient leur point de départ en dehors des villes. Mais l'expérience ne tarda pas à démontrer aux compagnies qu'il y avait avantage, pour le public et pour elles, à installer leurs stations de voyageurs et de marchandises le plus près possible du centre des affaires.

Pour réunir ces stations à leur terminus, les compagnies obtinrent des municipalités l'autorisation de poser des rails sur les grandes avenues et d'y faire circuler, à l'aide de chevaux, leurs cars à voyageurs et leurs wagons de marchandises. Ce système est encore employé en Amérique toutes les fois que, par raison d'économie ou par insuffisance du trafic, les compagnies reculent devant les travaux dispendieux que nécessite l'arrivée d'un chemin de fer à locomotives dans l'intérieur d'une grande ville.

Les cars, conduits isolément par des chevaux, partent de la gare centrale, traversent la ville en s'arrêtant sur certains points pour y prendre des voyageurs en destination du chemin de fer et rejoignent le terminus, situé généralement dans une partie moins populeuse où là seulement, on forme des convois auxquels s'attellent les locomotives.

Ce moyen pratique de faire traverser les villes au matériel des chemins de fer pouvait être appliqué sans inconvénient à la circulation de cars légers faisant un service d'omnibus, soit sur les rails des lignes à locomotives, soit sur des rails spéciaux posés dans les rues.

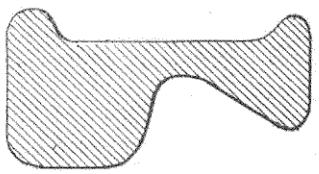


Fig. 2
Rail de la 4e avenue de New-York.

Ce fut à New-York et à Brooklyn que cette idée reçut, dit-on, sa première application. Quelques auteurs, cependant, considèrent Philadelphie comme le berceau des tramways.

Une fois acceptés à Philadelphie, les chemins de fer des rues se propagèrent rapidement dans les grandes cités des États-Unis et ne tardèrent pas à y prendre la place qu'occupent chez nous les omnibus. La régularité et la largeur des avenues, le développement considérable des villes nécessité par un accroissement rapide de la population, le besoin, enfin, d'un transport éco-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nomique et de grande contenance devaient faciliter l'établissement des tramways en Amérique et assurer leur succès.

Dans un rapport qu'il adressait au Board of Trade, le capitaine Tyler, un des hommes les plus compétents de l'Angleterre en matière de transport, disait, à propos des tramways d'Amérique :

« Dans les principales villes des États-Unis, le car des rues, ainsi que j'ai pu l'observer dans ce pays, est une institution indispensable. Les longues distances à parcourir, l'état généralement mauvais des routes et le manque d'autres véhicules publics, tendent à en faire un mode de transport d'un usage constant pour toutes les classes de la société.

« Le peuple s'y est si bien habitué, que les différences de niveau que l'on remarque entre les rails et la chaussée ont pour lui bien moins d'importance qu'en Angleterre, où la majorité des propriétaires de voitures ne demande que d'avoir une bonne route, trouvant dans les tramways plus d'ennuis que de bénéfice à recueillir. »

Philadelphie, la ville des États-Unis qui a fait le plus d'opposition à l'établissement des tramways, est celle où ils se sont le plus vivement développés, En 1858, on inaugurait le premier Citizen Passenger Railway, ainsi qu'on appelle les tramways en Pensylvanie, et quelques années plus tard on comptait seize compagnies exploitant plus de 100 kilomètres de voies ferrées dans les rues. Le nombre des voyageurs transportés annuellement dépasse aujourd'hui 100 millions.

5. — *Prix de revient des tramways aux États-Unis.* — Ces lignes, la majeure partie à une voie, ont coûté en moyenne de 80 à 90.000 francs le kilomètre, voie et matériel compris, tant qu'on a pu poser les rails sur les avenues et que les difficultés du tracé (rampes ou courbes) n'ont pas obligé les constructeurs à faire dévier la voie et à acquérir des propriétés pour placer le tramway.

D'après les rapports de certaines compagnies, le prix d'établissement de ces chemins ressort à un chiffre encore plus élevé par kilomètre.

Cela tient aux sacrifices énormes qu'elles ont dû faire dès le début de leur exploitation pour éteindre la concurrence des omnibus.

Ainsi, un des tramways les plus productifs des États-Unis, celui de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

troisième avenue à New-York, a été obligé de racheter pour 2 millions cinq lignes d'omnibus qui marchaient à côté de ses rails.

En 1858, ce tramway n'avait que 9 kil. 1/2 et il revenait déjà à plus de 700.000 francs par kilomètre.

6. — *Les premiers tramways à Londres.* — Le service des tramways aux États-Unis engagea, en 1857 ou 1858, M. George-Francis Train à introduire cette invention en Angleterre et dans les principales villes du continent. Celui-ci obtint l'autorisation d'établir à Londres deux lignes qui devaient servir de spécimens : l'une de Marble-Arch à Notting-Hill, et l'autre le long de Kennington-Road.

Le concessionnaire choisit le rail de Philadelphie à deux champignons : l'un extérieur, l'autre se logeant dans la longrine.

Ce nouveau mode de locomotion ne fut pas apprécié par le public de Londres, qui trouva, dans la différence de niveau entre le rail et la chaussée des rues, un inconvénient sérieux pour le passage des véhicules ordinaires. A la suite d'accidents de tout genre et surtout de ruptures fréquentes d'essieux et de roues de voitures à la traversée de la voie, M. George Train fut obligé d'enlever ses rails et de renoncer à sa concession. On prétend qu'il fut poursuivi et même emprisonné. Mais il paraît que son insuccès ne doit pas être attribué uniquement aux défauts de son rail; il avait cru devoir se passer de l'autorisation du Parlement et se contenter de celle des Paroisses.

Dans ses rapports avec l'autorité, il montra, dit-on, une raideur d'allures qui indisposa les agents chargés de surveiller son œuvre.

Quoi qu'il en soit, dans plusieurs villes d'Angleterre et du continent, Copenhague et Genève entr'autres, qui avaient adopté le rail plat de M. George-Francis Train, les promoteurs des tramways rencontrèrent, chez les habitants, un esprit d'opposition tel qu'ils durent modifier la forme de la voie.

7. — *Le rail de Philadelphie et le rail à ornière.* — Au point de vue de l'intérêt des compagnies, le rail de Philadelphie (voy. fig. 4) est préférable aux rails à ornière ; mais dans nos villes d'Europe, et surtout à Londres, où les voitures particulières, les cabs, les omnibus et les véhicules de toute espèce sont plus nombreux qu'en Amérique, il faut consulter avant tout les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

convenances du public. Or, ce qu'il demande, c'est que la voie soit posée complètement de niveau avec la chaussée, et qu'elle offre le moins possible d'entrave au passage, dans tous les sens, des différents véhicules.

8. — *Les tramways modernes de Londres et autres localités de l'Angleterre.* — L'œuvre de M. Train fut reprise douze ans plus tard par des entrepreneurs qui cherchèrent à éviter ses fautes en adoptant le rail à ornière étroite ; mais ils trouvèrent dans le public, et surtout chez les boutiquiers des rues où l'on voulait poser les voies, une hostilité si prononcée qu'ils furent sur le point d'abandonner leur œuvre.

On évoqua contre les tramways nouveaux les mêmes arguments que du temps de M. Train ; on les avait déjà fait valoir à Philadelphie, et ils commençaient à être bien usés.

9. — *Les tramways en Belgique.* — Le premier tramway établi en Belgique a été celui du Bois de la Cambre à Bruxelles, commencé en 1867 par une Compagnie anglaise, et achevé en 1869. Sa longueur est de 7 kilomètres. Il met en communication les quartiers élégants de la ville haute avec la promenade favorite des Bruxellois. Les résultats financiers qu'il a donnés dès sa mise en exploitation ont été tels que des compagnies n'ont pas tardé à demander des concessions analogues dans toutes les parties de la ville et une partie des faubourgs.

La Compagnie Brésilienne, qui a succédé à la Compagnie Becquet frères, a ses voies sur les boulevards qui forment la ceinture de Bruxelles et dans le quartier Léopold. Enfin, la Compagnie Becquet frères exploite le tramway d'Ixelles à Etterbeeck. La *Compagnie du Bois de la Cambre* et la *Compagnie Belgian Street Railways and Omnibus* n'en forment plus qu'une aujourd'hui sous le nom de *Tramways Bruxellois.*

10. — *Tramways de Vienne.* — La capitale de l'Autriche possède des tramways depuis 1868. La longueur de ses lignes était, à la fin de 1873, de 38 kilomètres seulement. Le premier rail adopté fut le rail américain introduit en France par M. Loubat. Il était en acier et pesait 19 kilogrammes par mètre. On évalue le prix de revient de la voie prête à être exploitée à près de 585.000 francs par kilomètre. Pour faciliter l'exploitation et diminuer le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rayon des courbes et les rampes, on a dû abattre des maisons et acquérir des propriétés de valeur.

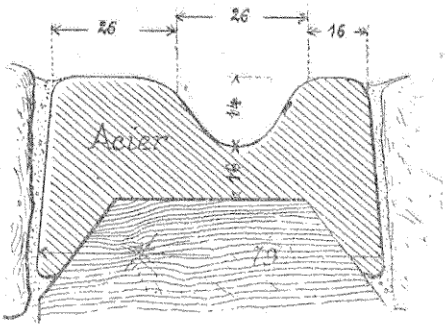


Fig. 3. — Premier rail Loubat.

Le nombre des voyageurs transportés par kilomètre a été de 540.000 en 1872, et de 909.473 en 1873, année de l'Exposition internationale.

Les tramways de Vienne passent pour être bien exploités. Nous aurons occasion d'y revenir dans le courant de cet ouvrage.

11. — *Tramways de Constantinople, Saint-Pétersbourg* et *Moscou.* — On trouve des tramways à Constantinople. En 1872, leur longueur ne dépassait pas 16 kilomètres. La voie est la même que celle des tramways de Paris (voy. fig. 39), sauf que les longrines y sont reliées par des entretoises. Cette entreprise, qui paraissait prospère il y a quelques années, n'a pas tenu ce qu'elle promettait.

Saint-Pétersbourg et Moscou ont aussi leurs tramways. Le rail employé est le rail Vignole avec entaille dans le pavé pour former l'ornière. Les compagnies se louent, dit-on, de ce genre de voie. Leur situation est prospère, et le public russe apprécie les services que lui rendent les tramways.

12. — *Tramways de Paris et de la banlieue.* — En 1852, M. Loubat, qui avait vécu longtemps en Amérique et savait tout le parti qu'on peut tirer des chemins de fer dans les villes, obtint l'autorisation de poser une voie ferrée de la place de la Concorde à Passy, et de faire, sur cette ligne, un service de voyageurs. Cette voie fut établie avec un rail à ornière emprunté à l'Amérique et du même profil que celui que les tramways de Vienne ont adopté de-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puis. M. Loubat fit venir des États-Unis des cars sans impériale qui circulèrent quelque temps sur la ligne de la Concorde ; mais le public ne les trouvant pas de son goût, on se décida à les mettre de côté.

Les véhicules américains étaient à roues fixées sur les essieux comme tous ceux que l'on emploie sur les tramways d'Amérique, et ils ne pouvaient dérailler à volonté. Comme les réparations fréquentes de la voie et le mauvais vouloir des conducteurs de voitures ordinaires engagées sur les rails les obligeaient souvent à s'arrêter, on les remplaça par des omnibus pouvant au besoin circuler sur la chaussée. Ces véhicules, du poids de 3.000 kilogrammes et de la contenance de 52 personnes, y compris le cocher et le conducteur (ce qui représente un poids total de 6.380 kilogrammes) avait un avant-train mobile à volonté et des roues tournant autour des fusées d'essieux. Sur les quatre, deux seulement servant de directrices portaient des boudins. Employé sur des voies mal établies ou mal entretenues, un pareil système donne lieu à des déraillements fréquents et involontaires. C'est ce qui arriva journellement sur la petite ligne de Rueil à Port-Marly, construite un an après celle de la Concorde et sur les mêmes principes.

En 1854, on autorisa le prolongement du tramway de Passy jusqu'à Sèvres, et, en 1855 de Sèvres à Versailles.

Enfin, au Point du Jour, on construisit un embranchement pour desservir le bas de Boulogne et Saint-Cloud.

Les chemins de fer américains de Paris n'ont donné que des pertes jusqu'en 1872, et leur situation ne s'est améliorée que lorsqu'on a substitué le Louvre à la Concorde comme point de départ.

Devant cet insuccès des premiers tramways, on comprend qu'on n'ait pas songé à les développer dans notre pays. Il a fallu que le service des omnibus devint insuffisant dans les derniers temps de l'Empire pour qu'on cherchât à leur substituer un mode de transport plus en rapport avec les besoins du public. Les tramways venaient d'être introduits en Angleterre avec un certain succès de recettes, malgré l'opposition du public, et la ligne du Bois de la Cambre à Bruxelles avait réussi dès le premier jour. On allait donc étudier les moyens de faire pénétrer les voies ferrées à traction de chevaux dans Paris, lorsque éclata la guerre de 1870. Le projet fut repris en 1872. Des commissions nommées par le gouvernement et la municipalité allèrent étu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dier en Angleterre les chemins de fer métropolitains et les tramways. A la suite des rapports qu'elles présentèrent, le Conseil général de la Seine se décida pour la construction d'un réseau de tramways devant desservir certains quartiers de Paris et de la banlieue.

Mais on se trouvait en présence d'une difficulté que les tramways n'avaient pas rencontrée à l'étranger. La Compagnie générale des omnibus, en vertu d'un privilège qui date de 1855, a seule le droit, jusqu'en 1910, d'exploiter dans Paris les transports en commun.

Il fallait, alors, ou que la Compagnie se chargeât d'établir elle-même les tramways à l'intérieur des fortifications, ou que la ville rachetât son privilège. On convint que les lignes de banlieue seraient concédées à des entreprises particulières, et que les Omnibus prendraient à leur compte certaines lignes intérieures et les amorces dans Paris des lignes extérieures.

Le réseau complet fut divisé en trois groupes :

Le groupe du Nord comprenant les lignes extra-muros du nord de la rive droite qui desservent Suresnes, Courbevoie. Neuilly, Levallois, Clichy, Gennevilliers, Saint-Ouen, Saint-Denis, Aubervilliers et Pantin.

Le groupe du Sud composé des tramways de la rive gauche allant à Issy, Vanves, Clamart, Châtillon, Villejuif, Gentilly, Bicêtre, Ivry et Vitry, et de ceux de la rive droite allant à Saint-Mandé, Charenton et Montreuil.

Le groupe des Omnibus comprenant les lignes de la place du Trône à la place de l'Etoile et de ce point à la gare Montparnasse et à la rue de Lyon, ainsi que celle de la place d'Italie à la place du Trône.

Le premier groupe fut concédé à une Société financière qui créa à cet effet la Compagnie des Chemins de fer parisiens (Tramways-Nord), et le deuxième à la Banque franco-italienne. Celle-ci trouvant les tarifs trop bas et le trafic insuffisant, ne tarda pas à abandonner sa concession. Elle fut reprise par une Compagnie dite Brésilienne qui ne put réunir le capital nécessaire pour la mener à bonne fin. Enfin, elle passa entre les mains d'un entrepreneur anglais, M. Harding, qui parvint à constituer une Société qui prit le nom de Compagnie de Tramways de Paris (réseau Sud).

Le troisième groupe resta entre les mains de la Compagnie des Omnibus.

En gens habiles et qui ne se méprenaient pas sur la valeur de leur concession, les administrateurs de cette Société s'empressèrent de céder au Ré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seau Sud la ligne de la place de l'Etoile à la gare Montparnasse et à la rue de Lyon, et celle de la place d'Italie à la place du Trône, moyennant un fermage annuel de 6.000 francs par kilomètre, la compagnie cessionnaire se chargeant de la construction et de l'exploitation. La Compagnie des Omnibus ne garda pour elle que la meilleure partie de cette ceinture de tramways qui enveloppe Paris.

13. — *Nomenclature des tramways de Paris et de la banlieue.* — Voici maintenant la nomenclature complète des lignes de tramways composant le réseau exploité par la Compagnie Générale des Omnibus, au 1er avril 1897 :

TRACTION PAR CHEVAUX		
Montrouge à la Gare de l'Est, ligne G . . .	parcours	6.300 mètres
Louvre à Vincennes, ligne C	—	8.200 —
Étoile à la Villette, ligne D	—	5.700 —
La Villette — Place de la Nation, ligne E . .	—	5 kilomètres
Cours de Vincennes au Louvre, ligne F. . .	—	6.600 mètres
La Chapelle au square Monge, ligne H. . .	—	6.200 —
Cimetière Saint-Ouen à la Bastille, ligne I. .	—	6.800 —
Louvre à Passy, ligne J	—	5.400 —
Louvre à Charenton, ligne K.	—	8.500 —
Bastille à la Porte Rapp, ligne L.	—	6 kilomètres
Gare de Lyon au Pont de l'Alma, ligne M. .	—	6.600 mètres
Muette à la rue Taitbout, ligne N.	—	6.400 —
Trocadéro-Ceinture à la Place Pigalle, ligne P.	—	7.500 —
Trocadéro à la Villette, ligne P *bis*	—	5.400 —
Boulogne aux Moulineaux, ligne R	—	3 000 —
Charenton à Créteil, ligne S	—	4.800 —
Gare de Sceaux — Place de la Nation, ligne U	—	4.000 —
Auteuil à Saint-Sulpice.	—	6.300 —
Montreuil au Châtelet	—	5.000 —
Pantin à l'Opéra	—	4.500 —
Auteuil à l'Opéra.		5.400 —
Montrouge à Saint-Philippe-du-Roule . . .		5.200 —
TRACTION MÉCANIQUE		
Louvre à Boulogne-sur-Seine (vapeur Rowan) .	parcours	7.500 mètres
Louvre à Saint-Cloud, ligne A id. . .	—	10 kilomètres
Louvre à Sèvres, ligne B, id. . .	—	$11^{km},500$ (1)
Cours de Vincennes— Saint-Augustin		6 kilomètres
Gare d'Auteuil au Rond-Point de Boulogne, ligne (P)		2.700 mètres

(1) Va jusqu'à Versailles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous indiquons également ci-après quelles sont les lignes constituant le réseau des Tramways-Nord, et celles des Tramways-Sud.

RÉSEAU DES TRAMWAYS-NORD

Madeleine à Courbevoie, traction électrique . . .	trajet	en	1 heure
Madeleine à Levallois-Perret, traction électrique. .	—	en	45 minutes
Place de la République à Aubervilliers, par chevaux	—	en	1h,20
Madeleine à Asnières, traction électrique	—	en	1h,20
Saint-Ouen-Landy à Saint-Ouen, place d'Armes .	—	en	5 minutes
Place de la République à Pantin, traction par chev.	—	en	1 heure
Place du Châtelet à Saint-Denis, — .	—	en	1 —
Madeleine à Saint-Denis (traction électrique par accumulateurs).	—	en	1h,25
Opéra à Saint-Denis (traction électrique par accumulateurs).	—	en	1h,15

Saint-Denis à Neuilly (traction électrique par accumulateurs).
Madeleine à Puteaux id. id.
Madeleine à Gennevilliers, traction à vapeur, système Serpollet.
Place de la République à Romainville, tramway électrique, système Wuilleumier.

RÉSEAU DES TRAMWAYS-SUD

Saint-Germain-des-Prés à Fontenay-aux-Roses. .	trajet	en	1 heure
L'Étoile à la Gare Montparnasse	—	en	30 minutes
La Gare Montparnasse à la Place de la Bastille. .	—	en	40 —
Place Walhubert à Villejuif.	—	en	45 —
Saint-Germain-des-Prés à Clamart.	—	en	1h,10

Place de la Nation à Montreuil.
Châtelet à Vitry et Choisy-le-Roi. — A Ivry et à Villejuif.
Place de la Nation à la place Walhubert.
Vanves à l'avenue d'Antin.
Odéon à la Porte d'Orléans, traction par l'air comprimé.
La Bastille à Charenton, traction électrique.

La longueur totale des voies exploitées par la Compagnie des Omnibus est de 161 kilomètres, et le total des différents réseaux atteint 300 kilomètres. Il est hautement probable qu'on ne s'arrêtera pas à ce chiffre, et que chaque année de nouvelles lignes, entièrement nouvelles ou empruntant en partie les voies déjà existantes, seront mises en exploitation et viendront compléter le réseau des tramways parisiens.

14. — *Débuts des tramways en province.* — Le mouvement en faveur des nouvelles voies, qui avait commencé à Paris en 1873, ne tarda pas à se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

propager à la province, là surtout où le service des omnibus était mal fait ou insuffisant. Les municipalités des villes de la frontière septentrionale de la France, frappées des services rendus à la population par les nouveaux omnibus sur rails, ne tardèrent pas à solliciter du gouvernement l'autorisation d'établir des lignes de tramways. Ce fut Lille qui prit l'initiative, et le 4 octobre 1873, l'État lui accordait un réseau de voies ferrées, dont la municipalité rétrocéda la concession à M. Philippart. Le 1er juin 1874, deux lignes importantes étaient livrées à l'exploitation, et la population put bientôt apprécier tous les avantages de ce nouveau mode de transport. A peu près vers la même date la ville du Havre obtenait une concession analogue, qui fut rétrocédée ensuite à M. Dalahault, et au mois de mars 1874, deux lignes étaient mises dans cette ville à la disposition du public.

Dès ce moment, l'industrie des tramways se développa, et les réseaux de Nancy, Versailles, Marseille furent concédés aux villes qui transmirent leurs concessions à des compagnies ou à des entrepreneurs. Bordeaux, Lyon, Saint-Etienne suivirent et certaines lignes, mises en adjudication furent entreprises par des spéculateurs assez hardis pour accepter des municipalités des cahiers des charges de nature à empêcher tout bénéfice ultérieur. Aussi, au début, beaucoup de tramways en France furent-ils d'une exploitation ruineuse, en raison de l'inexpérience des compagnies et des charges de toute nature qu'elles avaient à supporter. Mais cet état de choses, que peu de Sociétés de tramways ont dû endurer, n'a été que transitoire, et l'on peut dire qu'aujourd'hui la plupart des exploitations de ce genre constituent des entreprises rémunératrices, et dont les bénéfices ne peuvent que s'accroître à mesure des économies réalisées, notamment sur les systèmes de traction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II

DISPOSITION GÉNÉRALE DES VOIES DE TRAMWAYS

15. — *Éléments des voies de tramways.* — Une voie de tramway se compose, de même que celle des chemins de fer, de deux files de rails d'un modèle spécial. Dans le *rail*, on reconnaît trois parties distinctes : la *plate-forme* ou *table de roulement*, constituant le dessus du rail, et sur laquelle roule la roue ; l'*ornière* ou *gorge*, où pénètre le boudin entourant la roue, enfin le *contre-rail*, partie opposée au rail, qui borne l'ornière à l'intérieur de la voie, comme le rail la borde à l'extérieur.

Les rails pour tramways peuvent être classés en deux catégories : les *rails à ornière* d'une seule pièce, et les *rails à champignon*, dont l'ornière est formée d'un rail et d'un contre-rail, comme dans la voie Marsillon, qui constitue le système le plus employé maintenant.

Dans la plupart des anciennes voies, les rails sont supportés dans toute leur longueur sur des pièces de bois appelées *longrines*. Ces supports sont maintenus à l'écartement réglementaire, soit par des *traverses* en bois sur lesquelles elles reposent, soit par des *entretoises* en fer plat qui se logent entre deux rangs de pavés. Cependant les rails à champignon reposent le plus souvent dans des *coussinets* fixés sur des traverses.

Depuis quelques années, on construit aussi des voies de tramways entièrement métalliques, où les appuis longitudinaux et les liaisons transversales sont en fonte ou en fer.

16. — *Technologie.* — Si nous rappelons les principaux termes se rapportant à ces voies ferrées particulières, nous dirons qu'on désigne sous le nom de *voie principale* celle qui est réservée au service habituel et journalier des voitures. Dans les lignes à deux voies, la voie principale comprend la *voie de départ* et la *voie d'arrivée*, ou la *voie montante* et la *voie des-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cendante. L'*entrevoie* est l'espace qui les sépare. On donne le nom de *voie montante* à celle que l'on suit en se dirigeant vers le *terminus* le plus important. Ainsi, sur les lignes allant vers le centre de Paris, les *voies montantes* sont les voies d'aller, et les *voies descendantes* celles de retour. Dans le cas d'une voie double, la portion de voie qui sert à passer de l'une sur l'autre, est appelée *voie de raccordement*. On en établit de distance en distance pour pouvoir faire temporairement le servir sur une seule voie, lorsque, pour une cause quelconque, l'autre est fermée à la circulation. Les *voies d'évitement* ou de *croisement* sont les portions de voie double établies de distance en distance, sur une voie unique pour permettre le passage des voitures qui viennent à se rencontrer et doivent se croiser sans être obligées de sortir des rails. On donne le nom de *voies de garage* à celles sur lesquelles on remise les véhicules au repos, mais dont on peut cependant avoir besoin, soit pour remplacer un car endommagé, soit pour augmenter le nombre des voitures en service. Les parties de la voie prolongées au delà des raccordements des terminus et disposées pour le stationnement des tramways en service, sont aussi des voies de garage. Enfin les *voies de service* sont celles sur lesquelles on ne transporte pas de voyageurs, et qui servent aux mouvements de l'exploitation, tels que la sortie ou la rentrée au dépôt.

La disposition à l'aide de laquelle une voiture peut passer d'une voie sur une autre s'appelle un *changement de voie*, et l'endroit où les rails sont coupés pour laisser passer les boudins des roues est un *croisement*.

On entend par *zone* d'un tramway la portion de voie publique que lui assignent les règlements, et dont l'entretien est à la charge des compagnies de tramways, Pour une ligne à voie unique, cette zone comprend la voie dont la largeur est augmentée de deux bandes latérales fixées ordinairement à $0^{m},50$. Quand la voie est double, la zone comprend en plus la seconde voie et l'entrevoie.

Quel que soit le type de voie qu'un constructeur adopte, que les supports soient en bois ou entièrement métalliques, il est des conditions générales auxquelles tout tramway doit satisfaire, et nous les énumérerons successivement un peu plus loin, à titre de renseignement indispensable.

17. — *Différence entre un tramway et un chemin de fer sur routes*. — Un tramway ne circule que dans les rues des cités, tandis que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les chemins de fer sur routes sont établis sur les accotements des grandes routes ou coupent même à travers champs. Mais la différence est encore bien plus grande en ce qui concerne les voies. Celles des tramways sont à ornières, et le dessus des rails affleure la chaussée, au lieu d'être en relief et posées sur le sol. Il en résulte que la voie du chemin de fer routier n'a à supporter que les efforts résultant du passage des trains dont la charge et la vitesse ont été déterminées par les ingénieurs de la compagnie, tandis qu'il en est tout autrement pour les tramways installés dans des villes, où une voie posée dans un quartier très fréquenté a plus à souffrir des poussées latérales du roulage que de la fatigue et de la flexion des rails sous le poids des cars circulant sur cette voie. Dans les chemins de fer économiques, routiers ou autres tous les éléments qui composent la voie, rails attaches et traverses peuvent être facilement réparés et remplacés. Il suffit de dégager ces différentes pièces du ballast qui les entoure, opération qui peut se faire d'autant plus vite qu'il est facile à l'exploitation de prendre des mesures pour que les ouvriers ne soient pas dérangés dans leur travail. Il n'en est pas de même avec les voies de tramways, en plein cœur des villes.

Lorsque la circulation des voitures de toute nature est intense, les rails ne conservent pas longtemps leur écartement régulier. Dès qu'ils ne sont plus parallèles, le frottement des boudins des roues dans l'ornière augmente sensiblement, de là une usure rapide des mentonnets et un accroissement considérable de la résistance au roulement. Le pavage ne tarde pas à s'affaisser le long des longrines, l'eau pénètre par les rigoles qui se produisent, et ravine les supports qui, n'étant plus bourrés, fléchissent et brisent les attaches les reliant aux rails. Pour ramener les pavés à leur niveau, il faut enlever le pavage, soulever les longrines et les bourrer de nouveau. Ces réparations exigent souvent beaucoup de temps quand le passage des tramways s'opère toutes les cinq minutes; elles gênent le service de la compagnie en même temps que la circulation publique.

A ces causes de trouble et même d'interruption du service sur les lignes de tramways urbains, causes qui ne peuvent exister sur un chemin de fer routier où il ne circule que les wagons et cars de la compagnie, il faut ajouter les travaux exécutés sur ou sous la voie publique, tant par l'administration que par les compagnies ou les particuliers dûment autorisés (fouilles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour installations de canalisations d'eau, de gaz, d'air comprimé, d'électricité, d'éclairage et de téléphones, etc). A ce sujet, l'article 46 de la loi du 6 août 1881, s'exprime comme suit :

« En cas d'interruption des voies ferrées par suite des travaux exécutés sur la voie publique, la compagnie pourra être tenue de rétablir provisoirement les communications, soit en déplaçant momentanément ces voies, soit en les branchant l'une sur l'autre, soit en employant à la traversée de l'obstacle des voitures ordinaires qui puissent le tourner en suivant d'autres lignes. »

Depuis que les tramways ont pénétré dans les quartiers du centre de Paris où la circulation des véhicules est très active, on s'est aperçu des dégradations rapides subies par les voies par l'effet du roulement des autres véhicules sur ces voies, et les compagnies sont obligées de consacrer des sommes, de plus en plus importantes à l'entretien de leurs lignes. Ce sont là les inconvénients résultant du libre usage de la voie publique, et que les chemins de fer sur routes n'ont pas à redouter.

18. — *Conditions générales d'établissement d'une ligne de tramways.* — De ce que nous venons de dire, il est possible de déduire les conditions principales que doit remplir une voie de tramway, et dont la connaissance peut guider l'ingénieur dans une étude de ce genre. La première est de donner à la voie une fondation solide, exempte d'humidité. Quand le sol contient de l'eau, il faut s'en débarrasser à tout prix, et prendre les mesures nécessaires pour qu'elle ne puisse y pénétrer à la suite des fortes pluies d'orage. La seconde condition est d'avoir la même fondation pour le pavage que pour la voie. L'obligation imposée aux compagnies d'entretenir, à 50 centimètres en dehors des rails, une zone de chaussée, leur permet d'établir entre la voie et le pavage une solidité telle que l'une ne puisse s'affaisser sans l'autre. L'élasticité nécessaire au chemin de fer est nuisible dans les tramways. Si la chaussée cède sous le poids des lourds fardiers, elle ne se relève pas, tandis que si la voie fléchit un instant, elle ne tarde pas à reprendre sa position première. La seconde est élastique ; la première ne l'est pas. Il se forme alors ces dénivellations qui sont si nuisibles à la conservation des tramways. Quant à la troisième condition, elle résulte de l'obligation où l'on est de bouleverser le moins possible une voie pour la réparer. Enlever des pavés, déplacer une longrine pour remplacer une attache de rails ou une éclisse de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longrine, c'est beaucoup de travail pour une bien petite réparation. La voie doit être composée d'éléments simples, faciles à visiter et à réparer, qui ne nécessitent pas tous ces dérangements. Un bon pavage est indispensable. Il faut qu'il y ait uniformité entre celui de la partie occupée par le tramway et le pavage adjacent. Sur les voies empierrées, les compagnies remplacent par du pavage la partie de la chaussée où elles posent les rails. Le roulage ayant une tendance à quitter l'empierrement pour le pavé, les voies de tramways se trouvent plus exposées aux dégradations dans ces parties que dans les autres.

Il résulte donc que la première étude à faire pour la pose d'un tramway est celle du sol sur lequel il doit être établi. Quant au système de voie à employer, l'importance du trafic et certaines conditions particulières, qui trouveront leur place plus loin, indiquent le choix à faire parmi ceux que nous allons examiner. Il ne faut pas perdre de vue que le rail doit être assez résistant pour que la table de roulement se conserve longtemps. Quand il n'en est pas ainsi, l'ornière se rétrécit à mesure que le rail s'use. Les boudins des roues éprouvent plus de frottement, parce qu'ils roulent dans la partie la plus resserrée de l'ornière, et ils s'amincissent au point de devenir tranchants. L'ornière s'encrasse facilement, et le moindre obstacle suffit pour faire dérailler le véhicule. Après quelques années d'exploitation, les boudins portent sur le fond de l'ornière, et la fendent suivant une section longitudinale, si l'épaisseur du métal n'offre pas assez de résistance.

19. — *Voies américaines.* — Les premières voies de tramways posées en Amérique ont servi de modèle pour toutes celles qui ont été établies primitivement, non seulement en Europe mais dans le monde entier. Le type américain se retrouve aux Indes, en Australie, au Japon. Pour montrer comment on est arrivé progressivement aux systèmes qui tendent à prévaloir aujourd'hui, il nous faut parler en premier lieu des voies des États-Unis.

A l'époque où l'on établit les premiers tramways on se servait encore de longrines sur les chemins de fer. Il y avait d'autant moins de raisons de ne pas adopter cette nature de support, que le prix des rails était très élevé par rapport à celui du bois, et qu'on recherchait avant tout l'économie dans la construction des tramways. Depuis lors, le poids des rails a sensiblement aug-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

menté, et l'on a conservé les longrines, quoiqu'on y ait renoncé depuis longtemps pour les chemins de fer à locomotives.

20. — *Profils des rails.* — La première forme donnée aux rails a été celle à ornière, avec gorge très évasée pour permettre au boudin des roues d'en sortir aisément ; c'est cette forme qui fut donnée aux premiers rails de New-York. Le niveau du contre-rail est sensiblement inférieur à celui du rail, l'écart était de 11 millimètres dans le premier rail de Brooklyn. Cette disposition fut également donnée, au début, aux rails de plusieurs autres lignes, notamment en Belgique et en Allemagne. Les Américains, au lieu d'élargir l'ornière, l'ont rendue, au contraire, plus étroite pour empêcher la jante des roues des autres voitures d'y pénétrer. C'est à un rail profilé dans ce but, et dont on lui attribue la création, que M. Loubat donna la préférence quand il se fit le propagateur des tramways en France. Toute autre forme de rail à ornière évasée n'aurait d'ailleurs pu être acceptée à Paris, et il en aurait été de même du rail de Philadelphie, en raison de ses divers inconvénients, d'ailleurs atténués en partie depuis lors.

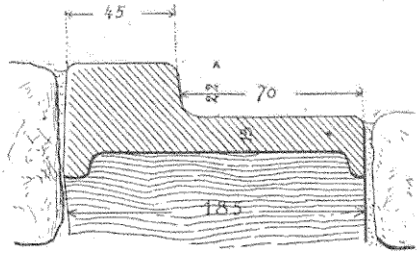


Fig. 4. — Rail de Philadelphie dit « *steep-rail* ».

Quand on a commencé à faire usage du *steep-rail* à Philadelphie, le bourrelet était placé à l'extérieur comme dans toutes les voies de tramways, mais l'expérience ne tarda pas à démontrer que le bourrelet retenait sur la partie plate l'eau, la boue et les petites pierres que les chevaux des cars et les voitures ordinaires soulèvent sur les chaussées mal empierrées ; cet inconvénient a été supprimé en retournant le rail et en augmentant la largeur de la partie plate. Les véhicules ordinaires traversent et quittent plus facilement la voie, mais alors on est obligé de placer les boudins des roues à l'extérieur des rails. Or, le passage continuel des chevaux de cars, joint au roulage étranger,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

affaissant peu à peu le pavage, la voie perd son écartement régulier, et les boudins des roues frottent tellement contre le rail que la traction devient plus pénible et qu'une usure rapide s'ensuit. Malgré ces défauts, le steep-rail a reçu de très nombreuses applications aux États-Unis.

Citons encore, parmi les nombreux profils de rails essayés au début de l'industrie des tramways, le rail de la troisième avenue de New-York (fig. 6), et le *Crescent-rail*, en forme d'∪ renversé, dont il a été fait usage pour les premiers tramways de Liverpool, et pour de nombreuses petites lignes de banlieue, en Amérique. Les pavés sont surbaissés du côté de la voie d'au moins la hauteur des boudins des roues, de façon à tenir compte de l'affaissement du rail et de l'usure de la plateforme de roulement. Quelquefois, le pavage

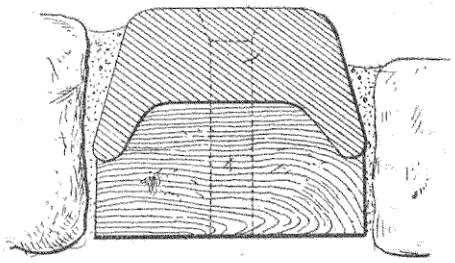


Fig. 5. — Rail à croissant (*crescent-rail*).

est de niveau avec le sommet du rail, et l'ornière est prise dans le pavé qui est entaillé. Ce système de rail présente donc le grave inconvénient de former avec le pavé une ornière trop profonde, creusée par le passage des véhicules ordinaires qui suivent la voie. Réceptacle de boue et des débris du pavé qui s'écorne, cette ornière ne tarde pas à être la cause de fréquents accidents, aussi a-t-elle été abandonnée depuis lors par beaucoup de compagnies.

21. — *Attache des rails aux longrines et des longrines aux traverses.* — Pour utiliser, aux États-Unis, des rails de 18 à 24 pieds de longueur (5^{m},50 à 7^{m},30), on les rattache aux longrines de différentes manières. Primitivement on faisait usage de *broches*, de forme recourbée, et placées sur les côtés. C'est cette forme qu'avait adoptée M. Loubat pour son rail. Ces attaches, placées à la distance de 95 centimètres environ les unes des autres, étaient disposées de manière que celles de droite alternaient avec celles de gauche. On les a abandonnées aux États-Unis. Elles ont le grave

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

défaut de sortir des trous ménagés dans le rail, quand le pavage, en s'affaissant, cesse de maintenir la tête de la broche à sa place. L'eau pénètre alors dans la longrine et le bois se pourrit.

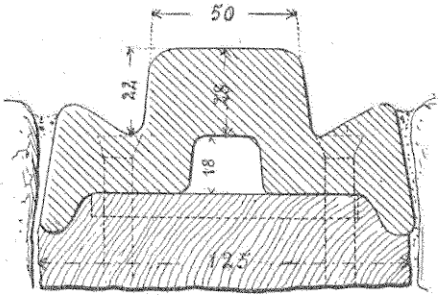


Fig. 6. — Profil du rail sur la longrine de la 3e avenue, à New-York

On a tour à tour essayé des clous spéciaux ou des chevilles barbelées ; puis on est arrivé à employer des tire-fond et, enfin, des boulons traversant la longrine. Les tire-fond sont encore très en usage sur les voies américaines. Dans le *Steep-rail*, le tire-fond est placé dans la partie plate. Dans le rail de

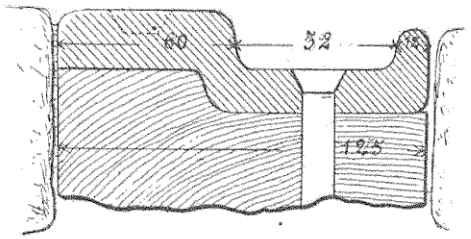


Fig. 7. — Rail de Saint-Louis (poids 18 kil. le mètre courant).

Saint-Louis (fig. 7), il est fixé alternativement dans le bourrelet et dans le tram.

Malgré les petits talons placés sous le rail et qui se logent dans les feuillures de la longrine, le tire-fond ne suffit pas le plus souvent à maintenir le rail en place. Sur les points exposés au passage fréquent du roulage, les tire-fond finissent par prendre du jeu dans la longrine et faire saillie à l'extérieur. La ressource d'enfoncer dans la longrine un manchon en bois pour y loger de nouveau le tire-fond est insuffisante la plupart du temps. Les ingénieurs considèrent l'usage du tire-fond dans les tramways comme un mode

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'attache sur la solidité duquel on ne peut pas compter, et qui laisse pénétrer l'eau dans la longrine.

L'espacement des trous percés dans le rail pour recevoir les attaches, est de 2 pieds (0m,60) ; aux deux extrémités on ménage également deux trous à 2 pouces (0m,65) du joint. Dans les rails de 24 pieds (7m,30), on compte douze trous, plus les deux percés aux bouts.

A chaque joint de rails, on place sous les deux extrémités une éclisse ou plaque en fonte ou en fer forgé, ayant 6 millimètres d'épaisseur et de 12 à 20 centimètres de longueur. Elle est percée de deux trous correspondant à ceux des bouts de rails par lesquels passent les tire-fond.

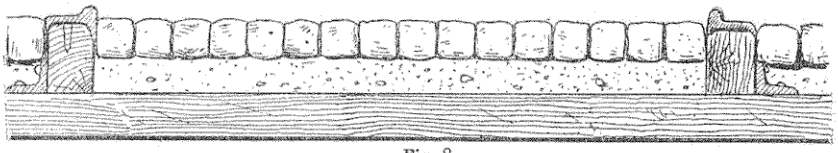


Fig. 8
Première voie de Philadelphie. — Coupe en travers.

Les traverses ont 5 pouces × 6 pouces ou 12 centimètres sur 15. Leur largeur varie suivant le genre de voie adoptée. Elles débordent, de chaque côté des rails, de 12 pouces ou 30 centimètres, et sont espacées de 4 à 6 pieds (1m,21 à 1m,82). Quand on n'emploie pas de longrines, l'écartement n'est plus que de 2 pieds (0m,60).

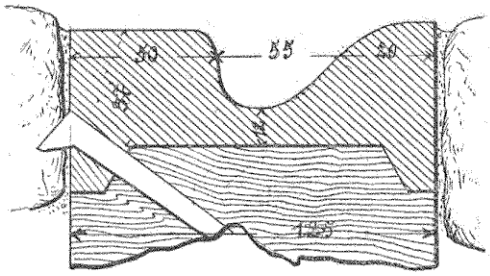


Fig. 9. — Rail de la 8e avenue, à New-York (poids 33 kil. le mètre).

Ces traverses étaient enterrées dans des tranchées creusées dans les fondations des chaussées. Les longrines avaient de 24 à 40 pieds de longueur (7m,50 à 12m,20), et d'une largeur en rapport avec celle du rail. On leur donnait une hauteur de 7 pouces (0m,18 environ) pour pouvoir paver sur les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traverses. Les longrines étaient taillées dans du pin, jaune ou blanc, équarries d'abord avec soin, puis profilées suivant le dessous du rail qu'elles étaient destinées à supporter. Les traverses se faisaient de préférence en chêne blanc, et s'employaient à peine dégrossies.

Les longrines sont fixées sur les traverses, soit par une entaille pratiquée dans ces dernières, et en opérant le serrage avec un coin en bois très dur, soit en les posant simplement sur les traverses, auxquelles on les réunissait, au début des tramways, par des chevilles en bois ou des clous de charpentier. Aujourd'hui, on emploie de préférence, des cornières ou des coussinets en fonte, que l'on cloue sur les longrines et sur les traverses. Dans les parties de voie les plus exposées aux poussées des véhicules ordinaires, on met deux coussinets. Ces coussinets sont de grandeurs différentes ou de même grandeur, suivant le cas. Aux joints de longrines, on emploie un coussinet plus large qui remplit le rôle d'éclisse. Sauf ce cas, on ne met généralement aux États-Unis qu'un coussinet par traverse; on le place toujours à l'extérieur de la voie.

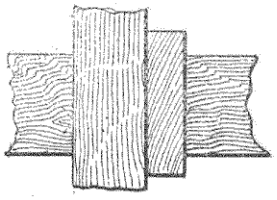


Fig. 10. — Serrage avec coin de la longrine sur la traverse.

Sur quelques tramways construits avec soin, on a entaillé légèrement la traverse pour y loger le bas de la longrine, et on a réuni les deux supports par un long boulon à écrou. Dans les parties en courbes à très courts rayons, on a ajouté des coussinets qui maintiennent la voie à l'écartement. On emploie pour les courbes dont les rayons varient de 10 à 18 mètres, les rails spéciaux pour la courbe extérieure. Nous reviendrons sur cette disposition employée pour les tramways à courbes très raides.

Lorsque deux voies se coupaient à angle droit, on établissait autrefois, au point d'intersection une plaque en fonte, à laquelle venaient aboutir les extrémités des rails. L'espace qui les séparait formait une sorte de plan incliné sur lequel roulait le car en quittant le rail. Cette plaque avait le grave défaut de laisser les roues sans guide quand elles franchissaient cet espace, et d'occasionner des chocs à la voiture. Elle a été abandonnée.

Telles sont les dispositions principales des premières voies de tramways construites aux États-Unis et qu'on retrouve en Europe, soit telles que nous venons de les décrire, soit modifiées et perfectionnées, comme nous le montrerons plus loin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III

LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE VOIES ÉTRANGÈRES

22. — *Systèmes de voies des premiers tramways à Liverpool, Londres et Dublin.* — Les premiers tramways de Londres étaient disposés comme le montre la figure 11.

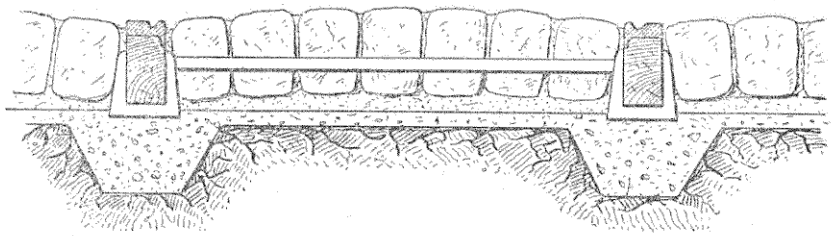


Fig. 11. — Voie des premiers tramways de Londres.

Le rail était le même que celui adopté par M. G. Hopkins pour Liverpool à Birkenhead. La méthode de construction ne différait que dans la fondation. A Liverpool, on avait creusé le sol de la rue jusqu'à une profondeur de 36 centimètres, pour y mettre une couche de béton de 18 centimètres d'épaisseur sur laquelle on avait placé les longrines. A Londres, on enlevait le pavé et le macadam sur une largeur égale à la zone du tramway et sur une profondeur de 23 centimètres correspondante à la hauteur du pavé. Dans l'axe des longrines, on creusait des tranchées de 23 centimètres que l'on remplissait de béton, — ciment de Portland ou chaux hydraulique mélangé de gravier de rivière, — jusqu'au niveau du sol. On plaçait de distance en distance des sabots de fonte sur ce béton ; on y logeait des longrines auxquelles les rails étaient fixés par des broches verticales ; on reliait les deux files par une entretoise en fer, et on procédait au pavage suivant le mode usité à Londres à cette époque.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La section de Vhitechapel, des *North Metropolitan Tramways* et celles de Brixton, des *London Tramways*, furent ainsi établies.

Les rails, en fer, pesaient de 22 à 24 kilogrammes le mètre. Les longrines, en sapin créosoté, avaient 10 c. × 15 c. d'équarrissage. Les broches, à tête fraisée, étaient enfoncées dans l'ornière tous les 80 centimètres environ. Aux joints des rails, il y en avait deux par rail, pour maintenir l'éclisse bien en place. Les entretoises avaient 38 millimètres de large sur 9 d'épaisseur. Leurs extrémités, en queue d'aronde, se logeaient dans les encoches ménagées dans la fonte sur la face intérieure du sabot (fig. 12, 13 et 14).

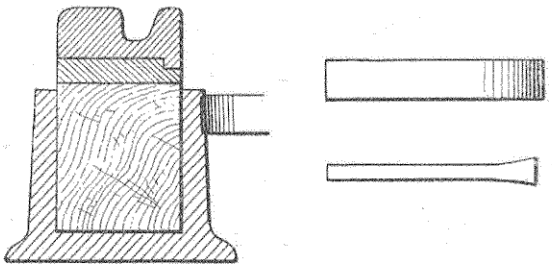


Fig. 12, 13 et 14. — Rail, coussinet et entretoise des premiers tramways de Londres.

Ces entretoises avaient plus d'un inconvénient.

En premier lieu, la moindre déviation dans l'angle des tenons ou des mortaises affectait l'écartement. Puis, quand la voie était posée, les entretoises s'élevaient souvent de la hauteur du pavé ; enfin, et ce n'était pas là le moindre défaut, quand un paveur rencontrait une entretoise qui le gênait pour un joint, il tranchait la difficulté en l'enlevant ou en l'enfonçant dans le sol et en pavant dessus. Il paraît que dans cette dernière position, l'entretoise rendait autant de services que dans la bonne.

L'entretoise n'était pas la seule partie défectueuse de cette voie.

Le rail n'avait à sa partie inférieure qu'un talon placé du côté de la voie, ce qui n'était pas suffisant pour le maintenir d'aplomb sur sa longrine. Les broches, en prenant du jeu, mâchaient le bois et finissaient par s'élever au-dessus du fond de l'ornière. Elles devenaient à la fois gênantes pour la circulation des piétons et des animaux, et préjudiciables à la conservation des longrines en laissant l'eau, qui séjourne dans l'ornière comme dans un canal, pénétrer au cœur du bois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les sections des London Tramways, construites postérieurement, on s'est servi d'un rail à deux talons, revenant ainsi à la disposition de la plupart des rails américains.

23. — *Modifications apportées par M. Larsen à l'attache des rails.* — M. Larsen, ingénieur anglais, sous la direction duquel a été posée la majeure partie des voies du réseau Sud, à Paris, employa pour la première fois, en 1871, dans la construction des London street Tramways, un rail à deux talons

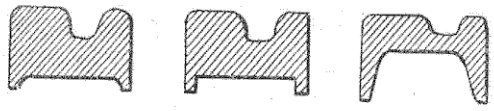


Fig. 15, 16 et 17. — Rails à deux talons.

allongés, désignés sous le nom d'oreilles (fig. 15, 16 et 17). Il s'en servit également pour la première portion du tramway de Pimlico, Peckham et Greenwich. Sans augmenter la section du rail représenté figure 15, M. Larsen avait trouvé le moyen d'accroître sa force. Son poids atteignait 30 kilogrammes par mètre. Cet ingénieur voulait allonger le plus possible les oreilles du rail, et il arriva ainsi à leur donner de 31 à 32 millimètres. Quand il proposa de dépasser ce dernier chiffre, on lui objecta que le laminage des rails ne le permettait pas. Cependant, dans les nouveaux rails des *North Metropolitan Tramways*, on est allé jusqu'à 38 millimètres. Cet allongement sensible donné aux oreilles du rail, coiffant ainsi la longrine, a permis à M. Larsen de remplacer l'attache verticale par l'attache latérale.

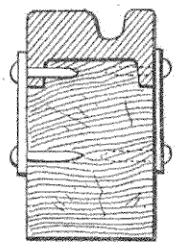


Fig. 18
Rail Larsen à attaches sur le côté.

Cette disposition est peut-être le plus grand perfectionnement qui ait été apporté dans les voies de tramways depuis dix-huit ans, et on peut s'étonner qu'un mode d'attache aussi vicieux que la broche ou la cheville ait duré aussi longtemps.

La figure 18 est ce qu'on est convenu d'appeler le rail Larsen et ses attaches sur le côté.

Depuis que ce système a été mis en pratique par M. Larsen à Londres et à Belfast, on peut dire qu'il a été appliqué d'une manière générale tant aux voies à supports en bois qu'à celles à supports métalliques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On profile la longrine suivant la face inférieure du rail, de manière que ce dernier la coiffe exactement ; puis on enfonce dans la longrine la partie supérieure de l'agrafe qui est ronde, au moyen d'un trou pratiqué dans l'oreille du rail, tandis que la partie plate est fixée contre le rail et son support par un ou deux clous. Pour tirer le meilleur parti possible de ce mode d'attache, il faut que le rail soit aussi adhérent que possible à la longrine. Pour cela on emploie, avant de fixer les agrafes, une vis de serrage très puissante. Cet outil, que l'on doit à M. Larsen, a été employé pour la première fois sur le tramway de Greenwich. Depuis, il est devenu d'un usage courant.

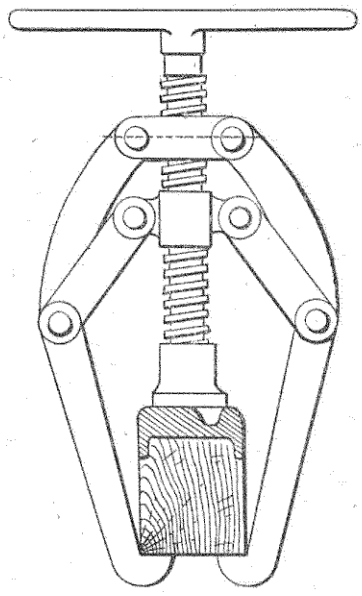


Fig. 19
Vis de serrage pour les rails Larsen.

24. — *Attache par crampons barbelés.* — Dans la construction de tramways de Dublin dont il fut chargé, M. G. Hopkins perfectionna le mode d'attache latérale, en se servant de crampons barbelés, placés tous les 91 centimètres environ et à 10 centimètres du bout de chaque rail. Au lieu des deux à trois pièces dont se compose l'agrafe Larsen, il n'y en avait plus qu'une (fig. 20).

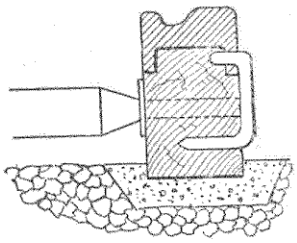


Fig. 20
Voie du *North Metropolitan Tramways*.

M. G. Hopkins donna à l'éclisse, formée d'une plaque en fer forgé, 178 millimètres de longueur, 63 de largeur et 7 d'épaisseur. Le mode de construction fut le même que celui des premiers tramways de Londres.

En 1872, ce même ingénieur, appelé à diriger la construction d'une partie des tramways de la Clyde, employa le rail de Dublin modifié. L'or-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nière à fond plat était plus large et avait 31 millimètres au lieu de 28 ; les oreilles étaient plus allongées et le métal plus épais sous la gorge que dans les rails précédents. Il fallait que le fond de l'ornière fut en état de résister au roulement des boudins des wagons de chemin de fer qui devaient passer sur la voie.

Le rail de la Clyde, très peu modifié, a été employé à la reconstruction des North Metropolitan Tramways. Il est en acier et pèse 30 kilogrammes le mètre comme le précédent. Les sabots en fonte ont été abandonnés, et aujourd'hui, l'entretoise, terminée à ses extrémités comme le montre la figure 20, traverse la longrine.

L'écrou du côté extérieur fait peu de saillie pour ne pas gêner dans la pose des pavés. Une petite tranchée de 12 centimètres a été creusée dans celle sur laquelle reposaient autrefois les longrines et on l'a remplie de béton fin. Enfin, on a placé une plaque de sapin sous les joints des longrines. La figure 20 montre la disposition adoptée par M. G. Hopkins. La nouvelle voie des North Metropolitan Tramways paraît toujours bien se comporter.

25. — *Entretoise des London Street Tramways.* — L'entretoise des North Metropolitan Tramways diffère de celle dont s'est servi M. Larsen pour les London Street Tramways, et qui a été employée plus tard à Paris, après avoir reçu quelques modifications.

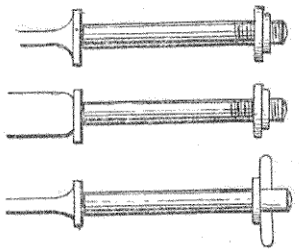


Fig. 21, 22, 23
Entretoises à boulons et à clavettes.

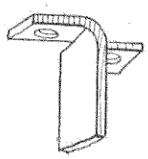


Fig. 24

L'entretoise est en fer plat, de 4 à 5 centimètres de hauteur. A l'une de ses extrémités, elle traverse la longrine et se termine comme le montre la figure 21 : le serrage s'opère au moyen d'une clavette. A l'autre bout, elle est fendue horizontalement en deux parties formant branches et retournées à angle droit, l'une à droite et l'autre à gauche ; les branches sont clouées ou boulonnées sur la longrine (fig. 24).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les tramways de Liverpool, comme dans ceux de Dublin, on a adopté pour les courbes le procédé américain, qui consiste à donner un trait de scie vertical à la longrine et à y chasser un coin jusqu'à ce qu'elle prenne la courbure voulue.

Quand le rayon était petit, on se servait de longrines de longueur assez réduite pour former la courbe le mieux possible.

Le système de voies sur longrines avec entretoise se retrouve dans beaucoup de villes d'Angleterre. Nous citerons entr'autres Édimbourg et Dundee.

26. — *Voie d'Édimbourg.* — Le rail d'Édimbourg est à deux talons : il pèse 26 kilogrammes le mètre courant. Son ornière est à fond plat et à revers inclinés : elle a 32 millimètres de largeur à la sortie. Le rail est fixé à la longrine par des boulons affleurant le fond de l'ornière. La base des longrines est au niveau de celle des pavés, elles reposent sur une couche de sable qui recouvre un lit de béton. Tous les $1^{m},80$, des entretoises en fer, recourbées en sens inverse, au contact des longrines et boulonnées sur elles, maintiennent la voie à l'écartement. Les longrines sont en sapin rouge créosoté.

27. — *Voie de Dundee.* — A Dundee, on a suivi le plan adopté en 1873 par M. G. Hopkins. Le poids des premiers rails ne dépassait pas 17 kilogrammes ; on l'a porté depuis à 30 kilogrammes. L'ornière était également à fond plat et à revers inclinés ; sa largeur à la sortie atteignait 33 millimètres. Les travaux ont été dirigés par M. William Mackinson, ingénieur, auquel on doit une voie de tramways sur longrines métalliques à large base, dont la nouveauté consiste dans le mode d'attache du rail à son support.

28. — *Voie de Wirral.* — Un autre tramway à entretoises est celui de Wirral, construit en 1873 sous la direction de M. Charles Beloe.

La voie se compose de rails en acier du profil ordinaire, pesant 26 kilogrammes. Ils sont fixés à des longrines ayant 10 c. $\times$ 15 c., par des crampons à branches inégales, dont la plus grande, celle du bas, est terminée en pointe. Les longrines sont logées dans des tranchées de 305 millimètres de large, remplies de béton, et à 75 millimètres du fond. Aux joints elles reposent dans des coussinets en fonte, traversés par une entretoise en fer qui s'appuie par un épaulement sur la face intérieure en pénétrant dans la longrine, et que l'on serre du côté extérieur au moyen d'un écrou.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Entre deux coussinets consécutifs, les longrines sont reliées par trois entretoises qui les traversent, et sont boulonnées extérieurement.

29. — *Voies de Pimlico, Peckham et Greenwich.* — Beaucoup de voies de tramways en Angleterre ont été à l'origine construites sur traverses, comme les voies américaines. Nous citerons notamment le tramway de Pimlico, Peckham et Greenwich.

Dans la section établie sous la direction de M. Kincaid, on s'est servi du rail ordinaire des London Tramways, fixé aux longrines par des chevillettes ; les longrines et les traverses en sapin créosoté avaient les mêmes dimensions. On creusait le sol à 30 ou 40 centimètres de profondeur, on plaçait les traverses, puis les longrines qu'on fixait aux traverses par des équerres en fonte, avec nervure, cloutées ou chevillées et posées seulement à l'extérieur de la voie. Aux joints des longrines on se servait d'équerres de largeur double, et on en plaçait deux par file de rails, l'une à l'intérieur et l'autre à l'extérieur pour l'éclissage. Dans les courbes les équerres étaient posées comme le montre la figure 25, afin de contre-balancer les effets de la force centrifuge. C'était, on le voit, la même disposition qu'aux États-Unis.

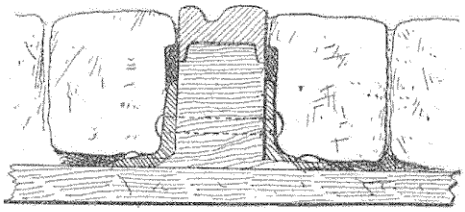


Fig. 25. — Voie des premiers tramways de Pimlico et Greenwich.

Dans une des sections des tramways de Greenwich, M. Larsen a employé son rail à oreilles et son système d'attaches latérales (fig. 25).

30. — *Inconvénients des équerres pour le pavage.* — Les ingénieurs anglais reprochent aux équerres de nécessiter l'entaille des pavés du côté où elles le touchent, afin d'assurer le contact entre la face supérieure de la pierre et le rail. Le pavé a alors une forme plus ou moins pyramidale et, posé sur sa base, il a une tendance à basculer.

Il en résulte que, de distance en distance, il y a le long du rail un pavé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déplacé qui donne à la voie un aspect irrégulier et laisse filtrer l'eau jusqu'aux fondations.

31. — *Voies de Glasgow.* — Les tramways de Glasgow sont également établis sur traverses (fig. 26).

Les premières sections posées en 1872-1873 diffèrent de celles qui ont été établies quelques années plus tard. Le rail n'avait qu'un talon très saillant,

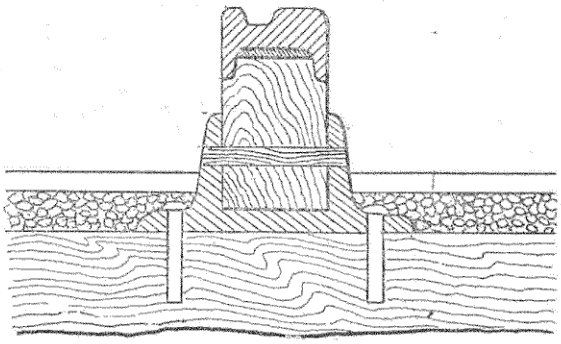


Fig. 26
Première voie des tramways de Glasgow.

placé sous l'ornière et qui pénétrait dans la longrine. Ce profil lui donnait une grande stabilité et le renforçait dans sa partie faible, qui est le dessous de l'ornière.

Il était fixé à son support par un boulon qui le traversait verticalement. Une fois le serrage opéré, on clouait sur le côté une sorte d'agrafe latérale qui devait empêcher l'écrou de tourner. Cette disposition n'a pas été conservée longtemps. Les longrines reposaient dans des coussinets en fonte, à large semelle, qui étaient fixés sur les traverses par les chevillettes. La voie était solidement posée sur béton.

Dans les dernières sections construites, on a employé un rail en fer, à oreilles prononcées, du poids de 30 kilogrammes. Il est fixé sur la longrine par des crampons barbelés, placés en quinconce et espacés, sur un même côté, de 45 centimètres. La distance entre les traverses est de $1^{m},117$; dans le voisinage des joints de rails elle est réduite à 60 centimètres. Les longrines ont 10 centimètres $\times$ 15 centimètres d'équarrissage et $7^{m},30$ de longueur. Dans les courbes, cette dernière dimension n'est plus que de $4^{m},25$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elles sont maintenues dans les coussinets par des chevilles en chêne comprimé, sciées au ras des joues.

Traverses et longrines sont en sapin rouge créosoté.

La fondation se compose d'un lit de gros béton qui affleure la face supérieure de la traverse, d'une couche de béton fin de 20 centimètres environ et de sable sur lequel on pose les pavés.

32. — *Nouvelle voie de Liverpool.* — Les tramways de Liverpool ont été reconstruits, en 1875, d'après le système de M. Deacon, qui diffère essentiellement de ceux des autres villes.

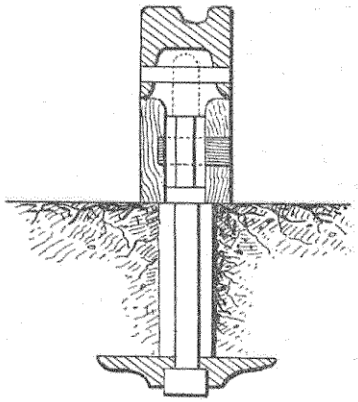


Fig. 27
Voie des tramways de Liverpool
(Système Deacon).

Sur la ligne circulaire intérieure, qui est en communication avec toutes les lignes suburbaines, on a employé un rail en acier, du poids de 30 kilogrammes, ayant son ornière au centre. Les roues des cars portent leur boudin au milieu du bandage.

Pour poser la voie on a creusé la surface entière de la chaussée jusqu'à une profondeur de 39 centimètres; on a étendu un lit de béton formé de ciment de Portland sur toute la longueur; et on a placé les longrines sur ce lit.

Le mode d'attache consiste en un boulon traversant la longrine et pénétrant jusqu'à 18 centimètres environ dans la fondation.

Il porte, à sa partie supérieure, un *œil* dans lequel on fait passer transversalement une broche en fer, et, à la partie inférieure, une *tête* qui s'appuie sur une rondelle en fonte de 15 centimètres, noyée dans le béton avec la partie en fer du boulon.

Au-dessous de la longrine, le boulon est composé de deux parties concentriques réunies par un écrou double à filets contrariés, qu'on peut tourner par une ouverture pratiquée dans la longrine, et qui permet de serrer le support entre le rail et la fondation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les longrines sont en sapin rouge créosoté ; elles ont 82 millimètres sur 150. Leur longueur est de $5^m,52$ et de $7^m,35$. Dans les courbes, elle n'est plus que de $1^m,85$; on les débite dans la bille suivant la courbure demandée. La face supérieure est profilée pour recevoir les rails ; ceux-ci ont la même longueur que les longrines. Pour assurer entre les deux un contact aussi complet que possible, on se sert de coaltar, dont on enduit le bois et l'acier.

La surface totale d'appui de chaque côté de la table de roulement est de 57 millimètres.

Pour les lignes suburbaines, M. Deacon s'est servi d'un rail du profil à ⊤, ayant sous l'ornière une âme centrale très prononcée. Il est, comme le précédent, relié au béton par des boulons verticaux traversant la longrine, et maintenu dans la gorge au moyen d'écrou en bronze phosphoreux. Le poids de ce rail est de 21 kilogrammes par mètre.

33. — *Voie de MM. Alfred et Spielman.* — Quoiqu'on ait essayé en Angleterre plusieurs profils de rails de tramways pouvant se retourner, le seul système en usage est celui de MM. Alfred et Spielman, dont plusieurs kilomètres ont été posés pour le compte des London Tramways. On pourrait le classer parmi les systèmes métalliques ; bien qu'on ait fait porter le rail,

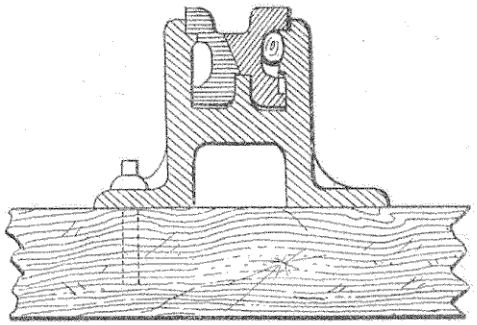


Fig. 28
Voie de MM. Alfred et Spielman.

dans la plupart des cas, sur des traverses en bois, il peut tout aussi bien s'appuyer sur des traverses en fer. Ce rail est laminé en deux moitiés, dont chacune d'elles peut être retournée. La plateforme de roulement et l'ornière peuvent être modifiées suivant les besoins de la ligne à établir. Les deux parties du rail sont posées tous les 91 centimètres sur des coussinets en fonte, auxquels

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elles sont fixées par des coins en bois, et c'est par des chevilles, également en bois, que les coussinets sont attachés aux traverses. Le poids du rail est de près de 31 kilogrammes par mètre, et celui du coussinet de 12 kilogrammes environ (fig. 28).

Le principal mérite de ce système et de ne pas nécessiter le percement des rails, et, par conséquent, de dispenser de l'usage des agrafes. Mais, en revanche, on lui reproche d'obliger à entailler et à dresser, à chaque coussinet, les pavés en contact avec le rail.

La voie de MM. Alfred et Spielman a été adoptée pour le renouvellement des London Tramways. Elle a été en outre, choisie pour les voies ferrées de Brême (16 kilomètres), de Bucharest (8 kilomètres), de Madrid (3 kilomètres), etc.

34. — *Voie Livesay.* — Le premier tramway construit avec des supports métalliques fut posé, en 1870, à Buenos-Ayres, d'après un brevet pris par M. Livesay en 1869. Deux types de voies sont en usage sur les lignes de la ville et de la banlieue. Le premier se compose d'un rail en acier pesant

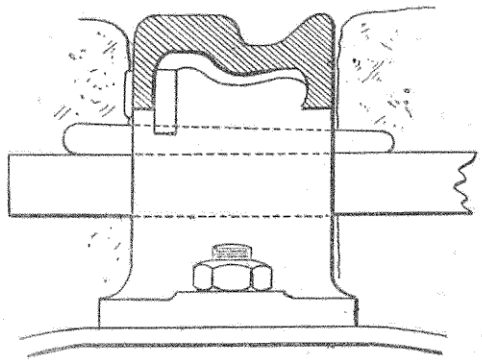


Fig. 29. — Voie des tramways de Buenos-Ayres, système Livesay.

20 kilogrammes au mètre courant, et qui offre cette particularité d'être évidé sous la table de roulement. Les côtés sont laminés pour pouvoir s'assembler en queue d'aronde avec le support, et, au moyen d'une clef en fer formant coin, le rail est solidement maintenu sur la longrine. Tout déplacement, dit l'inventeur, est impossible, et il n'y a de trous percés dans le rail qu'à ses extrémités pour laisser passer un boulon. Les coussinets sont espacés de 91 centi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètres et boulonnés sur une plaque de fondation, cintrée de $1^m,37$ de longueur sur 15 centimètres de large et 63 millimètres d'épaisseur. Aux joints, on place un coussinet sur lequel on boulonne les rails. Le poids total du métal, par kilomètre de voie, est de 73 tonnes environ.

Pour les voies suburbaines, M. Livesay se sert d'un rail Vignole, dont le patin n'est pas symétrique (fig. 30). Le plus grand côté détermine la profondeur de l'ornière, et forme un épaulement solide pour les pavés, tandis que,

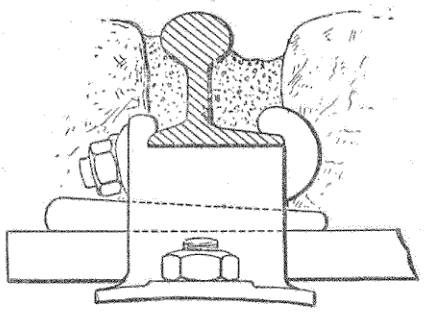


Fig. 30. — Voie de tramways, système Livesay.

du petit côté, le bourrelet du champignon s'appuie contre les pavés. Le poids total de cette voie est d'environ 71 tonnes le kilomètre.

Dans ces deux types, une entretoise en fer, que l'on serre à l'aide de clavettes, maintient la voie à l'écartement.

35. — *Voie Cockburn Muir.* — Le système de M. Cockburn Muir, appelé *Bloc-Skeeper* ou Bloc-Traverse, se compose de coussinets en fonte supportant un rail en forme de T. Ces coussinets sont des sortes de pyramides oblongues à coins arrondis, ayant dans l'axe longitudinal une fente pour y loger le rail. Celui-ci est maintenu sur son support, d'un côté par un coin en fonte de la même longueur que le bloc et placé sous la table de roulement, et de l'autre par une nervure à la base du contre-rail se logeant dans une ouverture ménagée dans la fonte. La surface des blocs est striée, pour éviter le glissement des chevaux. La distance de centre à centre des coussinets est de $1^m,07$, mais, en réalité, le porte-à-faux est réduit à $0^m,79$.

Le poids total de cette voie avec des rails en fer de 15 kilogrammes est de 71 tonnes par kilomètre. Comme celle de Livesay, elle est très employée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans l'Amérique du Sud. Il est à remarquer que ni l'une ni l'autre n'ont été appliquées en Angleterre.

36. — *Voie Dowson.* — MM. Dowson sont les auteurs d'une voie sur longrines en fonte de 91 centimètres, posées de manière à former un support continu pour les rails. Un jeu suffisant aux joints permet d'employer les mêmes longrines dans les courbes les plus raides. Les rails ont deux petits talons rentrant légèrement et embrassant bien les bords supérieurs des supports. Un coin intercalé entre ces rebords et le rail assure son assiette sur les longrines.

Les rails ne faisant pas saillie sur leur appui, on peut paver facilement et régulièrement le long du rail. Près de 18 kilomètres de voie de ce genre ont été posés par MM. Dowson, dans les rues de Madras, et ils se sont bien comportés.

37. — *Voie Kincaid.* — En 1872, M. Kincaid prit un brevet pour une voie métallique de tramway qu'il employa pour la première section des voies ferrées de Leeds, puis, bientôt après en 1873, pour celles de Sheffield. Depuis cette époque, le système de cet ingénieur est devenu tellement en faveur, qu'il a été adopté dans quatorze villes d'Angleterre sans compter celles d'Australie et des colonies anglaises.

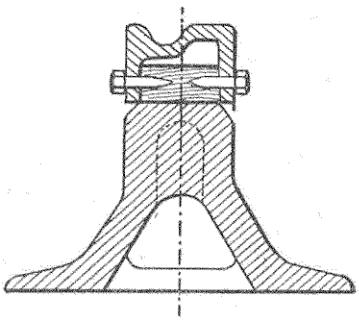


Fig. 31
Voie Kincaid à rail ordinaire.

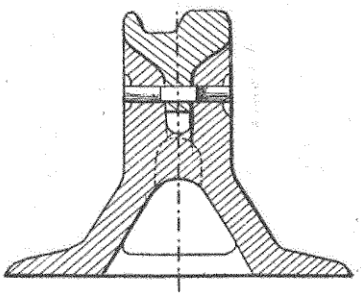


Fig. 32
Voie Kincaid à rail à âme centrale.

Ce rail a subi différentes modifications. Aujourd'hui il se présente sous deux formes ; celle à double talon et celle à âme centrale.

Le premier est laminé avec une ornière et un contre-rail strié ; mais il est cintré sous la table de roulement, ce qui économise du métal sans lui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

enlever de la force. La table de roulement est plate et légèrement inclinée vers le centre, de sorte que le contact de la roue et du rail est concentré sur le bord. Les parois de l'ornière sont inclinées ; la pente est plus sensible du côté du contre-rail que de l'autre. Dans la tête des coussinets, on chasse des tampons en bois dans lesquels on enfonce, par les trous ménagés dans les oreilles du rail, de petites chevillettes qui forment l'attache. La base des coussinets est rectangulaire ; elle a 355 millimètres sur 300. Le dessous est évidé pour permettre le bourrage du béton.

On creuse des trous à chaque place où doit être placé un coussinet et on les remplit de béton, qui forme ainsi un bloc solide autour des supports. On place une couche de béton sous les rails entre les coussinets, pour les préserver de l'action de l'eau. Un lit de gravier fin est répandu sur toute la surface de la voie qui doit être pavée.

Le rail, à âme centrale, en acier, pèse 23 kg. 500 par mètre. Sa face supérieure est semblable à celle du rail à double talon. L'attache a lieu au moyen d'une clef en fer, au lieu de chevillettes en fer et de tampons en bois. Le rail de 23 kg. 500 de la figure 32 est considéré comme assez fort pour un trafic important, quoiqu'on en ait laminé jusqu'à 25 kilogrammes, tandis que, pour les lignes suburbaines, son poids descend à 20 kilogrammes et même au-dessous.

Pour les chemins de fer sur route, où l'ornière n'est pas nécessaire, M. Kincaid recommande un rail à T du poids de 15 kg. 200. Un prolongement des tramways de Bristol a été posé avec un rail à âme centrale, et, pour lui permettre de résister au mouvement très actif du roulage, on a répandu du béton, non seulement sous les rails et les coussinets, mais sous toute la voie.

M. Kincaid a ajouté depuis lors à ses brevets une addition pour support spécial, étudié au point de vue d'un très fort trafic, et qui donne en même temps un appui uniforme et solide aux pavés voisins du rail. La base de ce coussinet est plus longue que celle du coussinet ordinaire, et son poids a été porté à 47 kilogrammes.

Avec des rails de 23 kilog. 1/4 et les coussinets intermédiaires pesant chacun 20 kilog. 4 et 27 kilog. 2, la quantité de métal nécessaire pour 1 kilomètre de voie du système Kincaid peut être évaluée à 102 tonnes environ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

38. — *Voie Barker.* — Les tramways de la corporation de Manchester ont été construits, par l'ingénieur de la ville, M. Lynde, d'après le système Barker qui a été appliqué depuis à plusieurs lignes de banlieue. Le rail, qui ressemble beaucoup à celui de M. Kincaid, emboîte complètement le coussinet. Celui-ci est évidé en-dessous. Sa base est de 30 centimètres et sa longueur de près de 90 centimètres. Le rail porte ainsi dans toute son étendue ; il est fixé par des coussinets sur des clefs en fer. Avant de l'attacher sur son support, on enduit sa face inférieure de coaltar. Dans les courbes pour éviter des modèles spéciaux, on fond des coussinets plus courts.

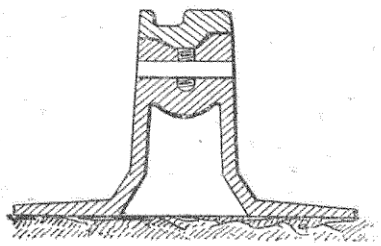


Fig. 33
Voie système Barker.

Un lit de 5 centimètres de gravier fin est répandu dans toute la partie réservée au pavage ; les pavés sont, en outre, enduits de poix et de créosote.

Le poids du métal de la voie Barker est de 114 tonnes par kilomètre.

Pour les lignes suburbaines, M. Barker emploie un rail plus léger — 17 kilogrammes — et le poids de support n'est plus que de 40 kilogrammes au lieu de 62.

Comme dans la voie Kincaid, les files de rails sont maintenues à l'écartement par des entretoises en fer plat à clavettes.

39. — *Voie Winby et Lewick.* — Pour les tramways de Nottingham, on s'est servi du système breveté de Winby et Lewick, dit à *support continu.*

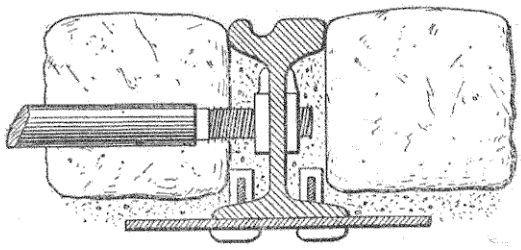


Fig. 34. — Voie de Winby et Lewick.

Le rail, en effet, repose dans toute son étendue sur une plaque de fondation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ayant 30 centimètres de largeur et 6 millimètres d'épaisseur, à laquelle il est fixé par deux boulons à clavette. La voie est maintenue à l'écartement par des entretoises rondes et boulonnées sur le rail. Les inventeurs ont choisi le profil du rail Vignole. Le contre-rail est laminé à plat, et retourné ensuite pendant qu'il est chaud pour former la gorge. L'éclissage n'offre rien de particulier. Il faut avoir grand soin, en posant la voie, d'alterner les joints. La plaque de fondation repose sur le fond de l'excavation, et les pavés qui avoisinent le rail portent dessous. L'espace entre le rail et les pavés est rempli de béton.

Le poids du rail en acier est, par mètre, de 35 kilogr. 5 et celui de la plaque en fonte de 15 kilogrammes, en sorte que le poids total de métal qui entre dans la voie Winby et Lewick est, par kilomètre, en y comprenant les entretoises, les boulons et les éclisses, d'environ 134 tonnes.

40. — *Voie Gowan.* — Une portion des tramways d'Edimbourg a été reconstruite avec le rail-poutre de M. Gowan qui ressemble beaucoup à celui de MM. Winby et Lewik.

Toutefois on ne se sert pas de plaque de fondation pour le système Gowan, dont le rail offre cette particularité d'être percé de distance en distance d'ouvertures destinées à laisser passer le béton. Le tout forme une voie solide mais coûteuse à cause du profil du rail, et qui a, de plus, le défaut grave d'obliger à bouleverser la fondation lorsqu'un rail doit être changé.

41. — *Prix de revient des voies de tramways en Angleterre.* — On peut évaluer très approximativement, aux chiffres qui suivent, le prix de revient d'un kilomètre de voie simple des principaux systèmes étudiés plus haut :

Voie ordinaire sur longrines et traverses . .	Fr.	17.900
— Alfred-Spielman		17.100
— Kincaid (Bristol)		17.610
— Winby et Levick.		24.100
— Mackinson		24.200
— Gowan		27.300
— Barker		24.700

Ces prix ne comprennent pas les dépenses pour trava ux et fourniture

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de béton, de pavage, etc., qui coûtent de 30.000 à 32.000 francs par kilomètre.

De toutes les voies passées en revue, la plus économique à établir et à entretenir est celle de MM. Alfred et Spielman. Après elle vient la voie Kincaid. La voie Gowan est la plus chère; elle ne paraît pas avoir reçu jusqu'à présent beaucoup d'applications même en Angleterre.

42. — *Résistance des rails anglais à la flexion.* — Un rail de profil ordinaire pour tramways est naturellement moins résistant à la flexion qu'un rail Vignole de même poids, et leur résistance est dans le rapport de 1 à 2. D'après les expériences faites par M. Wilkinson Jones, un rail en acier du profil ordinaire, de 27 kilogrammes, posé sur des appuis espacés de 91 centimètres, supporte pendant cinq minutes un poids de 6 tonnes au centre sans en éprouver de flexion permanente. On obtient le même résultat avec le rail en acier à double oreille de Kincaid, qui ne pèse que 18 kil.,5 environ, soit 8 kil.,5 de moins par mètre. Ceci semble prouver que l'évidement sous la table de roulement fortifie le rail Kincaid au lieu de l'affaiblir. Les deux rails essayés, sous une pression de 7 tonnes ont fléchi de $1^{mm},016$. Mais dans la pratique actuelle ni l'un ni l'autre ne sont exposés à un essai aussi rigoureux, car le rail de 27 kilogrammes est soutenu par des longrines en bois, et la distance entre les appuis dans le système Kincaid n'est que de 82 centimètres. Avec le rail à âme centrale on obtient un accroissement de force. Celui qui a été posé à Bristol, du poids de 22 kil.,7 et d'une épaisseur au centre de 82 millimètres, a pu supporter un poids de 13 tonnes, avec des appuis de 91 centimètres, sans montrer de flexion permanente. Le rail Barker, de 20 kilogrammes, essayé aux aciéries de Barrow, a fléchi de $0^{mm},762$ environ sous une charge de 3 tonnes 1/2, quoique reposant tous les 91 centimètres sur des appuis. Ce résultat est dû à ce que, dans le rail Barker, la plus grande partie du métal est dans la tête. Le rail à âme centrale, tel qu'il a été projeté par M. Kincaid pour les lignes suburbaines, avec la face inférieure unie et une hauteur de 80 millimètres, est calculé pour pouvoir porter au moins 5 tonnes entre des appuis de 91 centimètres, sans subir aucune flexion. Enfin, le double rail de MM. Alfred et Spielman, essayé par M. Kirkcaldy sur des appuis de $1^{m},06$, a fléchi de 1 millimètre sous un poids de 4.530 ki-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

logrammes. Avec des appuis tous les 91 centimètres et sous une charge de 7.254 kilogrammes, le résultat serait le même. On peut dire du rail de MM. Alfred et Spielman qu'il est capable de supporter un poids de 7 tonnes sans flexion permanente.

43. — *Fondations et pavage.* — Les ingénieurs anglais attachent, avec raison, une grande importance aux fondations et au pavage d'un tramway. Dans la pose des voies, faite avec soin, lorsqu'on se sert de ciment de Portland ou de béton mélangé de bitume, on l'étend sur toute la largeur de la rue comme on l'a fait à Liverpool ou, tout au moins, sur toute la zone du tramway, soit sur 40 à 50 centimètres en dehors des rails. L'épaisseur de la couche n'est pas inférieure à 15 centimètres; souvent même on lui en donne 17. Après avoir garni le fond de la chaussée, il faut avoir bien soin de ne procéder à la pose des longrines et au pavage, qu'après avoir laissé au mélange le temps de sécher. Il faut deux ou trois semaines pour cela. La couche de sable et de gravier ne doit pas avoir plus d'épaisseur qu'il n'en faut pour servir de lit aux pavés. Cette couche n'est pas destinée à drainer l'eau, attendu qu'elle ne doit pas pénétrer par les joints, mais à maintenir les pavés au niveau de la chaussée, et à leur donner une assiette solide en les faisant reposer sur une surface bien unie.

On a essayé en Angleterre toutes sortes de pavage pour les tramways : en bois, en asphalte, en fonte même comme aux États-Unis, etc. Aucun n'a donné de meilleurs résultats que celui en granit. A Manchester, une des villes les mieux pavées de l'Angleterre, les tramways ont le même pavage que les chaussées des rues. Il se compose de pavés ayant 75 millimètres sur 150, posés sur un lit de gravier fin et jointoyés avec un mélange de brai et de créosote, qu'on fait bouillir pendant une heure ou deux dans une chaudière spéciale avant de l'employer. D'après l'ingénieur de la Ville, les rails et les pavés ont été placés parfaitement de niveau à l'origine, et ils n'ont jamais coûté un *penny* d'entretien. Après trois ans de service, ils étaient en aussi bon état que le premier jour. Et c'est là, ajoute M. Lynde, une chose essentielle, car l'entretien du pavage constitue une des plus lourdes charges des tramways. De l'avis de plusieurs ingénieurs très compétents, les tramways de Manchester sont les mieux établis non seulement de l'Angleterre mais, vraisemblablement, du monde entier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A Nottingham, MM. Winby et Lewick ne se sont pas servis de béton pour leur voie, mais de ciment de Portland mélangé avec du sable, dans la proportion de 1 pour 5 ; ils en ont mis entre le rail et les pavés adjacents, l'adhérence du mélange a été si complète qu'après deux ans d'exploitation, ayant eu à enlever un rail, on a eu beaucoup de peine à le débarrasser du ciment.

44. — *Progrès dans la construction des tramways.* — Presque tous les rails de tramways se font aujourd'hui en acier, et leur poids a été sensiblement augmenté depuis quelques années. Comme on tient à avoir un pavage bien en contact avec le rail, on évite le plus possible la saillie des attaches sur les côtés. L'ornière a été heureusement modifiée ; elle est généralement à fond plat et à parois inclinées, surtout du côté du contre-rail. Enfin, on s'attache à avoir des voies impérissables. Il ne s'agit pas de se préoccuper de ce que coûtera un tramway à construire, mais de ce qu'il coûtera à entretenir. Au point de vue de la traction mécanique qui, d'un moment à l'autre, peut se substituer aux chevaux, un tramway doit être d'une solidité à toute épreuve, et la question du prix de revient est tout à fait secondaire, attendu que la voie n'entre dans la dépense totale que pour un cinquième environ.

45. — *Tramways de Liége.* — A Liége, le rail profilé pour servir aux cars et aux wagons de chemin de fer, pèse 20 kilogrammes par mètre. Il ne présente à la base de saillie d'aucune sorte, et dans sa tendance à glisser sur

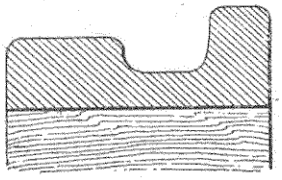


Fig. 35. — Rail plat pour courbes.

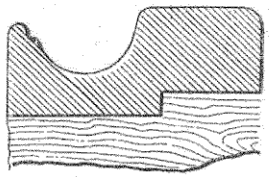


Fig. 36. — Rail des tramways de Bruxelles.

sa longrine par suite d'un choc latéral, il n'est retenu que par son mode d'attache qui est un tire-fond ordinaire à tête fraisée. Sur des chaussées fréquentées par de lourds véhicules, cela n'est pas suffisant : aussi, la voie de tramways de Liége coûterait-elle fort cher d'entretien, si elle était entretenue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme elle doit l'être. A Bruxelles, à Gand, à Liége, la largeur de la voie entre les bords inférieurs des rails est de $1^m,435$ comme sur les chemins de fer à traction de locomotives. Elle n'est que de $1^m,37$ à Anvers.

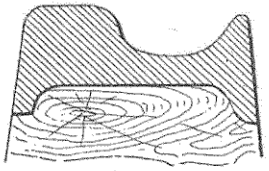


Fig. 37. — Premier rail de la Compagnie Brésilienne de Bruxelles.

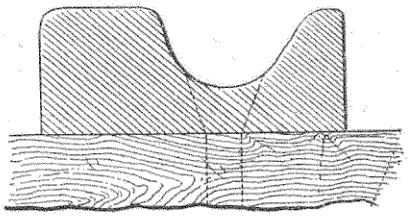


Fig. 38. — Rail des tramways de Liége. (Poids 28 kil. le mètre).

46. — *Devis d'une voie en ∪ sur longrines et traverses en bois.* — Nous donnons ci-dessous le devis pour 6 mètres de voie d'un tramway avec rail en ∪ tel qu'on l'établit en Belgique. Ce système, que nous repoussons d'une manière absolue pour les grandes villes, peut être employé sans inconvénient le long des routes où le rail saillant est inadmissible, et lorsque la voie est à l'abri du roulage.

Le rail est en fer et pèse 12 kilogrammes au mètre courant. Il est porté sur des longrines et des traverses en sapin de Riga créosoté, qui ont, les unes et les autres, 150 millimètres sur 75. Leur longueur est de 3 mètres. Le mode d'attache du rail sur la longrine, est le tire-fond ordinaire, et celui de la longrine sur la traverse, une plaque d'attache fixée sur les bois par des crampons. Les plaques d'about ont 100 mill. × 10 mill. × 35 mill. et pèsent 560 grammes.

Fer.

2 rails de 6 mètres à 12 kilog. le mètre courant.	$144^k,000$	
2 plaques d'about	0 ,560	
	$144^k,560$ à 28 fr.	40,48
8 plaques d'attache pour les longrines à 0 fr. 70.		5,60
32 crampons pour attache des plaques à 0 fr. 05		1,60
14 tire-fond pour attache des plaques à 0 fr. 15		2,10
Total pour le fer.		49,78

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bois.

18 mètres de longrines et traverses à 100 francs le mètre cube ; soit $0^{m3},202$ à 100 francs.	20,60

Main-d'œuvre.

Forage des trous dans les rails et fraisage 14 à 0 fr. 10. . . .	1,40
Rabotage et ajustage des bois pour longrines $2^m \times 6^m = 12$ mètres à 0 fr. 15.	1,80
Fouille : $1^m,50 \times 0,25 \times 6^m. = 2^{ms},25$ à 1 franc.	2,25
Pose de la voie, relevage et bourrage compris 6 mèt. à 2 fr. 50. .	15,00
Repavage, fournitures de sable neuf : $2^m,50 \times 6^m = 15^{m2}$ à 0,60.	9,00
Imprévu, faux frais, bénéfices 10 %	10,25
Total pour 6 mètres.	112,73

Soit par mètre courant 18 fr.,79 et par kilomètre 18,790 francs.

Pour les courbes au-dessus de 50 mètres, on emploie le rail à gorge et le rail plat. L'excédent de poids du premier sur le second est de 8 kilogrammes par mètre, soit une dépense de 2 fr.,24, ce qui élève le prix de revient du mètre de voie à 21 fr.,03 et celui du kilomètre à 21.030 francs.

47. — *Devis d'une voie métallique.* — Pour compléter les devis relatifs aux voies de tramways en Belgique, avec rails en U, nous donnons ci-après le prix de revient d'une voie métallique avec rails de 16 kil.,66 au mètre courant.

Rails.

2 barres de 6 mètres à 100 kilog. . .	200 kilog.		
Éclises boulonnées : 2 paires à 6 kilog.	12 —		
Cloches pour coussinets de joints : 2 à 4 kilogrammes.	8 —		
Cloches pour coussinets intermédiaires : 10 à 3 kilogrammes	30 —		
Tirants ou entretoises, 6 à 3 kilog. . .	18 —		
	268 kilog.	à 0 fr. 25.	67 fr,00
Ballast pour bourrage des cloches et dessous des rails, y compris le transport à pied d'œuvre : 1 mètre cube à 5 francs. . .			5 , »
		A reporter . . .	72 fr,00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Report.	72fr,00
Dépavage et transport au dépôt des pavés en trop : 1m,50 × 6m = 9m × 0 fr. 60.	5 ,40
Terrassement pour l'ouverture du coffre de la voie, y compris le transport au lieu du dépôt ou de décharge des terres en trop : 1m,50 × 6m × 0,25 = 2m3,25 à 1 franc.	2 ,25
Pose de la voie, y compris le transport des matériaux de pose aux lieux d'emploi, le dressage des rails et le courbage : 6 mètres à 2 fr. 50.	15 , »
Repavage et dressage du profil de la route, y compris, trois repiquages et la fourniture du sable nécessaire au pavage : 9 mètres à 0 fr. 60.	5 ,40
Location du matériel, faux frais, bénéfices : 10 %	10 , »
Total. . . .	110fr,05

soit par mètre courant : 18 fr.,34, et par kilomètre 18.340 francs.

Pour les courbes au-dessous de 50 mètres, on se sert d'un rail Vignole avec contre-rail, et d'un rail plat reposant sur des cloches comme ci-dessus. Le poids pour 6 mètres de voie est de 387 kilogrammes qui, à 0,25 le kilogramme, coûtent 96 fr.,75, soit par mètre courant, 16 fr.,12.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV

LES VOIES ACTUELLES DE TRAMWAYS

48. — *Première voie de tramways de la Compagnie des Omnibus de Paris.*

Le rail américain, qui fut employé sur l'avenue de la Reine à Passy, était loin d'être aussi robuste que celui des tramways de Vienne, car il ne pesait que 18 kilogrammes environ. Les broches, qui le fixaient à la longrine, n'offraient aucune garantie de solidité, et la stabilité était médiocre. C'est pourquoi on ne tarda pas à remplacer ce rail par un autre de même profil, mais du poids de 19 kilogrammes au mètre courant, et qui a duré dix ans. Aux attaches latérales, on a substitué un boulon à clavette, traversant l'ornière et la longrine, puis, cette clavette ne conservant pas le serrage, elle a été remplacée à son tour par un boulon, mode d'attache qui est demeuré longtemps en vigueur.

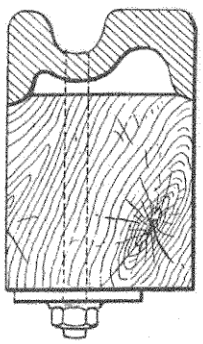


Fig. 39. — Rail de 28 kil. de la Compagnie des Omnibus de Paris.

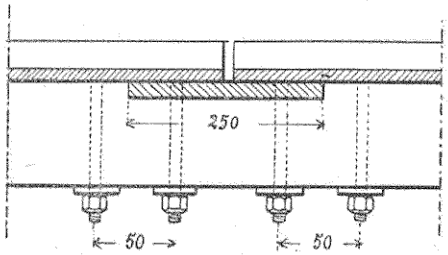


Fig. 40. — Eclissage des rails des voies des premiers tramways de Paris.

Au rail de 19 kilogrammes, a succédé ensuite un rail de 23 kilogrammes, dont le profil se rapproche de celui de 16 kilogrammes dit *rail Tardieu*, qui a été mis en usage pendant plusieurs années sur la ligne du Pont de Sèvres à Versailles. Ce rail offrait plus de résistance à la flexion transversale et plus de stabilité que le rail Loubat. Grâce à la courbure donnée au-des-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous de l'ornière, il se maintenait beaucoup mieux sur la longrine. Dans le rail de 23 kilogrammes le dessous de la table de roulement est plat tandis qu'il est courbé dans le rail Tardieu, duquel se rapprochent aussi les systèmes de rails Livesay et Kincaid décrits dans le précédent chapitre, et dont l'apparition est postérieure à celle du rail français. On retrouve encore cette courbure particulière dans les profils des rails en acier du Sud et du Nord.

Le rail de 23 kilogrammes, profilé pour durer vingt ans, s'est vu détrôner à Paris par les voies nouvelles de Broca et de Marsillon, dont nous parlerons tout à l'heure.

49. — *Devis de la voie Loubat.* — Le rail Loubat était porté sur des longrines reposant à leur tour sur des traverses, dans lesquelles elles se trouvaient encastrées au moyen d'entailles en queue d'hironde, et maintenues solidement par un coin en bois dur. Des plaques en fer de $0^{m},15$ de longueur, $0^{m},042$ de largeur sur $0^{m},01$ d'épaisseur étaient placées sous les joints des rails et servaient d'éclisses. Les bois avaient, en général, 2 mètres de longueur, $0^{m},15$ de hauteur, et $0^{m},10$ de largeur.

Pour poser la voie, on creusait dans la chaussée de petites tranchées de $0^{m},40$ de profondeur pour y loger les longrines et les traverses ; ces dernières espacées de 2 mètres. Une fois mises en place, on ajustait et clouait les rails sur les longrines, on fixait les longrines dans les entailles des traverses; puis, la voie était dressée avec soin et l'empierrement rétabli avec ou sans bordures de pavés, suivant le cas. Avant de livrer la voie à l'exploitation, on faisait passer dessus le rouleau compresseur.

Voici le prix de revient de la voie Loubat, à l'époque où elle a été posée sur le tramway de Rueil à Port-Marly (1854) :

12 mètres de rails en fer, pesant $18^{kg},030$, à 35 fr. les 100 kilos. .	$76^{fr},72$
2 éclisses pesant $0^{kg},211$, à 38 francs les 100 kilos.	0 ,16
38 broches en fer, pesant $2^{kg},276$, à 60 francs les 100 kilos . .	1 ,39
18 mètres de longrines de $0^{m},10$ sur $0^{m},15$, cubant $0^{m3},27$, à 80 fr. le mètre cube	21 ,60
6 coins de bois, à $0^{fr},10$ la pièce	0 ,60
Immersion des bois à deux couches de glu marine, sur 9 mètres superficiels	4 ,95
Fourniture de $1^{m3},05$ de pierres concassées, à $6^{fr},75$ le mètre cube.	7 ,09
A reporter	112 ,51

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Report	112fr,51
Ajustement des bois et rails, démolition de la chaussée, terrassement, fourniture de sable, pose et empierrement de la voie. .	37 ,40
Total pour 6 mètres de voie.	149 ,91
Plus un dixième pour bénéfice	14 ,89
Total. . .	164fr,80

Soit par mètre : 27 fr. 29 et par kilomètre : 27.290 francs.

Sur chaussées pavées, le prix de la voie Loubat atteint 29 fr. 83 par mètre courant et 29.830 francs par kilomètre.

50. — *Voie des Omnibus, à rail de 23 kilogrammes.* — Ce système a été appliqué en 1873 pour les lignes ferrées de la place de la Concorde à Sèvres et Saint-Cloud. Le rail, d'un poids de 23 kilogrammes au mètre, avait 10 centimètres de largeur à sa base, et 96 millimètres au niveau du sol, répartis comme suit :

Rail	50 millimètres
Ornière	32 —
Contre-rail	14 —

La hauteur totale du rail était de 55 millimètres. L'écartement entre les rails, d'abord de 1m,54, fut réduit à 1m,44, largeur normale des voies de chemins de fer françaises.

Les longrines mesuraient 0m,10 sur 0m,15 ; elles étaient profilées à la machine pour recevoir le dessous des rails. De même que celles de tous les tramways de Paris, elles étaient en chêne. A l'endroit du joint, se trouve une petite

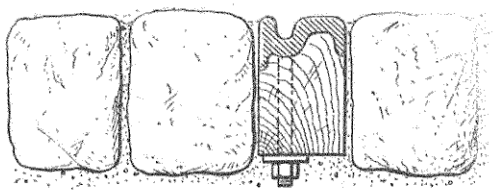


Fig. 41. — Voie actuelle de la Compagnie des Omnibus (Profil du rail).

plaque de fer traversée par deux boulons qui la relient au rail. Les trous donnant passage aux tiges de ces boulons sont elliptiques, afin de laisser un certain jeu aux attaches et pouvoir suivre les divers mouvements de dilatation et de contraction dus aux variations de la température.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les rails mesurent 6 mètres et les longrines 2 mètres de longueur. Au milieu de chaque longrine, c'est-à-dire à 1 mètre de chaque extrémité, un boulon relie le rail à son support, mais l'espacement des rails est réduit en réalité à $0^{m},90$, un des boulons de l'éclisse étant à $0^{m},10$ du bout de la longrine. On compte donc, pour un rail de 6 mètres, 12 boulons, 2 longrines et 2 demi-longrines, car les joints de longrines et de rails ne doivent jamais se correspondre de chaque côté des files.

Le mode d'attache du boulon à écrou, traversant l'ornière, est incontestablement meilleur que celui par tire-fond, mais lorsque l'écrou se desserre, il présente autant d'inconvénient que ce dernier car il laisse filtrer l'eau, et nécessite l'enlèvement du pavage pour pouvoir être resserré. Or, cette voie n'est maintenue à l'écartement que par le pavage, la Compagnie ayant trouvé onéreux d'employer des traverses ou des entretoises pour relier les files de rails. Les voitures, n'ayant de roues à boudin que d'un côté, le maintien de l'écartement absolu des rails paraît moins nécessaire qu'avec le système américain.

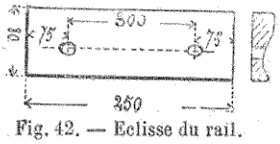


Fig. 42. — Eclisse du rail.

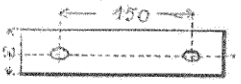


Fig. 44. — Eclisse de longrines.

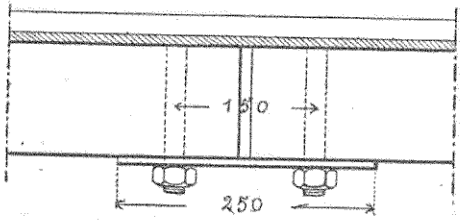


Fig. 43. — Eclissage des longrines.

La pose de cette voie s'exécute de la façon suivante :

Les rails sont apportés fixés sur leurs longrines; ceux qui sont en courbe sont cintrés aux ateliers. On les place à l'écartement en ayant soin que, de chaque côté, les joints de longrines ou de rails, ne se fassent pas vis-à-vis. pour les raisons que nous avons exposées plus haut. On relie les longrines entre elles au moyen de leurs éclisses et on bourre le dessous pour les amener au niveau nécessaire. Quand l'écartement et le niveau sont réglés, on maintient les deux files de rails à l'aide d'un gabarit spécial ; on place dans le fond de la tranchée une couche de sable destinée aux joints des pavés ; on pave d'abord à l'extérieur des rails, et, quand on n'a plus à craindre de dérangement dans l'écartement de la voie, on enlève les gabarits, on pave entre les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rails et on dame la chaussée en commençant par les boutisses. Sur les chaussées des boulevards extérieurs, la Compagnie des Omnibus s'est servie de petits cubes de grès mesurant 10 centimètres sur 16 : il y a avantage à ne pas prendre des pavés à longue queue dans ce cas, parce que la tranchée à pratiquer dans la chaussée est moins profonde.

51. — *Voie de Constantinople.* — A Constantinople, où l'on a adopté la voie des Omnibus, on s'est servi d'une entretoise en fer rond pour relier les longrines ; elle pèse 6 kilogrammes. L'espacement de ces entretoises varie suivant que le sol de la chaussée est plus ou moins solide et que la rue est pavée

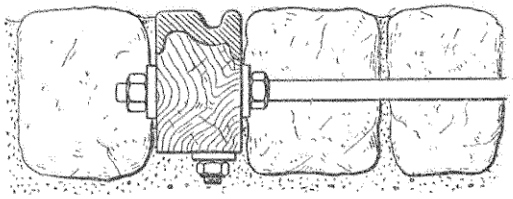


Fig. 45. — Voie des tramways de Constantinople.

ou empierrée. Dans le premier cas, on les place tous les 6 mètres en alignement droit et tous les 3 mètres en courbe. Dans le second, on en pose tous les 2 mètres.

52. — *Voie de la porte Maillot au pont de Courbevoie.* — La voie de la Porte-Maillot au pont de Courbevoie est sur longrines et traverses en chêne. Le rail, du profil de celui des London Street Tramways, pèse 26 kilogrammes le mètre courant. Il est fixé sur la longrine par des agrafes Larsen à tenon dans le haut et que l'on cloue dans le bas. Ces agrafes ont $0^m,10$ de hauteur et $0^m,007$ d'épaisseur. Les longrines ont $0^m,10$ sur $0^m,15$. Elles sont fixées sur des traverses, de $0^m,18$ sur $0^m,08$, par des équerres en fonte ayant $0^m,10$ de hauteur, $0^m,085$ de longueur, et $0^m,075$ de largeur ; l'espacement des traverses est de $1^m,50$.

Les agrafes sont placées en quinconce. Elles sont espacées d'un même côté de $1^m,20$, ce qui fait, en réalité, à droite et à gauche du rail, une agrafe tous les 60 centimètres. La voie de la Porte-Maillot au pont de Courbevoie, a été refaite presque en entier après dix-huit mois d'exploitation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

53. — *Voie de l'Étoile et du pont de Courbevoie à Suresnes.* — Le type de rail adopté pour les lignes de l'Étoile et de Suresnes par la Compagnie des Tramways-Nord, sur la proposition de son ingénieur en chef. M. Saint-Yves, est représenté figure 46. Il se rapproche du modèle belge employé à Bruxelles et à Anvers. La largeur du rail, proprement dit, est de $0^{m},045$; celle de l'ornière à l'évasement, de $0^{m},032$, et celle du contre-rail de $0^{m},013$. En comprenant les 2 millimètres de dévers donné à la paroi latérale du dessous de l'ornière, on a une largeur totale de 90 millimètres à la base. Son poids est de 22 kilogrammes.

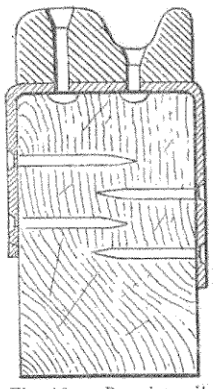


Fig. 46. — Premier rail des lignes de Courbevoie à Suresnes.

Le mode d'attache du rail à la longrine ne rentre dans aucune des catégories déjà décrites. On a percé le rail et l'ornière sans toucher à la longrine. Les deux tire-fond placés dans des plans différents et qui, dans certaines voies belges, traversent le rail et la cuvette, sont remplacés ici par deux tiges soudées à un étrier qui embrasse la longrine. On entaille transversalement le support longitudinal pour loger l'étrier. Afin de racheter la différence de niveau qui existe entre le dessous du rail proprement dit et le dessous de l'ornière, on place au-dessus de l'étrier, et sous le rail, une petite plaque en fer qui se loge sous la longrine. Cette plaque est traversée par la tige qui vient affleurer la surface de roulement. L'étrier est cloué extérieurement sur la longueur, et, pour que les clous ne se rencontrent pas dans le bois, on lui donne des branches inégales, ayant, l'une 88 millimètres, et l'autre 100 millimètres. L'épaisseur des branches est de 5 millimètres.

Avant de poser le rail sur la longrine, on porte au rouge, à l'aide d'une petite forge à main, les deux tiges de l'étrier. On les entre dans les trous pratiqués dans le rail et dans l'ornière, en ayant soin d'intercaler la plaque en fer, et on rabat au marteau les têtes des tiges, de manière à ne laisser aucune saillie. Ce mode d'attache, un peu compliqué, n'est pas facile à remplacer sur place; quand il faut le changer, on est obligé d'enlever le rail, ses brides et ses longrines. Ce défaut est l'une des causes de l'abandon de ce système de voie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le système d'éclissage de M. Saint-Yves, les pièces présentent une forme particulière. La partie supérieure est profilée de manière à s'emboîter exactement sous le rail; sa partie inférieure est plate. Ces pièces, qui ont 20 centimètres de longueur, ne portent que sur la moitié de la longrine, soit 0,05 sur chaque extrémité. Au milieu, il y a un vide de 10 centimètres, entre le dessous de l'éclisse et la longrine, qui est entaillée; ce vide correspond à une ouverture ménagée dans toute l'épaisseur de l'éclisse, et c'est dans cette fente que passe le boulon fixant l'extrémité de chaque rail sur l'éclisse. La tête est fraisée sur le rail, et l'écrou est introduit et serré en dessous, à travers l'évidement ménagé entre l'éclisse et la longrine. La fente longitudinale, de même que dans l'éclisse du rail de la Compagnie des Omnibus, a pour but de permettre au boudin de suivre le rail dans ses divers mouvements de dilatation et de contraction.

Si un boulon vient à manquer, il peut être facilement remplacé. Après le boulonnage, le milieu de l'éclisse est calé sur la longrine au moyen d'un coin en bois. Les longrines mesurent $0^m,18$ sur $0^m,09$, et les traverses $0^m,17$ sur $0^m,12$. Les traverses sont espacées les unes des autres d'environ 1 mètre.

54. — *Voie des tramways-Nord.* — Le rail employé pèse 18 kilogrammes le mètre, sa largeur est de 90 millimètres et son épaisseur de 40 millimètres. L'ornière ne présente, à l'évasement, que 28 millimètres au lieu de 32 comme dans le système précédent. L'attache sur la longrine est composée d'une boulon à écrou, avec ergot traversant le rail et la longrine, et d'une agrafe latérale à tenon et à clou, maintenant le contre-rail. L'ornière n'est percée qu'au bout des rails, à 5 centimètres environ des joints, pour recevoir un boulon qui sert, avec celui du rail, à éclisser les extrémités. On compte, par rail de 6 mètres, 4 boulons sur le rail et 3 agrafes sur le contre-rail, ce qui fait que les attaches sont espacées de moins d'un mètre l'une de l'autre.

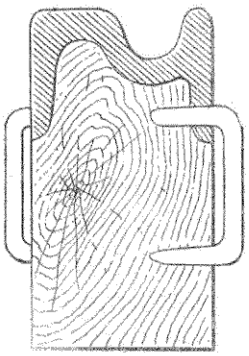


Fig. 47. — Rail du réseau des « Tramways-Nord »

La voie est maintenue à l'écartement par des entretoises en fer plat de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

70 millimètres de hauteur sur 5 millimètres d'épaisseur. A l'une des extrémités, elles sont fendues en deux parties pour former deux branches ayant chacune 10 centimètres de longueur. Une plaque de $0^m,20$ de long et de $0^m,07$ de haut, placée à l'extérieur de la voie, est reliée à ces deux branches par des boulons traversant la longrine. Ce mode d'attache sert en même temps d'éclisses aux joints des longrines. A l'autre extrémité, l'entretoise s'arrondit pour pénétrer dans la longrine correspondante ; elle présente sous cette forme la largeur nécessaire pour placer de chaque côté du bois deux clavettes destinées à opérer le serrage. Deux rondelles de $0^m,08$ de diamètre et $0^m,005$ d'épaisseur, sont intercalées entre les clavettes et la longrine. Les entretoises sont espacées de $1^m,50$, l'éclisse étant tantôt posée à gauche, tantôt posée à droite de la voie.

55. — *Voie des Tramways-Sud.* — Pour ce réseau, de même que pour les lignes des Tramways-Nord postérieures à celles de Levallois et de Bineau on a donné la préférence au rail des Omnibus, mais en substituant au fer l'acier Bessemer, et en changeant un peu le profil de la table de roulement. Ainsi modifié, il ne pèse plus que 20 kilogrammes le mètre courant.

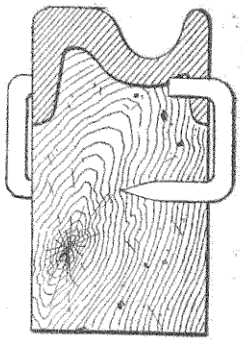


Fig. 48. — Rail du réseau des « Tramways-Sud ».

Sur les premières lignes construites du réseau Sud, l'attache du rail consistait en crampons latéraux dont les branches pénétraient dans le bois en haut et en bas, mais on en est revenu par la suite à l'attache à tenon de M. Larsen, pour les voies du Sud et du Nord. Comme dans tous les systèmes similaires, les agrafes sont entrecroisées ; il y en a quatre aux joints des rails deux à chaque bout. L'éclisse a la même forme que dans l'attache de la Compagnie des Omnibus.

On a apporté, vers 1880, une modification à la partie de l'entretoise servant d'éclisse, en soudant ou en rivant sur la partie transversale une sorte de plaque d'attache en tôle recevant les longrines et fixée par des clous, cependant cette modification n'a pas donné les résultats espérés. L'éclissage des deux supports n'étant pas bien assuré, et n'empêchant pas les rails de se sou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lever au passage des voitures, on s'est alors servi d'une éclisse ayant une épaisseur uniforme de 8 millimètres et épousant exactement la forme du dessous du rail, avec retour sous le bas des oreilles. Quatre boulons traversant le rail, l'éclisse et le haut de la longrine, le maintien de l'éclissage est ainsi assuré d'une manière permanente.

56. — *Voie Broca.* — Cet excellent système, qui a reçu de très nombreuses applications à Paris et dans un grand nombre d'autres villes, se compose d'un rail Vignole en fer, portant son ornière, et posé directement sur le sol. Sa largeur est de 88 millimètres qui se décomposent ainsi :

Table de roulement.	45	millimètres
Ornière	29	—
Contre-rail.	14	—
Total. . .	88	millimètres

La largeur de 29 millimètres donnée à l'ornière est conforme à l'article 5 du décret du 6 août 1881. Dans les rails de courbe, on l'a portée à 34 millimètres, le maximum autorisé étant de 35 millimètres. La hauteur du rail est de 160 millimètres, et la largeur du patin de 110, c'est-à-dire que le rail présente à sa base un empattement supérieur à celui des longrines en bois des voies de tramways précédemment décrites.

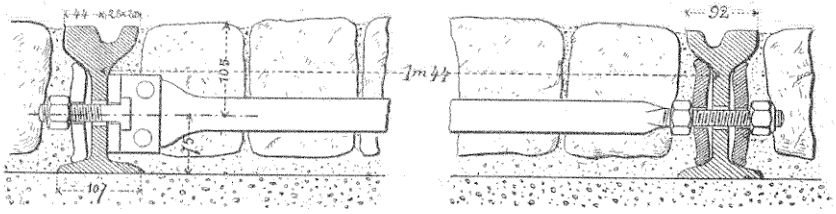


Fig. 49. — Voie Broca.

L'écartement des rails est maintenu par des entretoises ovales se logeant facilement entre les pavés et pourvues, à chaque extrémité, d'écrous permettant un serrage convenable. Cette voie convient tout particulièrement pour la traction mécanique; elle résiste mieux que tous les autres systèmes aux efforts de la poussée latérale due au roulage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quant au reproche qu'on lui adresse de coûter cher à établir, nous ne pouvons que répéter ce que nous avons dit précédemment à ce sujet : Dans la construction d'un tramway, il faut se préoccuper avant tout d'avoir une voie solide et ne demandant pas, ou peu, d'entretien.

C'est à ce *desideratum* que nous semble répondre le système de M. Broca.

A Paris, — en laissant de côté les dépenses d'entretien courant qui sont communes à toutes les voies de tramways, — la moyenne du coût d'entretien de la voie, proprement dite, des réfections de joints et du repavage qu'elles entraînent sur les voies entièrement établies, représente un prix d'environ 1 fr. 30 par mètre et par an. Avec les rails Broca, ce prix n'atteint pas 0 fr. 25, c'est-à-dire qu'il est inférieur au cinquième du coût ordinaire. On réalise, de fait, une économie de plus de 1.000 francs par an et par kilomètre, ce qui correspond à l'intérêt d'un capital de plus de 20.000 francs par chaque kilomètre du réseau ! Or, personne n'ignore que l'entretien de la voie, les réparations incessantes de toute espèce et les réfections de pavage qu'elles comportent, absorbent la majeure partie des recettes des Compagnies, et rendent leur exploitation infructueuse.

Ajoutons, enfin que la voie Broca, partage avec les voies métalliques ce sérieux avantage : qu'après usure des rails, la vente des vieux matériaux fournit, en déduction des matériaux neufs, un poids important de métal facilement réalisable, tandis que dans la voie américaine les longrines et les traverses hors de service n'ont aucune valeur.

En résumé, la voie Broca est simple d'assemblage, d'une grande solidité d'une pose facile, d'un entretien peu coûteux.

Voici pour une longueur de 6 mètres de rails, le poids des pièces qui entrent dans la composition de la voie :

Deux rails de 6 mètres de long, à 42^{kg},5 environ, le mèt. courant.	510^{kg},000
Deux paires d'éclisses, à 13^{kg},750 l'une.	27 ,500
Deux paires de cales de serrage, à 2^{kg},750 l'une.	5 ,500
Deux entretoises complètes, à 5^{kg},300 l'une.	10 ,000
Huit boulons d'éclisses, à 0^{kg},430 l'un.	3 ,440
Soit, pour 6 mètres de voie	556^{kg},440

Ce qui correspond à 92 kilog. 840 par mètre courant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a entre la voie Broca et celle de MM. Winby et Levick, une ressemblance qui ne saurait être attribuée au hasard. *La patente provisoire de six mois prise par M. Broca en Angleterre, a expiré le 20 novembre 1877, et le brevet de MM. Winby et Lewick ne date que du 1er décembre de la même année.*

57. — *Voie Demerbe.* — Ce système a été essayé à Paris sur le réseau des Tramways-Nord longtemps avant le système Broca, mais il est loin d'avoir donné les mêmes résultats. La voie se compose de deux files de rails longrines, en forme d'U renversé, posés directement sur le ballast et maintenus à l'écartement par des entretoises placées de champ. Le rail est en acier, d'un poids de 30 kilogrammes le mètre ; les barres sont laminées à la

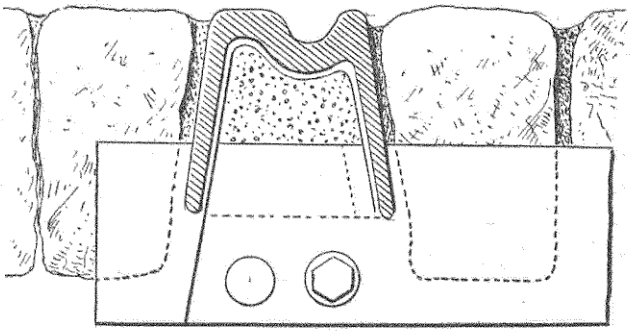


Fig. 50. — Voie Demerbe.

plus grande longueur possible pour diminuer le nombre des joints. En fixant cette longueur à 9 mètres, le poids est de (30×9) 270 kilogrammes par barre, ce qui donne un rail trop lourd pour les équipes ordinaires de tramways. L'entretoise se compose d'un fer plat avec encoches aux deux bouts pour laisser passer les rails longrines et les maintenir à l'écartement. Elle ne supporte pas les rails comme les autres traverses, puisqu'ils reposent directement sur le ballast. Deux plaques boulonnées fixent solidement l'entretoise contre les rails, et on espace les entretoises de deux en deux ou de trois en trois mètres. Ce système de voie, défectueux sous plusieurs rapports, a cependant reçu plusieurs applications.

58. — *Voie de Versailles.* — Ce dispositif, employé pour la première fois en 1874, pour l'établissement des premiers tramways de la ville de Ver-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sailles, est complètement différent de ceux que nous venons de décrire. Il a été imaginé par M. Francq, le propagateur en France de la traction des tramways par locomotives sans foyer.

Le rail appartient au type des rails à rebords latéraux qui font saillie sur la longrine, et qu'on retrouve dans les tramways de Munich, Cassel, etc. Il est évidé sous la table de roulement, et plat sous l'ornière et le contre-rail. Il est fixé sur son support par un étrier en fer plat, recourbé en demi-cercle sous la longrine, et dont les extrémités, en forme de T, viennent se loger dans des encoches ménagées dans les rebords. Le maintien en place de l'étrier a lieu à l'aide d'un boulon à écrou, qui traverse les deux branches et la longrine. Le serrage s'opère au moyen d'un coin en bois qu'on chasse entre la partie circulaire de l'étrier et le support. La voie étant sur traverses, la liaison des longrines à celles-ci s'effectue, comme dans quelques voies belges, par deux plaques en tôle découpées que l'on cloue sur la longrine et sur la traverse.

Pour les voies postérieures à 1875, on a modifié le système primitif. Le profil du rail est resté à peu près le même, mais l'étrier a été remplacé par des agrafes en forme de T. La tête porte sur les rebords, et le bas est terminé par une sorte de crampon qu'on chasse dans la longrine. Une cheville en fer traversant l'agrafe et le bois, maintient en place la tête logée dans son encoche.

Les longrines sont en sapin ; elles ont $0^m,18$ de hauteur sur $0^m,08$ de largeur. Elles reposent, de distance en distance, sur des blocs en chêne ayant $0^m,15$ de largeur sur $0^m,04$ de hauteur, auxquels elles sont fixées par de petites cornières en fer. Comme dans le système des Omnibus, la voie n'est pas entretoisée.

59. — *Voie Marsillon.* — D'après M. Charles Brown, inventeur d'une machine de tramways assez répandue, la voie Marsillon est celle où le coefficient de résistance à la traction est le moins élevé ; à Genève, où elle est établie, M. Charles Brown ne l'a jamais trouvé supérieure à 10 kilogrammes par tonne.

La voie Marsillon est aujourd'hui employée pour les tramways de Paris, Lille, Roubaix, Tourcoing, Genève, Nantes et Lyon. C'est une application

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ingénieuse du système de rail et contre-rail Vignole employé sur les grands chemins de fer pour les passages à niveau. Son inventeur était alors administrateur délégué des tramways du département du Nord.

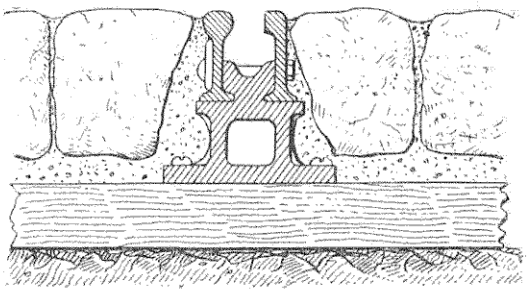


Fig. 51. — Première voie de Lille.

Le rail de la voie Marsillon a 100 millimètres de hauteur et 46 millimètres d'épaisseur au champignon. Le contre-rail a la même hauteur, mais avec 25 millimètres seulement d'épaisseur à la tête. L'épaisseur de l'âme est de 10 millimètres, et la largeur du patin de 35 dans le rail et le contre-rail. Il n'y a de différence entre les deux que dans le champignon, qui est placé dans

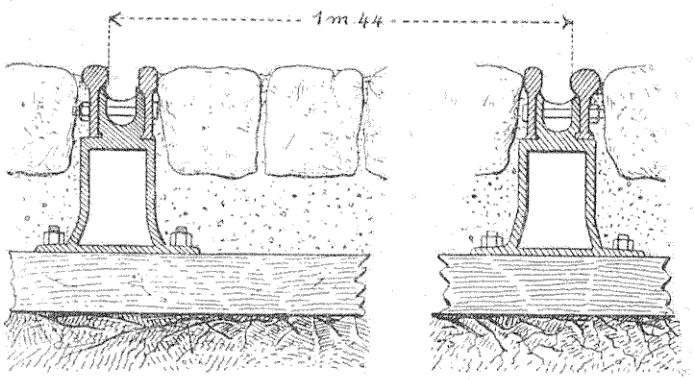


Fig. 52. — Voie Marsillon, à Genève.

l'axe chez le premier et latéralement dans l'autre, de sorte que l'une des faces de ce dernier est complètement plate. C'est cette face qui augmente et rétrécit l'espace formant l'ornière, suivant qu'on la place en face du rail ou du côté opposé. Dans le premier cas, l'ornière a $0^{m},045$ de largeur ; c'est celle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la voie des marchandises. Dans le second, elle n'a plus que 30 millimètres c'est le chiffre adopté pour la voie des voyageurs.

A l'origine, on voulait faire servir cette voie, d'abord construite à Lille, au passage des wagons du chemin de fer du Nord. Mais la largeur de $0^m,045$ était une gêne pour la circulation publique ; on a ramené l'ornière à $0^m,030$ en retournant à l'intérieur le champignon du contre-rail.

Le rail et le contre-rail sont boulonnés sur un coussinet en fonte, et le coussinet est fixé lui-même, tous les $1^m,50$ à des traverses en chêne, au moyen de tire-fond.

Dans la voie exclusivement réservée au service des voyageurs, le rail et le contre-rail seraient imparfaitement reliés, si, dans cet intervalle, on n'intercalait pas une fourrure en fonte qui épouse leurs contours intérieurs, et concourt à la formation de la poutre armée par l'intermédiaire du boulon qui la traverse. Le mode d'éclissage est identique à celui qu'emploient les chemins de fer à traction de locomotives.

Ainsi qu'on peut le voir dans le dessin (fig. 51 et 52), l'ornière de la voie Massillon est à fond ouvert, permettant l'écoulement de l'eau dans le sous-sol, ainsi que l'évacuation des poussières et graviers qui se logent ordinairement dans la gorge du rail américain, et dont la présence augmente sensiblement le tirage. Cette ornière peut rester plusieurs jours sans se combler, et le nettoyage est ainsi moins dispendieux que celui de la voie à rail creux.

Les avantages de la voie Marsillon peuvent se résumer ainsi :

Grande douceur de roulement, le coefficient de traction y étant moins élevé que sur les voies à ornière.

Remplacement facile et prompt de tout rail ou contre-rail avarié ;

Grande facilité de flexion des barres permettant de donner aux courbes un contour géométrique ;

Enfin, nettoyage économique de l'ornière et entretien peu coûteux du système.

On a quelquefois reproché à la voie Marsillon d'exiger une très grande précision dans la pose des parties courbes. Le rail et le contre-rail doivent, en effet, être cintrés, et percés à l'atelier, si l'on veut que les trous des entretoises se correspondent bien dans les uns et dans les autres. Plus le rayon est court, plus, naturellement, le nombre des trous du rail est grand par rapport

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au contre-rail. Néanmoins, nous croyons que cette difficulté peut être évitée par une équipe de poseurs bien dressés, et on a pu voir, à Lille, à l'époque où la voie Marsillon était à son début, la pose des parties courbes à rayons de 16 mètres se faire régulièrement et sans grands tâtonnements.

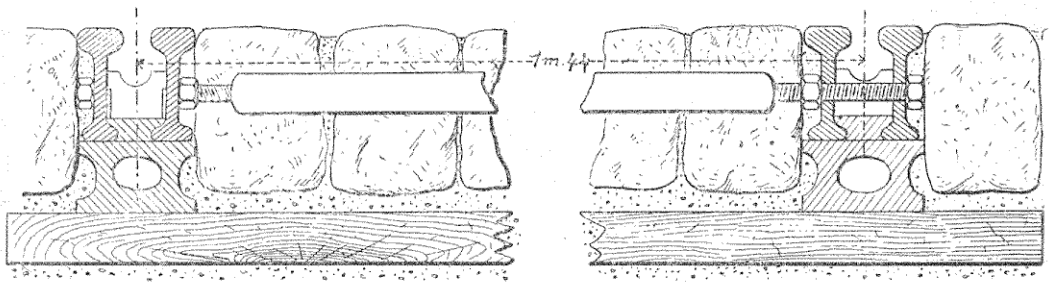


Fig. 53. — Voie Marsillon sur longrines.

La voie Marsillon est adoptée depuis quelques années par la Compagnie des Omnibus de Paris. On a donné au rail et au contre-rail une hauteur de $0^m,11$; l'écartement entre ces deux pièces est maintenu par un coussinet en fonte et par des fourrures. Le coussinet est fixé sur une traverse en chêne de $0^m,10$ de haut, $0^m,15$ de large et 2 mètres de long ; la hauteur totale du coussinet

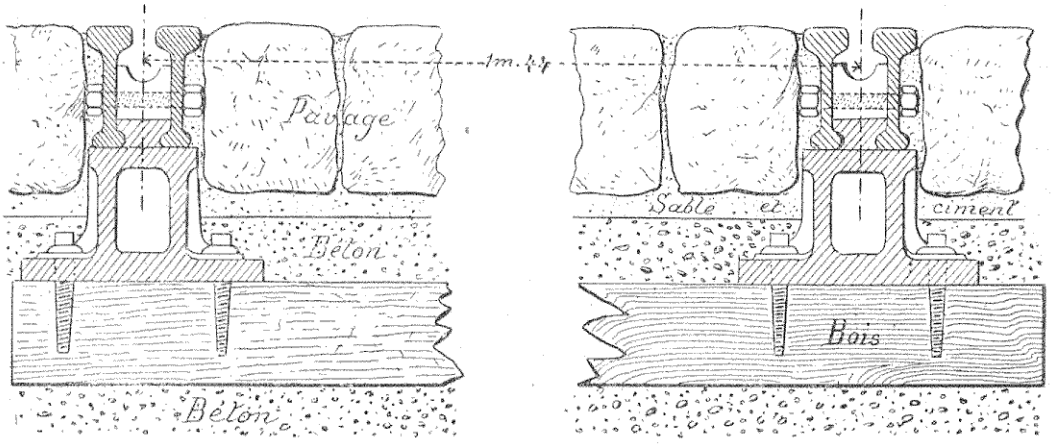


Fig. 54. — Voie Marsillon modèle en usage à Paris.

et du rail est de $0^m,25$. Dans certains cas, par exemple lorsque les voies sont à fondation de béton, le rail est posé dans un coussinet réduit à $0^m,10$ de haut, et les deux files de rails sont reliées par des entretoises.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le pavage en bois, par ses dimensions spéciales, a entraîné la création d'un coussinet de $0^{m},13$ de hauteur, reposant, comme les pavés en bois, directement sur une fondation de béton bien dressée. Le poids par mètre courant de la voie en acier système Marsillon, avec rails de 8 mètres, est de 135 kilogrammes environ.

Ce rail a constitué, il faut le reconnaître, un réel progrès sur la voie américaine des différents systèmes que nous avons étudiés au commencement de ce chapitre, aussi un grand nombre de compagnies l'ont adopté. Cependant on peut lui reprocher quelques inconvénients : il est coûteux et difficile à poser ; il manque, en outre, de la rigidité nécessaire par suite de l'absence de tout point d'appui en dehors des coussinets. Aussi a-t-il été quelque peu modifié depuis son apparition, et diverses améliorations ont-elles été apportées à ce système de voie qui demeure encore la plus appréciée, malgré les quelques défauts que nous lui reconnaissons.

60. — *Premières voies du Havre, Nancy, Tours, Orléans et Marseille.* — Le Havre a été la première ville de France qui ait possédé des lignes de tramways à traction de chevaux, et les voies ont été établies par M. de la Hault qui en avait obtenu la concession. Destinés à être retrocédés à une compagnie, ils ont été établis avec cette stricte économie que les entrepreneurs belges savent apporter dans leurs travaux.

Rails en fer de 16 kilog. 500, longrines et traverses en sapin non injecté, attaches à tire-fond, petites équerres en fer pour relier les longrines aux traverses, selles en fonte pour éclisses, telle était la composition de la voie du Havre au début de l'exploitation. Aussi n'a-t-elle pas tardé à être, presque partout, hors de service, et on a été obligé de remplacer les anciens rails par des rails en acier de 21 kilogrammes, que l'on a fixés par des crampons sur des longrines.

Les tramways de Tours et d'Orléans ont été mieux établis. Le rail en fer du poids de 20 kilogrammes, rappelle celui des Omnibus. Il est fixé sur des longrines en chêne par des crampons latéraux. Les longrines sont rattachées aux traverses par des équerres en fer à branches inégales.

Les tramways de Nancy ont été construits par M. de la Hault, après ceux du Havre. Le concessionnaire-entrepreneur a choisi le rail belge à ressauts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

attaché à la longrine par des tire-fond placés sur le rail et des boulons à tête fraisée logés au fond de l'ornière. Les plaques de joints sont fixées sur les longrines au moyen de ces boulons. De légères ornières relient les longrines aux traverses et servent de plaques de joint pour les premières, ainsi que cela se pratique dans tous les systèmes de ce genre. Le rail ne pèse que 16 kilogrammes ; les supports sont en sapin goudronné. On retrouve dans les tramways de Nancy le système à bon marché des tramways du Havre.

Le rail de Marseille diffère des précédents. Il porte, sur les côtés, comme celui de Versailles, un rebord avec échancrure pour y loger la tête de l'agrafe T, que l'on fixe à la longrine par deux clous. Le dessous du rail se compose de deux plans inclinés en forme de V, qui nécessitent un creux correspondant dans le support. On a espéré, par cette disposition, assurer la stabilité du rail sur la longrine.

La voie est portée sur des traverses distantes de deux mètres. Les supports longitudinaux et transversaux, sont, comme dans le système précédent, reliés par des équerres.

61. — *Voies de Rouen, Nice et Bordeaux.* — Les premiers tramways de Rouen ont été construits par M. Harding, entrepreneur anglais. C'est, à peu de chose près, la voie des Tramways-Sud de Paris, que nous avons décrite ; seulement les entretoises se trouvent remplacées par des traverses. Comme ces tramways étaient destinés à être exploités avec des locomotives Merryweather, on profita de l'expérience acquise à Paris et l'on prescrivit ces légères entretoises.

Mais cette voie n'a eu cependant qu'une durée éphémère, et aujourd'hui les tramways à traction électrique fonctionnant à Rouen roulent sur voies Marsillon, particulièrement convenables pour la traction mécanique.

A Nice, les premiers rails employés furent des rails en acier Bessemer du poids de 15 kilogrammes, évidés sous la table de roulement, et fixés à des longrines en mélèze par des boulons à ergot, comme dans les Tramways-Nord de Paris. Les plaques de joint de rails n'avaient, comme attaches, que deux boulons de ce genre distants de $0^m,15$ des extrémités. La voie était maintenue à l'écartement par des entretoises en fer. Ce système de voie était économique, mais sans aucune solidité ; aussi a-t-on été également obligé de le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remplacer au bout de quelques années par un autre présentant plus de garantie de durée.

A Bordeaux, les premiers tramways, construits par une Compagnie anglaise qui en avait obtenu la concession, avaient des voies composées de rails en acier, de 23 kilogrammes le mètre, reposant sur des longrines en pitchpin, avec attaches par crampons latéraux et entretoises espacées de 2 mètres en 2 mètres. Ce dispositif a dû être également presque entièrement changé.

62. — *Voies étrangères.* — Les premiers tramways de Vienne employaient les rails Loubat, en acier, de 17 kilogrammes le mètre, reliés par des broches disposées en quinconce, à 50 centimètres l'une de l'autre. Les joints des rails se trouvaient entre deux traverses, à mi-distance de l'une et de l'autre. Les longrines avaient 24 mètres de long sur $0^m,24$ de haut à $0^m,08$ d'épaisseur, et les traverses 2 mètres de long sur $0^m,18$ de large et $0^m,12$ d'épaisseur. Les unes et les autres sont en chêne et reliées ensemble par un encastrement de $0^m,04$ de profondeur. L'espacement des traverses est

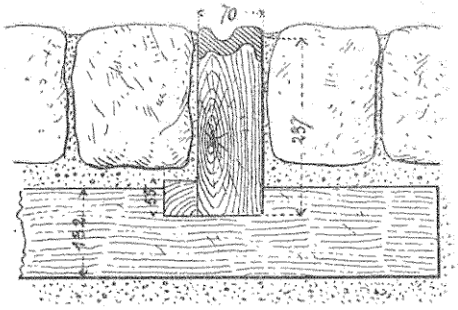


Fig. 55. — Voie des tramways de Vienne, système Loubat

de 2 mètres en palier et $1^m,30$ dans les courbes. Ce système, qui a été copié pour les tramways de Leipzig, n'est plus en usage aujourd'hui.

Parmi les nombreuses villes de l'étranger qui ont fait choix du rail Vignole pour les voies de leurs tramways, nous devons citer Baden-Vien, où le rail, pesant 38 kilogrammes le mètre, est posé directement sur le sol sans longrines ni traverses, et dont l'ornière est formée par le pavage; Munich, dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le rail, pesant 10 kilogrammes, est posé sur des longrines en sapin injecté, reliées à des traverses en chêne par des cornières en fer ; Stuttgard, où le rail, légèrement incliné comme dans les chemins de fer, est entretoisé et

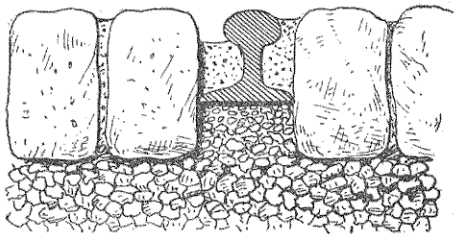


Fig. 56. — Voie de Baden-Wien.

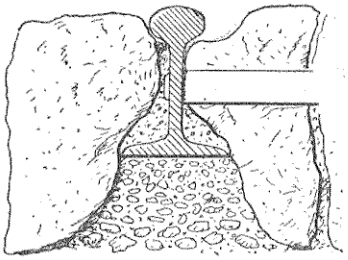


Fig. 57. — Voie de Stuttgard.

éclissé de la même façon : il est posé directement sur un lit de béton et prend son ornière dans l'entaille des pavés ; enfin le rail des tramways de Moscou construits par le colonel Sytenko, lequel est également posé sur traverses avec

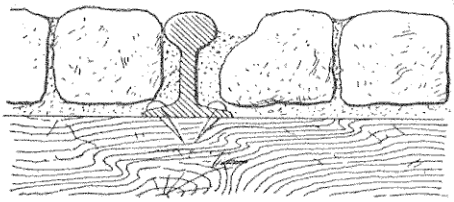


Fig. 58. — Voie à rail vignole sur traverses.

entaille dans le pavé. Mais nous ne nous appesantirons pas sur tous ces systèmes, inadmissibles dans de grandes villes, et qui ne présentent plus d'ailleurs qu'un intérêt purement rétrospectif, l'expérience n'ayant pas tardé à montrer les mille inconvénients de ces dispositions.

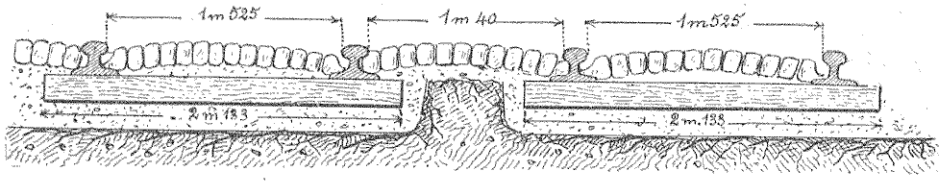


Fig. 59. — Voies des premiers tramways de Moscou.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

63. — *Observations générales sur les voies de tramways.* — *Éclissage des rails.* — La raison principale qui a amené la disparition rapide des voies à ornière du système américain, consiste surtout dans leur mode défectueux d'éclissage qui leur retire toute solidité. La plaque en fer ou en fonte ordinairement employée ne peut pas être maintenue en place solidement par quatre crampons ou deux boulons, suivant les méthodes longtemps usitées. Sur les portions de voies exposées au passage fréquent de véhicules de toute espèce pesamment chargés, les attaches finissent par prendre du jeu, les extrémités des rails se déplacent et, quand un car passe dessus, il se produit un choc. Sur une voie mal éclissée et avec des rails de 6 mètres, ce choc se répète tous les 3 mètres, les joints étant alternés. De là ces soubresauts qu'éprouve la voiture à chaque joint et qui fatiguent le matériel et les voyageurs.

La fonte, que l'on prend par raison d'économie, ne convient pas pour les plaques d'éclisses, parce qu'elle se casse trop facilement. Quand on en fait cependant usage, le mieux est de placer dessous, une plaque de tôle sur laquelle se reporte le travail du fer. En ce qui concerne les attaches, on ne saurait trop insister pour recommander de les faire solides et résistantes.

La largeur de l'ornière autorisée est aujourd'hui de 29 millimètres, mais, avec l'usure, l'ornière s'élargit et, au moment où la voie doit être remaniée, il arrive quelquefois que les roues des petites voitures, qui n'ont que 40 millimètres de largeur aux bandages, s'engagent dans la dépression du rail.

En courbe, on est autorisé à porter la largeur de l'ornière à $0^{m},035$.

64. — *Attache des rails.* — Les boulons à écrou, traversant verticalement la longrine, doivent être absolument rejetés, l'usage de ces boulons étant sujet à de nombreux inconvénients, dont le moindre n'est pas l'obligation où l'on se trouve de déplacer le pavage pour remplacer ou resserrer un de ces écrous. Lorsque le boulon prend du jeu, l'eau pénètre dans le bois et le pourrit ; il faut déchausser la longrine et la retourner. C'est pourquoi tout système de voie où l'on est obligé de percer le rail verticalement, et surtout de l'ornière, est vicieux et doit être proscrit.

65. — *Inconvénients des traverses pour le pavage.* — Pour maintenir le parallélisme des rails les traverses sont-elles préférables aux entretoises ?

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les ingénieurs de tramways répondent affirmativement quand il s'agit d'employer les machines pour la remorque des cars ; mais, au point de vue du pavage, les entretoises sont préférables.

En effet, il faut aux pavés un matelas de sable de $0^m,15$ d'épaisseur que l'on peut, à la rigueur, réduire à $0^m,07$.

Avec des pavés cubiques de $0^m,16$, la hauteur de la longrine, au-dessus de la traverse, devra être :

de $0^m,07 + 0^m,16 = 0^m,23$.

Avec des pavés de $0^m,23$, elle serait :

de $0^m,07 + 0^m,23 = 0^m,30$;

c'est-à-dire que le bras de levier tendant au renversement des longrines varie de $0^m,28$ à $0^m,30$; ce qui est considérable. Si l'on veut réduire notablement la couche de sable sur les traverses et la ramener à 2 ou 3 centimètres seulement, il arrive que les pavés placés sur la traverse tassent moins que leurs voisins, et qu'après quelques mois d'usage, les chevaux suivant toujours la même piste, la chaussée offre entre les rails une succession de parties vallonnées difficiles à parcourir.

L'emploi des entretoises n'offre pas le même inconvénient, et, pour la traction animale, elles ont une solidité suffisante pour maintenir à l'écartement normal les deux files de rails.

66. — *Le parallélisme des voies de tramways est nécessaire.* — Le parallélisme des voies de tramways est nécessaire et, pour le conserver, il faut que la voie soit entretoisée. Telle n'est pas, nous l'avons dit, l'opinion de la Compagnie des Omnibus dont les premières voies n'avaient ni traverses ni entretoises. Les voitures n'ayant de boudins aux roues que d'un côté subissaient un mouvement de lacet très prononcé quand on accélèrait la vitesse ordinaire. A ce moment-là, elles devenaient très fatigantes pour les voyageurs. Le mouvement des cars du Nord et du Sud est plus régulier et plus doux.

Sans doute, il y a une économie *apparente* à ne pas employer de traverses ou d'entretoises ; mais la solidité de la voie s'en ressent. Les longrines des deux files n'étant pas reliées tendent à se renverser sous les poussées latérales du roulage. Dans une ville comme Paris, il ne faut pas compter sur le pavage pour soutenir les longrines, car, malgré les réparations fréquentes auxquelles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il donne lieu, il y a toujours des vides entre les pavés et les rails. Comme les voies de la Compagnie des Omnibus sont souvent parcourues en partie par le matériel des autres réseaux Nord et Sud, le manque de parallélisme lui est d'autant plus nuisible que les cars portent un boudin à chaque roue. Le jour où la traction mécanique sera entièrement substituée à la traction par chevaux, il faudra achever le remplacement des quelques lignes faites sur le modèle américain, par la voie Marsillon ou Broca, seules solides et convenables pour un service aussi dur que celui de Paris, et qui ont donné toute satisfaction depuis qu'elles ont remplacé les anciennes voies si défectueuses, comme nous venons de le dire. La chose est d'ailleurs faite en grande partie à l'heure où nous écrivons, et il en reste plus que très peu de lignes construites d'après les anciens principes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V

LE PAVAGE DES CHAUSSÉES ET LES PRIX DE RÉFECTION

67. — *Nature et profils des chaussées.* — Les chaussées existant actuellement à Paris se divisent en quatre classes :

Les chaussées pavées en pierre ;

Les chaussées empierrées ;

Les chaussées asphaltées.

Les chaussées pavées en bois.

Le profil longitudinal d'une chaussée varie nécessairement avec les circonstances locales et aussi avec les limites des déclivités permises pour la circulation des voitures.

Le profil transversal doit être établi de telle sorte que les eaux puissent s'écouler facilement et les voitures circuler avec commodité sur toute la largeur de la chaussée. Ces conditions sont à peu près réalisées par l'adoption d'un profil parabolique présentant cette particularité que la défense d de chaque caniveau formé par la bordure du trottoir, défense égale à la différence de hauteur entre le fond du caniveau et le point du profil transversal qui en est distant d'un mètre, reste constante quelle que soit la largeur de la chaussée. La flèche f, c'est-à-dire la hauteur de l'axe au-dessus des caniveaux, est alors donnée, pour une chaussée de largeur l entre les bordures, par la formule suivante due à M. Allard, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui fut directeur de la voie publique et des promenades de Paris :

$$f = \mathrm{K}\,\frac{l^2}{l-1}\,.$$

Pour les chaussées pavées en pierre, le coefficient K peut varier de 0,015 à 0,018. Le chiffre de 0,015, qui correspond à une défense de caniveau de 0,06,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doit être adopté pour les chaussées pavées sur fondation de béton ; pour les chaussées pavées sur forme de sable, il convient de ne pas dépasser sensiblement 0,015 quand les pavés sont durs avec une tendance à devenir glissants et de se rapprocher de 0,018 quand l'état du sol peut faire craindre des affaissements.

On prend pour valeur de K :

0,018 pour les chaussées empierrées (alors $d = 0{,}012$) ;

0,012 — — asphaltées (alors $d = 0{,}048$) ;

0,015 — — pavées en bois (alors $d = 0{,}060$).

Si l'on adopte, dans chaque cas, la flèche donnée par la formule $f = \mathrm{K}\dfrac{l^2}{l-1}$, ce qui suffit pour déterminer le profil parabolique, la défense d des caniveaux est égale à 4 K, comme on peut s'en assurer en posant d'après une des propriétés de la parabole, $\dfrac{f}{f-d} = \dfrac{\left(\frac{\mathrm{L}}{2}\right)^2}{\frac{\mathrm{L}}{2}-1}$.

Il est bien entendu que la flèche déterminée par la formule ci-dessus doit être considérée comme une moyenne : il conviendra donc de la réduire au droit des bouches d'eau (points hauts des caniveaux) et de l'augmenter au droit des bouches d'égout (points bas).

En ce qui concerne les chaussées empierrées, il faut, lors des recharge ments, dépasser la flèche de 0,05 à 0,06.

68. — *Chaussées pavées en pierre.* — Le pavage en pierre est le revêtement sinon le plus agréable pour la circulation, du moins le plus résistant et le plus économique ; il repose sur une fondation soit en sable, c'est le type le plus général, soit en béton : c'est le type adopté quand le sous-sol est mauvais, déformé par les tranchées, quand la circulation est exceptionnelle ou, le plus souvent, quand il y a une ligne de tramway. Il faut se garder d'exagérer la nécessité de cette fondation en béton qui augmente assez fortement le prix par mètre carré et il convient de la limiter à ces circonstances. D'ailleurs, l'expérience a démontré :

1° Qu'avec les pavés tendres ou du moins demi-durs (notamment les grès de l'Yvette), il est indispensable de conserver une couche de sable de 0,08 à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

0,10 entre la fondation et le dessous des pavés, de façon à amortir les chocs et à diminuer l'usure de ces pavés ;

2° Qu'avec les pavés très durs seulement (et notamment ceux de porphyre), on pouvait sans danger réduire la couche de sable aux 0,02 ou 0,03 indispensables, en tous cas, pour parer aux inégalités de queue des pavés.

L'épaisseur de cette fondation est, d'ordinaire, de 0,15 ; quant au revêtement, c'est-à-dire aux pavés, les échantillons ont bien varié depuis le vieux type de $\overline{0,23}^{3}$ employé durant deux siècles jusqu'aux petits pavés en porphyre de $\overline{0,06}^{2}$ ou $\overline{0,04}^{2}$ expérimentés il y a 25 à 35 ans.

Actuellement, sauf cas spéciaux, on tend à ramener tous les pavages neufs à des échantillons ayant à peu près une longueur égale à une fois et demie la largeur et une hauteur de 0,16 ; ces échantillons qui se comportent très bien sous la circulation, sont le $\frac{0,10 \times 0,16}{0,16}$, le $\frac{0,12 \times 0,18}{0,16}$ et le $\frac{0,14 \times 0,20}{0,16}$.

69. — *Nature des pavés en pierre.* — La ville de Paris, avec ses nombreuses chaussées pavées en pierre et sa circulation intense, consomme naturellement une immense quantité de pavés ; ne fut-ce qu'à raison de l'inégale importance des voies, elle ne saurait se borner à employer partout, comme jadis, une même nature de pavés. Cinq espèces de pavés sont donc employées concurremment : les grès tendres ou, pour mieux dire, demi-durs de l'Yvette et assimilés, les grès durs provenant spécialement des départements de l'Ouest, les arkoses, (Ardennes ou Saône-et-Loire), les porphyres de Belgique qui, après avoir couvert autrefois des surfaces considérables, ne sont plus utilisés que sur une faible zone de 0,60 à 1,00 de longueur dans les caniveaux, et, enfin depuis peu d'années les granits des Vosges.

Ces quatre dernières natures de pavés sont exclusivement fournies par des entrepreneurs ; il en est de même pour la plus grande partie des pavés de l'Yvette qui forment encore le principal approvisionnement des chaussées, mais, depuis de longues années, soit pour empêcher, par cette concurrence, les coalitions entre entrepreneurs, soit pour fixer elle-même, en connaissance de cause le prix de revient, la ville de Paris exploite en régie une carrière de pavés de grès de l'Yvette qui vient s'ajouter aux commandes faites aux entrepreneurs. Cette carrière était jadis à Marcoussis : elle se trouva épuisée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en 1877 et fut remplacée en 1878 par une autre située au lieu dit des Maréchaux, commune de Senlisse (Seine-et-Oise).

70. — *Main-d'œuvre d'entretien du pavage en pierre.* — Les mains-d'œuvre sur les voies publiques sont faites, pour une très faible partie, par des ateliers de cantonniers paveurs et, pour la presque totalité par des entrepreneurs-adjudicataires. Elles comprennent :

1° Les simples repiquages destinés à faire disparaître les défectuosités de peu d'étendue telles que trous isolés, pavés branlants, bosses ou flâches, etc.

2° Les réfections et raccordements de pavage nécessités par les fréquentes ouvertures de tranchées sur les voies pour les eaux, le gaz, les égouts, les branchements particuliers, les lignes télégraphiques, téléphoniques, etc., ou pour l'établissement et les réparations des voies de tramway.

3° Les remaniements étendus comportant la réfection de la chaussée d'une voie ou d'une portion de voie avec remploi d'une partie des pavés anciens et remplacement du reste par des vieux pavés de choix ou par des pavés neufs ou retaillés ;

4° Enfin les relevés à bout comportant le démontage complet d'une chaussée avec transport des vieux pavés dans les dépôts et la reconstitution intégrale du revêtement en pavés neufs ou en pavés retaillés.

71. — *Chaussées empierrées.* — Les empierrements ont été autrefois introduits à Paris pour constituer des chaussées moins sonores que les chaussées pavées en pierre, moins glissantes sous les pieds des chevaux, plus unies et plus douces pour la circulation des voitures légères et à allure rapide.

Mais, à côté de ces avantages, les chaussées empierrées présentent de graves inconvénients à l'intérieur d'une ville comme Paris. Non seulement l'entretien en est extrêmement coûteux sur les voies à grande circulation, mais encore elles sont boueuses par les temps de pluie, poussiéreuses par les temps secs, presque toujours désagréables pour les piétons ; il est en outre à peu près impossible d'éviter la projection dans les égouts d'une partie des détritus sableux produits par l'usure de ces chaussées et la présence de ces sables dont l'extraction est très coûteuse, complique beaucoup les opérations du curage. Aussi l'administration de la ville a-t-elle pris le parti de supprimer progres-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sivement les empierrements dont l'entretien est le plus onéreux pour les remplacer par d'autres revêtements : pavage en bois, asphalte ou pavage en pierre.

Les suppressions d'empierrement ont été considérables dans ces dernières années ; elles ont porté presque exclusivement sur des voies importantes, ce qui a permis de diminuer notablement les crédits affectés aux empierrements, il reste beaucoup à faire dans ce sens, car bien des voies nécessitent encore une dépense atteignant ou dépassant 5 francs par mètre superficiel et par an ; il y a aussi intérêt à faire disparaître les petites surfaces d'empierrement isolées au milieu des pavages et qui, par leur peu d'importance relative et leur dissémination, occasionnent des frais d'entretien exagérés.

72. — *Nature des matériaux d'empierrement.* — Les matériaux dont sont formées les chaussées empierrées de Paris sont : le porphyre pour les chaussées à circulation lourde et intense : la meulière quartzeuse compacte pour les chaussées à circulation moyenne ; le caillou pour les chaussées peu fréquentées ou parcourues exclusivement par des voitures légères. On n'emploie que du sable comme matière d'agrégation.

Le porphyre employé à Paris vient à peu près exclusivement de Voutré (Mayenne), où existe une exploitation importante reliée par une voie ferrée au réseau de la ligne de l'Ouest.

On fait aussi casser dans les dépôts les vieux pavés de porphyre provenant du démontage des chaussées et non susceptibles de retaille ; ces pavés viennent de Quenast (Belgique), et les matériaux d'empierrement qu'on en tire sont à peu près équivalents à ceux de Voutré.

La meulière est tirée des nombreuses carrières des départements de Seine-et-Oise et de Seine-et-Marne, où l'on trie pour cet usage les blocs les plus lourds et les plus compacts, tandis que les parties légères et poreuses, plus convenables pour les maçonneries, sont réservées aux constructions.

On n'admet pour les empierrements que la meulière dure compacte homogène, non vitrifiée, sans parties argileuses, calcaires ou poreuses.

Le caillou, de nature purement siliceuse, est livré soit brut, soit cassé : il provient des dragages de la Seine ou des carrières de sable des environs de Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tous les matériaux d'empierrement, sauf le caillou brut, doivent être nettoyés et cassés de manière que les plus gros morceaux puissent passer en tous sens dans un anneau de $0^m,06$ de diamètre et que les plus petits morceaux ne puissent passer en aucun sens dans un anneau de $0^m,02$. Pour le caillou brut, on n'exige pas de cassage, la limite inférieure est la même ; mais, pour la limite supérieure, un anneau de $0^m,07$ de diamètre remplace l'anneau de $0^m,06$. Le caillou est presque toujours employé brut.

A moins de circonstances exceptionnelles, le porphyre et la meulière sont livrés dans les dépôts de chaque section ; pour le caillou dont la valeur est moindre, on admet les livraisons à pied d'œuvre mais à la condition d'avoir toujours au dépôt un approvisionnement suffisant en cas de nécessité.

Le sable employé comme matière d'agrégation pour déterminer la prise des matériaux neufs sous l'action du cylindrage est ou du sable dragué sur les berges de la Seine et fourni par les entrepreneurs des lots d'empierrement ou du sable lavé obtenu en lavant dans les caniveaux mêmes des chaussées empierrées les détritus provenant du balayage des empierrements.

Comme il a été dit plus haut, il existe à Paris trois catégories de chaussées empierrées selon que le revêtement est en porphyre, en meulière ou en caillou.

Le porphyre et la meulière ne constituent généralement pas l'épaisseur totale de la chaussée. Une première couche de cailloux bruts de 0.15 à 0,20 d'épaisseur forme la fondation ; une deuxième couche d'environ 0,15 d'épaisseur constitue le revêtement ; c'est cette deuxième couche qui est formée de porphyre, de meulière et de cailloux selon la nature et l'importance de la circulation sur chaque voie. Lors de la construction d'une chaussée neuve, les deux couches sont cylindrées séparément et l'épaisseur totale de la chaussée est aussi reduite à 0,25 ou 0,30. La forme elle-même est préalablement cylindrée si elle n'est pas suffisamment résistante ; on a même soin lorsque le sous-sol est argileux de le séparer de l'empierrement par une couche de gravois de bonne qualité qui ne fait jamais défaut à Paris et qu'on cylindre séparément.

Le cylindrage était effectué autrefois au moyen de rouleaux compresseurs traînés par des chevaux ; en raison de plusieurs inconvénients (lenteur de l'opération, piétinement des chevaux, gêne pour la circulation), il n'est plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

employé aujourd'hui qu'exceptionnellement sur certains points, par exemple où les cylindres à vapeur ne peuvent fonctionner et pour des rechargements de faible épaisseur sur de petites voies soumises à une fréquentation légère.

73. — *Main-d'œuvre d'entretien de l'empierrement.* — Les mains-d'œuvre sur la voie publique sont faites entièrement en régie par des cantonniers et ouvriers auxiliaires ; les entrepreneurs des lots d'empierrement ne sont chargés que des fournitures et des transports. Cet entretien, qui comprend l'emploi des matériaux, le nettoiement et l'arrosage des chaussées, exige en effet des soins continuels et de nature incessamment variable selon l'état de l'atmosphère, pour lesquels il serait très difficile de recourir à l'intermédiaire d'un entrepreneur.

74. — *Chaussées asphaltées.* — L'introduction des chaussées en asphalte comprimé dans la viabilité parisienne a été motivée, comme plus tard celle du pavage en bois, par le désir de remédier aux inconvénients inhérents, d'une part, au pavage en pierre, d'autre part, aux empierrements.

Sur les pavages en pierre la circulation des voitures est fatigante pour ceux qui en font usage et pour les habitants des maisons riveraines, en raison du bruit et des trépidations qu'elle engendre. Sur les empierrements, la circulation est plus douce, mais les fréquentes réparations partielles et les rechargements annuels y sont gênants pour le public, et l'état de ces chaussées, boueux en hiver, poussiéreux en été, est, presque toujours, malgré les soins coûteux qu'on prend pour y remédier, désagréable à l'intérieur d'une ville, pour les piétons et les habitants.

Les chaussées en asphalte comprimé, exemptes de ces inconvénients en présentent d'autres qui ont limité le développement de ce mode de revêtement. Elles deviennent facilement glissantes par les temps humides et exigent des soins incessants de sablage ou de lavage ; elles sont difficilement réparables en hiver ; enfin les prix de premier établissement et surtout d'entretien en sont relativement élevés.

Les chaussées asphaltées se font uniformément aujourd'hui à Paris avec une fondation en béton de ciment de Portland de $0^m,15$ à $0^m,20$ d'épaisseur sur laquelle on comprime à chaud (120 à 130 degrés) une couche d'asphalte réduite, par cette compression, à 0,05 ou 0,06. Le béton est généralement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

formé de 200 kilogrammes de ciment pour un mètre cube d'un mélange d'un mètre cube de cailloux et un demi-mètre cube de sable. La surface en est soigneusement lissée à la règle suivant le bombement prescrit. L'asphalte doit contenir ou moins 7 % et au plus 13 % de son poids de bitume naturel. Les diverses transformations qu'il doit subir sont faites dans les usines des entrepreneurs sous le contrôle des agents de la ville que ne laissent rien sortir sans une lettre de voiture constatant la nature et la provenance des matériaux.

75. — *Préparation de l'asphalte.* — L'asphalte est reçu directement des usines de Seyssel (Ain), de Travers (Suisse) et de Ragusa (Sicile) en morceaux groscomme des moellons. On mélange ces roches naturelles dans des proportions convenables en tenant compte et de leur richesse en bitume et de leur destination et on fait passer les morceaux successivement dans un concasseur à grille qui réduit les blocs à la grosseur d'un œuf, puis dans un broyeur circulaire qui les pulvérise, puis dans un rotateur, sorte de grand cylindre qui tourne au-dessus d'un foyer, de façon à permettre de maintenir la poudre durant douze heures environ à 120 ou 140 degrés pour l'assécher complètement ; la poudre est ensuite transportée au lieu d'emploi dans des tombereaux couverts et comprimée à une température qui ne doit pas descendre au-dessous de 120 à 130 degrés.

Inutile de faire observer que la poudre asphaltique ne peut être étalée que lorsque le béton est très bien pris et bien sec, ce qui ne s'obtient, pour le béton de ciment de Portland, qu'au bout de trois à cinq jours.

De même, la chaussée ne doit être livrée à la circulation qu'après son complet refroidissement.

76. — *Main-d'œuvre d'entretien de l'asphalte.* — Les mains-d'œuvre sur la voie publique sont exclusivement effectuées par les entrepreneurs-adjudicataires. Le cahier des charges auquel ils sont soumis a rendu aussi précises et aussi formelles que possible toutes les prescriptions relatives à la qualité et à la préparation des matières, aux divers modes d'exécution et d'entretien, aux délais dans lesquels les travaux de toute nature doivent être exécutés.

La ville de Paris, de son côté, s'impose annuellement depuis près de 15 ans des dépenses considérables pour la remise en état des chaussées asphaltées par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la substitution de fondations en béton de ciment de $0^{m},15$ d'épaisseur aux fondations en béton de chaux hydraulique de $0^{m},10$ qui existaient dans le plus grand nombre de chaussées, ainsi que par la suppression des caniveaux pavés et par l'extension du béton sous les bordures de trottoirs.

On a de même entrepris la suppression progressive des passerelles asphaltées établies dans l'intérêt des piétons à travers les chaussées d'autre nature, notamment à travers des empierrements; l'entretien et le nettoiement de ces passerelles étaient très coûteux et présentaient de grandes difficultés; aussi s'est-on décidé depuis quelques années à les remplacer par des pavages en pavés de bois ou même par des pavés de pierre de très petit échantillon posés à bain de mortier. Dans ces conditions, les chaussées asphaltées paraissent appelées à prendre un certain développement, momentanément arrêté, d'un côté par les insuccès antérieurs, d'un autre côté par le prix élevé de leur entretien. Les insuccès ne paraissent plus à craindre avec le nouveau mode de fondation; les chaussées ainsi reconstruites dans les voies les plus fréquentées et dans les circonstances les plus diverses d'exposition au soleil ou d'humidité habituelle, ont parfaitement résisté même pendant des hivers rigoureux, et ce sont celles qui avaient été le plus bouleversées dans la période antérieure.

Si, en outre, le prix de l'entretien annuel s'abaisse à 1 fr. 50 par mètre superficiel, l'asphalte pourra, concurremment avec le pavage en bois, continuer à être utilement appliqué partout où sera reconnue la nécessité de substituer au pavage en pierre des revêtements unis et insonores. Si l'asphalte devient, dans certaines circonstances atmosphériques, plus glissant que le bois, il est possible de remédier à cet inconvénient avec des soins de sablage et de lavage qui sont, en définitive, à peu près aussi indispensables sur le bois; et l'asphalte, qui retient moins l'humidité et reste moins imprégné des urines ou autres liquides insalubres répandus à sa surface, paraît mieux convenir dans certains cas, tels que les abords des halles et marchés et des grandes stations de voitures, les rues étroites, humides et peu aérées, etc.

Il y a donc place à Paris pour les deux modes de revêtements unis et insonores actuellement en usage, et il importe de conserver à l'asphalte la part qui lui revient légitimement dans la viabilité parisienne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

77. — *Chaussées pavées en bois.* — Le pavage en bois, comme l'asphalte comprimé, a été autrefois essayé à Paris en vue de constituer des chaussées moins bruyantes et plus unies que le pavage ordinaire ; les premiers essais réussirent mal, et l'asphalte ayant paru résoudre le problème d'une manière satisfaisante, le bois fut abandonné. L'extension qu'il a reçue récemment tient surtout à l'adoption d'un mode rationnel de construction, donnant des résultats beaucoup meilleurs que ceux qui avaient été primitivement essayés. Deux autres causes y ont contribué : la défaveur qui s'est attachée momentanément à l'asphalte, défaveur signalée plus haut ; puis la détermination prise de supprimer beaucoup de chaussées empierrées dont l'entretien était trop coûteux et dont les détritus encombraient les égouts.

On n'aurait pu substituer du pavage en pierre à la plupart d'entre elles sans s'exposer à de vives réclamations, et l'asphalte, outre les difficultés d'entretien qui s'étaient révélées, aurait été inadmissible pour toutes les voies présentant plus de $0^m,010$ à $0^m,015$ de pente. Le bois fut donc adopté à la suite de l'essai fait à la fin de 1881, rue Montmartre et boulevard Poissonnière, sur une surface de 3.000 mètres et peu après dans la rue Rotrou et le long du théâtre de l'Odéon, sur une surface de 350 mètres.

Le pavage en bois, dont l'épaisseur normale est de $0^m,15$ mais descend parfois à $0^m,12$ ou $0^m,10$, repose sur une fondation en béton de Portland de $0^m,15$ d'épaisseur. On a, pour maintenir les pavés pendant le garnissage, renoncé au goudron qu'on y coulait et ce garnissage se fait entièrement en mortier de ciment.

Le pavage en bois parut dès l'abord séduisant parce que l'uni et la régularité de la surface se maintenaient sous l'action d'une circulation considérable et rationnelle parce qu'il comportait à la fois un revêtement élastique et une fondation rigide et indéformable capable de résister aux lourdes pressions ; aussi, avait-il conquis, dès la fin de 1882, la faveur du public.

Après avoir accordé des concessions et fait aussi procéder à des adjudications, la ville, trouvant l'expérience bien acquise, est entrée en 1886, dans la voie de l'exécution en régie et c'est aujourd'hui le seul mode adopté à Paris.

78. — *Acquisition et préparation des bois.* — Laissant de côté des essais très restreints faits avec le chêne ou le hêtre, les pavages en bois sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exclusivement effectués avec les bois résineux suivants que recommandent et leurs qualités et leur prix et leur facilité d'approvisionnement : le pin sylvestre ou sapin du Nord, le pin maritime, le pitchpin. A l'origine, le sapin du Nord, (bois rouge) était seul employé et c'est cette essence qui constitue à Paris comme à Londres, à Berlin, etc., la totalité ou la presque totalité des pavages en bois concédés ou adjugés mais la France possède dans les départements de la Gironde et des Landes 7 ou 800.000 hectares de forêts de pin maritime qui, dans le cas où l'expérience justifierait l'emploi de cette essence, constitueraient une ressource d'autant plus précieuse qu'il est assez rationnel de favoriser la production nationale.

Lorsque la ville de Paris entra dans la voie de l'exécution en régie, le moment parut opportun pour procéder à des expériences comparatives. Après examen, et en Suède et dans les Landes, des conditions dans lesquelles pourraient se faire les acquisitions, diverses chaussées ou portions de chaussées furent successivement exécutées en bois du Nord et en bois des Landes. A ces deux essences, on ajouta bientôt le pitchpin (de Floride), certaines circonstances ayant permis d'acquérir à bon compte une fourniture importante de ce bois dur.

Tout d'abord les achats du bois du Nord furent faits directement en Suède dans des conditions particulièrement avantageuses mais les sujétions qu'imposait la réception à faire dans les ports de la Baltique conduisirent bientôt à admettre l'intermédiaire des courtiers et négociants français en bois du Nord ; il en est de même en ce qui concerne les achats de pitchpin. Quant au pin maritime, il est directement acheté aux producteurs de la Gironde ou des Landes. Tous les marchés sont soumis à la condition absolue de réception sous réserve par les agents de la ville. Aujourd'hui l'expérience est, non pas entièrement faite puisqu'elle ne remonte guère qu'à 11 ans ou 11 ans et demi, mais suffisante pour permettre de formuler un avis en connaissance de cause. Le pitchpin, bois très serré, très dur, très résineux, livré en madriers provenant en général du cœur des grands arbres, est incontestablement supérieur aux deux autres essences et doit être réservé pour les chaussées très fatiguées ; son prix est d'ailleurs plus élevé.

Le bois des Landes vient ensuite : sa croissance est rapide mais il est suffisamment homogène, offre peu de nœuds et est bien plus résineux que le bois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du Nord. Il forme d'ailleurs deux catégories bien distinctes : 1° le bois gemmé ou, pour mieux dire, la partie des arbres gemmés où l'écoulement de la résine détermine dans les fibres des dépôts qui augmentent la dureté et diminuent la purosité des bois; le bois gemmé est souvent presque équivalent au pitchpin :

2° Le bois non gemmé, celui débité dans la partie supérieure des arbres gemmés ou provenant d'arbres non soumis à l'extraction de la résine ; il est inférieur mais donne néanmoins de bons pavés.

Enfin le bois du Nord, plus léger, plus spongieux, moins résineux, mais très homogène, s'use certainement plus rapidement que le pin maritime et s'assèche moins vite, mais constitue cependant d'excellentes chaussées à cause de cette homogénéité qui assure l'égalité d'usure.

Les prix de ces bois, vendus au mètre courant de madrier de l'échantillon type 0,08 $\times$ 0,22 ou au stère sont naturellement variables avec les cours, avec le fret, etc., mais en général on peut admettre que le bois des Landes est un peu moins cher que le bois du Nord et celui-ci sensiblement moins cher que le pitchpin.

D'ailleurs, la question du prix ne saurait intervenir seule dans les commandes ; il convient essentiellement de tenir compte des dates de livraison imposées, l'abatage ne se faisant point en toute saison.

Les bois une fois acquis en madriers sont rendus à l'usine de la ville où ils sont tronçonnés en pavés (de 0,15 de hauteur en général) et plongés dans un bain de créosote. Cette immersion n'a qu'une importance à peu près nulle pour le pitchpin et le pin gemmé qui n'absorbent que quelques grammes de créosote ; elle tend à assurer la conservation du pin non gemmé et surtout du sapin du Nord. Il ne faut cependant pas attacher trop de valeur à cette pratique, car, d'une part, pour assurer une imprégnation complète des pavés, il faudrait ou agir sous pression ou laisser les bois immergés pendant longtemps, ce qui ne saurait se faire sans grands frais et, d'autre part, avec la circulation des chaussées de Paris, le pavé en bois ne périt jamais par pourriture mais bien par usure. Quoi qu'il en soit, les pavés ainsi préparés sont empilés par nature, échantillon etc., et expédiés sur les chantiers au fur et à mesure des besoins.

Les pavés n'ont pas tous la même densité. Ces différences peuvent varier du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simple au double, le pitchpin étant souvent plus lourd que l'eau et le sapin du Nord ne dépassant guère 0,50 ou 0,55.

Les pavés destinés à être posés en bordure de rails de tramway ont un chanfrein de 0,01 de hauteur et 0,08 de largeur.

En général, l'échantillon est de $\frac{0,08 \times 0.22}{0,15}$ mais on est obligé d'en admettre beaucoup d'autres, surtout dans le pitchpin et le bois des Landes à cause des dimensions inégales des madriers reçus.

79.—*Main-d'œuvre d'entretien du pavage en bois.* — Les mains-d'œuvre sur la voie publique sont exécutées respectivement par les concessionnaires, les adjudicataires et les ouvriers de la ville. Les premières opérations de pavage en bois avaient été faites par voie de soumissions et de traités amiables ; pour la première fois, en 1884, on se décida à procéder par voie d'adjudication : on n'admet toutefois à concourir que les Sociétés ou les entrepreneurs ayant déjà exécuté des travaux de pavage en bois ; enfin, en 1886, on aborda l'exécution en régie.

Il existe donc actuellement trois catégories de chaussées pavées en bois :

1° Les voies converties en bois et concédées à des Sociétés à charge d'entretien à forfait pendant 18 ans et pour lesquelles les frais de premier établissement sont payées au moyen d'une annuité d'intérêt et d'un roulement réparti sur la même période ;

2° Les voies exécutées à l'entreprise avec payement immédiat des frais de premier établissement mais entretenues en régie par la ville ;

3° Les voies exécutées et entretenues en régie.

Les raccordements que nécessitent les pavages en bois sont occasionnés par des modifications dans les installations souterraines relatives aux eaux, aux égouts, aux conduites de gaz, etc. ; la dépense est forcément très faible car, en raison de la fondation rigide des chaussées pavées en bois, on prend toutes les dispositions possibles pour éviter les ouvertures des tranchées en reportant toutes les installations souterraines soit dans les égouts et les branchements particuliers, soit dans les trottoirs.

D'une façon générale, on peut dire que les pavages en bois ont bien réussi, ce qui justifie dans une certaine mesure la recherche dont ils sont l'objet. Avec des circulations telles que celles de la ligne des boulevards, de l'avenue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'Opéra ou de la rue de Rivoli, entre la rue du Pont-Neuf et la place du Palais-Royal, on n'osait compter sur une durée de plus de six ans, et l'on admettait qu'il était imprudent de laisser subsister un revêtement de bois ayant perdu par l'usure plus de $0^m,08$ et réduit par conséquent à une épaisseur de $0^m,07$ pour un pavage normal de $0^m,15$. Or, l'expérience est venue démontrer que ces appréciations étaient un peu pessimistes ; c'est ainsi que le pavage type de la rue Montmartre, du carrefour Montmartre et du boulevard Poissonnière, achevé en novembre 1881, n'a eu besoin qu'au commencement de 1890, d'un renouvellement total, dans son ensemble, sa durée a donc été de plus de 8 années de plus, dans une petite partie, refaite au printemps 1888, des pavés étaient réduits à une épaisseur de $0^m,05$ environ et même de $0^m,045$ en certains points ; à cette limite, les pavés s'écrasent et il commence à y avoir danger pour la circulation, mais il semble que l'on puisse sans crainte admettre une usure de $0^m,09$, c'est-à-dire les trois cinquièmes pour un pavé de $0^m,15$ de queue.

L'excellente tenue des pavages en bois parisiens, leur usure faible et régulière, tient essentiellement à un choix très sévère des bois pour lesquels on s'est attaché moins à la dureté qu'à l'homogénéité ; elle tient également aux soins de nettoiement et notamment aux lavages dont ils sont l'objet.

On doit reconnaître aussi que le mode de garnissage des joints est à peu près indifférent, à la condition qu'il ne soit pas effectué en une matière beaucoup plus dure que le bois ; toutefois l'emploi d'un coulis de goudron pour fixer les pavés paraît avoir plus d'inconvénients que d'avantages, car, pour peu qu'il soit coulé trop fluide, il passe sous les pavés qu'il soulève et sépare du béton ; on se trouve bien maintenant du procédé suivant :

Les joints sont tracés et fixés avec des réglettes en bois, débitées, soit avec des madriers de sapin blanc spécialement achetés dans ce but, soit avec des rebuts de sapin rouge ou de pitchpin ; on remplit ensuite le joint au moyen d'un coulis très clair de mortier de ciment de Portland. En ce qui concerne les joints de rive, l'emploi de la glaise rend de réels services pendant le temps que dure le travail de dilatation des bois, c'est-à-dire pendant environ deux ans ; on la remplace ensuite par du sable, car la glaise soutient insuffisamment les pavés de rive.

En résumé, le pavage en bois, tel qu'on l'exécute à Paris, c'est-à-dire sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une fondation rigide en béton de ciment de Portland et en apportant un soin rigoureux dans le choix et la préparation des bois, donne de très bons résultats et est destiné à prendre une large place dans la viabilité parisienne.

80. — *Prix de réfection des chaussées.* — Il existe des voies de tramways dans chacune des quatre natures de chaussée dont il vient d'être question. Ces voies, dont la présence est toujours gênante, se combinent d'une façon suffisamment satisfaisante avec les pavages en pierre et en bois. Sauf circonstances exceptionnelles, dans les chaussées empierrées, on a substitué à l'empierrement un pavage en pierre entre les rails et aux abords ; de même, dans les chaussées asphaltées, l'asphalte a été remplacé par un pavage en bois.

C'est dans les dernières concessions de pavage en bois qu'on comprit pour la première fois des voies parcourues par des tramways et dont la chaussée était revêtue en pavage du côté occupé par les voies ferrées et en empierrement du côté opposé. Dans ce cas, le pavage en bois n'a pas été étendu sur toute la largeur de la chaussée pour deux motifs : d'abord, si on eût opéré ainsi, le rapport du pavage à l'empierrement dans la chaussée totale à convertir eût été tel que l'augmentation de dépense annuelle résultant du convertissement serait devenue trop considérable ; car cette augmentation, peu sensible pour le convertissement des empierrements très fatigués, est considérable lorsque le pavage en bois remplace le pavage en pierre.

En second lieu, on n'était pas fixé sur les inconvénients et les difficultés d'entretien que pouvait présenter le pavage en bois en contiguïté avec des rails à niveau invariable, et l'on voulait attendre que les essais faits à ce sujet eussent une durée suffisamment prolongée pour fournir des résultats concluants.

Aussi, sur les voies de tramways, s'est-on borné à transformer le côté de la chaussée revêtu d'un empierrement, en laissant subsister le long du rail extérieur une bande pavée de $0^m,80$ de largeur. Le but de cette disposition est le suivant :

Lorsque les omnibus à quarante places circulent sur une chaussée à tramways, il arrivent très fréquemment que les roues de l'un des côtés de la voiture suivent exactement le rail intérieur de la voie ferrée, tandis que les roues de l'autre côté suivent une ligne située à environ $0^m,55$ au delà du rail

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

extérieur, la largeur entre roues étant de 1m,99 en moyenne, et celle de la voie ferrée étant seulement de 1m,44. Dans ces conditions, il se creuse rapidement un sillon, même dans les pavés les plus durs sur cette ligne parallèle aux rails ; cet effet est notamment très sensible sur les chaussées à tramways parcourues par plusieurs lignes d'omnibus à quarante places. On a craint que la formation d'un sillon semblable ne fut désastreuse pour les pavages en bois, et c'est pour l'éviter qu'on a réservé le long des rails extérieurs une bande pavée en pierre d'une largeur suffisante.

Un autre type de chaussées mixtes est celui dans lequel le pavage en bois se trouve compris entre les voies de tramways conservées à l'état de pavage en pierre et une bordure de trottoir. Cette juxtaposition de deux revêtements de nature différente dans le sens longitudinal donne de mauvais résultats car le pavage en bois, à la jonction avec un revêtement plus dur, se dégrade rapidement en raison des chocs qui se produisent ; si, d'autre part, la zone de tramway est en mauvais état comme pavage ou matériel, les eaux s'écoulent mal et il se produit dans le pavage en bois voisin des dégradations nombreuses.

On avait été conduit, au début, à conserver ces chaussées mixtes parce que les Sociétés concessionnaires des premiers travaux montraient une hésitation extrême à se charger de l'entretien à forfait du pavage en bois sur les lignes parcourues par les tramways et aussi parce que, si le convertissement des parties empierrées pouvait se faire sans grever trop lourdement le budget d'entretien, il n'en était pas de même quand ce convertissement s'étendait à de grands espaces pavés dont les frais d'entretien sont très sensiblement inférieurs à ceux d'un pavage en bois. L'expérience est venue démontrer toutefois que, moyennant certaines précautions dans la pose et dans la préparation des pavés, le bois peut donner de bons résultats sur les voies de tramways et l'extension du pavage à toute la surface de la chaussée est décidée en principe.

Aux termes de leurs traités, les compagnies concessionnaires de tramways supportaient autrefois la moitié des frais d'entretien du pavage situé dans leurs voies et sur une zone de 0,32 en dehors de chaque rail. Aujourd'hui, par suite d'un commun accord, elles paient une redevance fixe ; les voies ayant été partagées en trois catégories suivant l'importance de la circulation, la redevance par mètre courant de voie simple est de :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2 fr. 20 pour les voies classées dans la première catégorie.
1 fr. 75 — deuxième —
1 fr. 50 — troisième —

Quant aux remaniements de pavage qui sont nécessités par les remplacements ou relèvement de rails, de longrines, traverses, etc., c'est-à-dire qui sont la conséquence de l'entretien proprement dit du matériel de la voie ferrée, ils sont exécutés par la ville moyennant le recouvrement d'un prix fixé à forfait à 1 fr. 20 par mètre carré pour le pavage en pierre ; en ce qui concerne l'empierrement, l'asphalte et le pavage en bois, les compagnies remboursent la dépense des travaux réellement exécutés.

Il en est encore ainsi pour les quatre espèces de pavage si le tracé des voies est modifié par les compagnies.

Enfin, lorsqu'il s'agit de l'établissement d'une voie ferrée, les travaux à la charge des compagnies sont les suivants :

Chaussées pavées en pierre.

La fondation en béton sur la longueur de la voie et sur une zone de 0,10 en dehors de chaque rail ;

La réfection du pavage ;

La fourniture des pavés pour remplacer les déchets;

La fourniture des boutisses, dont la longueur est égale à une fois et demie celle des pavés.

Les raccordements sur une largeur moyenne de 1,50 au delà de chaque extrémité de la fondation en béton.

Les pavés hors de service sont laissés à la disposition des compagnies, si elles les abandonnent, la ville les reprend au prix de 40 francs le millier pour le petit échantillon jusqu'au type $\frac{0{,}12 \times 0{,}18}{0{,}16}$ et au prix de 120 francs le millier pour le gros échantillon à partir du type $\frac{0{,}14 \times 0{,}20}{0{,}16}$.

Chaussées empierrées.

La fondation en béton, le pavage neuf en pierre ou en bois en remplacement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'empierrement dans la zone du tramway et les raccordements sur une largeur moyenne de 1,50.

Chaussées asphaltées.

La substitution à l'asphalte d'un pavage en bois dans la zone du tramway et les raccordements sur 0,75 de largeur moyenne.

Chaussées pavées en bois.

Le remplacement des pavés détériorés dans la zone du tramway, la réfection du pavage et les raccordements sur 1,50 de largeur moyenne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VI.

ÉTABLISSEMENT DES VOIES DE TRAMWAYS

81. — *Disposition des voies de tramways.* — Par rapport au profil en travers des chaussées, les voies de tramways occupent des positions variables suivant la largeur de ces chaussées, les sujétions locales et les nécessités de la circulation. Ainsi, elles peuvent être sur l'axe de la chaussée, lorsque la largeur des revers est suffisante pour permettre le croisement de deux voitures entre le rail extérieur et la bordure ou sur un des côtés de la chaussée, en ménageant une largeur de $3^m,40$ pour le stationnement d'une voiture.

Sur les voies de promenade, elles affectent des dispositions diverses, commandées par des nécessités locales. Ainsi, à Paris, sur le boulevard de la Chapelle, qui comprend deux chaussées de $9^m,50$ séparées par une contre-allée plantée, le tramway est installé sur la chaussée sud et du côté opposé aux maisons; comme on n'a, dans ce cas, à ménager aucun espace pour le stationnement des voitures du côté de la contre-allée, la distance entre le rail extérieur et la bordure du trottoir est réduite à 1 mètre. Sur l'avenue Henri-Martin, qui comprend deux chaussées empierrées de 9 mètres, séparées par une allée cavalière, les voies de tramways occupent les deux côtés de cette même allée. Enfin il existe une autre disposition sur l'avenue de la Grande-Armée. Cette avenue, de 70 mètres de largeur, comporte deux chaussées asphaltées du côté des maisons, deux larges contre-allées et une chaussée empierrée centrale de 16 mètres de largeur. Les voies du tramway sont disposées sur chacun des revers, et à $1^m,05$ de la bordure.

82. — *Largeur des rues où l'on peut installer un tramway.* — La largeur des voies est fixée à $1^m,44$, comme pour les chemins de fer, pour la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plupart des tramways; cependant certaines lignes ont des voies étroites, de 1 mètre et de $0^m,75$.

Avant le décret du 6 août 1881, le maximum de largeur des voitures et des cars était fixé à $2^m,20$, toutes saillies comprises; ce maximum a été porté à $2^m,80$ pour la largeur des caisses, et à $3^m,10$ pour la largeur du matériel roulant, y compris toutes saillies, notamment les marchepieds et lanternes. Pour les voies étroites, la largeur des caisses et des chargements ne doit pas dépasser $2^m,50$ pour la voie de 1 mètre et $1^m,875$ pour la voie de $0^m,75$. Le maximum, toutes saillies comprises, est de $2^m,80$ pour la première, et de $2^m,175$ pour la seconde.

La largeur de l'entrevoie doit être réglée de telle façon qu'entre les deux parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent, il y ait un intervalle libre d'au moins $0^m,50$. Il est donc facile de déterminer, à l'aide de ces chiffres, l'espace que doit occuper un tramway sur une voie publique ; les maxima indiqués plus haut étant admis. Pour la voie normale de $1^m,44$, la largeur du matériel roulant, toutes saillies comprises, étant de $3^m,10$, le débord des cars sur les rails extérieurs sera de :

$$\frac{3^m,10 - 1^m,44}{2} = 0^m,83.$$

La largeur de la voie publique occupée par les cars sera donc :

Avec voie simple, de $3^m,10$;

Avec voie double, de $3^m,10 + 0^m,50 + 3^m,10 = 6^m,70$.

Pour déterminer la largeur qu'une rue doit avoir pour recevoir une ou deux voies de tramways, il suffit d'ajouter à $3^m,10$ et à $6^m,70$ le double de $2^m,60$, c'est-à-dire de l'espace réservé de chaque côté de la voie aux véhicules ordinaires : on aurait ainsi $3^m,10 + 2^m,60 \times 2 = 8^m,30$ pour la voie simple, et $6^m,70 + 2^m,60 \times 2 = 11^m,90$ pour la voie double.

Ainsi, on adoptant le maximum de largeur autorisée pour les cars, toutes saillies comprises, il faudrait qu'une rue ait au moins $8^m,30$ pour recevoir une voie de tramways, et $11^m,90$ pour en recevoir deux.

Les cars ont généralement de 2 mètres à $2^m,10$ de large. A Bordeaux, leur largeur maximum a été fixée à $1^m,90$. Le public trouve qu'elle est suffisante, et peu de personnes s'aperçoivent de la différence qu'il y a, à ce point de vue, entre les cars bordelais et les cars parisiens.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En se contentant de la largeur de 2 mètres, qui est celle des voitures des omnibus de Paris, le minimum de largeur qu'une rue devrait avoir pour qu'on puisse y loger une voie simple ne serait plus que $9^m,20$ et $7^m,10$ si on ne donnait aux cars que $1^m,90$ comme à Bordeaux.

La largeur de $1^m,90$ ne nous paraît pas susceptible d'être réduite dans les villes. En conséquence, l'adoption de la voie de 1 mètre et de celle de $0^m,75$ ne changerait pas le chiffre de $7^m,10$.

En Angleterre, les largeurs minima des rues où l'on peut poser des tramways sont à peu près les mêmes qu'en France : de 7 mètres à $7^m,30$ pour une voie et de $9^m,75$ à 10 mètres pour deux. La distance entre la saillie extrême des cars sur les rails — qui est de 27 centimètres — et les trottoirs est de $2^m,63$.

En Belgique, on ne place les tramways dans l'axe des chaussées que dans les rues où la circulation est peu active. Le plus souvent on les pose à 3 mètres de l'un des trottoirs des maisons et à $0^m,50$ ou 1 mètre des trottoirs, des squares, parcs, etc.

Les largeurs minima des trottoirs entre chaussées où les tramways sont admis, varient suivant les villes. A Bruxelles, la largeur minimum est de $7^m,50$; à Anvers, elle n'est plus que de 7 mètres ; enfin, à Gand, elle descend à $6^m,45$ entre maisons et à 5 mètres entre trottoirs.

L'expérience a démontré aux États-Unis que dans les rues étroites, dont la largeur n'excède pas 5 mètres, on peut poser une voie de tramway, à la condition de laisser, sur un des côtés de la chaussée, un espace suffisant pour permettre à une voiture de circuler ou de stationner. On va même plus loin, et, dans quelques quartiers de New-York, des rues telles que Church-Street, qui n'a que $6^m,10$ de large, reçoivent deux voies sur lesquelles les cars roulent toute la journée.

83. — *Résistances au roulement dans les courbes.* — L'obligation, pour les tramways, de suivre le tracé des voies publiques sur lesquelles on les installe, a pour conséquence l'emploi de courbes à petits rayons, qui sont la cause de résistances considérables au roulement.

La première de ces résistances est le glissement des roues qui doivent toujours effectuer le même nombre de tours que leur essieu dans sa boîte ; mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme, dans une courbe, le rail extérieur et le rail intérieur n'ont pas la même longueur, les roues n'ont pas la même distance à parcourir. Celle du rail extérieur, si elle était libre, serait obligée de faire un plus grand nombre de tours que celle du rail intérieur pour compenser cette différence de parcours. Or, comme cela ne lui est pas possible, il arrive qu'en effectuant leur rotation dans le passage d'une courbe, les roues subissent un mouvement de glissement en avant et en arrière, suivant leur position respective.

A la résistance du glissement, il faut ajouter celle du frottement du boudin contre la face extérieure du rail et du contre-rail.

La surface de roulement des roues d'un tramway se compose, comme pour les chemins de fer, d'un tronc de cône, raccordé par un congé à une portion de tore. En ligne droite, la circonférence du tronc de cône doit se trouver dans l'axe du rail. En courbe, il n'en est plus de même. Le car tendant à s'éloigner du centre, le roulement s'effectue, pour les roues extérieures, sur une circonférence plus grande, et, pour les roues intérieures, sur une circonférence plus petite.

Le jeu des essieux est l'amplitude de leur déplacement transversal de chaque côté de la circonférence moyenne des bandages.

Un véhicule de tramway repose sur deux essieux généralement parallèles et reliés à un cadre rectangulaire rigide, comme dans les wagons de chemins de fer, avec cette différence toutefois, que l'écartement des essieux est moins grand.

De cette disposition résulte l'impossibilité pour le véhicule de se prêter aux mouvements que nécessite le passage d'une courbe.

Dès le moment que l'essieu d'avant est engagé dans la courbe, pendant que celui d'arrière est encore en alignement, le premier tend à suivre la tangente et à continuer son mouvement rectiligne. Les boudins s'inscrivent suivant une courbe dans l'ornière, qui représente une demi-couronne circulaire. Il y a disposition de l'essieu au déraillement, la roue du côté extérieur tendant à monter sur le rail, et sa conjuguée sur le contre-rail du rail intérieur. Pour que les roues se maintiennent dans l'ornière, il faut que l'attelage ramène l'essieu d'avant vers le centre de la courbe. Ce même fait se produit pour l'essieu d'arrière dès qu'il a quitté l'alignement droit. De là des frottements considérables contre le revers de l'ornière, et d'autant plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

durs que l'ornière est plus étroite et les essieux plus écartés. Si, par une disposition quelconque, on pouvait arriver à incliner les essieux, de manière à ce que leur axe fût toujours dirigé vers le centre de la courbe, les frottements disparaîtraient. C'est même ce qui arrive pour le premier essieu des voitures-tramways de la Compagnie des Omnibus; leur avant-train mobile et l'absence de boudins d'un côté, facilitent considérablement leur passage dans les courbes de petit rayon.

Une troisième cause de résistance, moins sensible toutefois dans les tramways que sur les chemins de fer, en raison de leur vitesse plus faible, c'est l'action de la force centrifuge. Dans les courbes, cette force chasse les roues contre les rails de la plus grande courbe et donne lieu à un frottement de leurs rebords contre ces rails. On peut donc dire qu'en résumé les résistances dans les courbes proviennent des causes suivantes :

1° Fixité des essieux. Le travail dû au frottement est proportionnel à la largeur de la voie, et en raison inverse du rayon de la courbe;

2° Parallélisme des essieux. La résistance est proportionnelle à l'écartement des essieux et en raison inverse du rayon de la courbe;

3° Action de la force centrifuge, qui se développe avec une intensité proportionnelle au carré de la vitesse et en raison inverse du rayon.

Mais les courbes de tramways étant généralement franchies à une allure assez lente, cette dernière influence est peu sensible.

Divers subterfuges permettent de diminuer les résistances dans les courbes. L'augmentation de largeur de l'ornière, l'emploi des roues folles d'un même côté des véhicules, un certain jeu laissé à l'essieu dans les plaques de garde, l'élargissement de la voie, enfin le remplacement du rail intérieur par un rail plat, sont autant de procédés auxquels on a recours, mais qui n'en laissent pas moins subsister une partie de ces résistances, ou les remplacent par d'autres inconvénients non moins sérieux.

84. — *Courbes de raccordement.* — Pour éviter que le changement de direction d'un tramway passant d'une rue dans une autre soit brusque, on raccorde les deux alignements droits par une courbe qui leur est tangente. Ces courbes sont presque toujours des arcs de cercle, comme dans les chemins de fer, cependant en Angleterre, on a quelquefois recours à des arcs de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parabole. Connaissant l'angle sous lequel se coupent deux chaussées, et le rayon qui est généralement donné, il est facile de déterminer la longueur des tangentes, et, par suite, les points où commence et où finit la courbe. D'après le plan qui lui est remis, le conducteur de travaux, trace la courbe sur le terrain, et les rails qui y arrivent tout courbés de l'atelier peuvent être immédiatement mis en place.

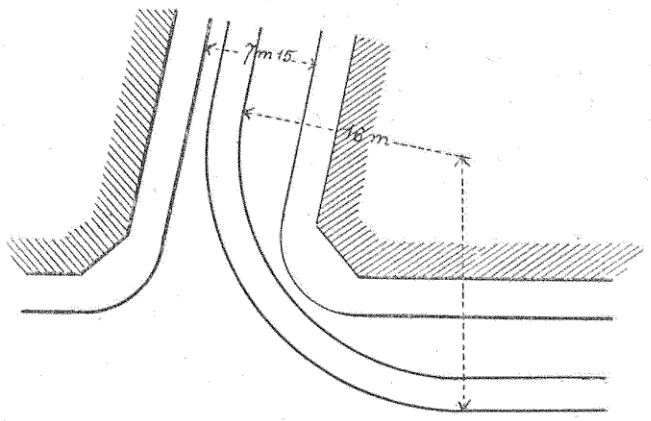


Fig. 60. — Tracé d'une voie de tramway au croisement de deux chaussées.

Pour diminuer, dans le raccordement de deux alignements consécutifs, l'effort que les chevaux ont à faire pour changer de direction, il faut donner à l'arc de cercle un rayon aussi grand que le permet l'espace dont on dispose au croisement de deux chaussées. Dans le raccordement de deux alignements, la voie peut être maintenue dans l'axe des chaussées ou rejetée aux abords des courbes sur le bord des trottoirs. Suivant l'angle de croisement et la largeur des rues, l'une ou l'autre de ces dispositions est plus spécialement indiquée et doit être préférée.

85. — *Valeurs minima de l'angle et valeurs maxima des rayons aux croisements de deux chaussées.* — Dans une note sur les courbes de raccordement des tramways, publiée dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, M. Raillard, ingénieur en chef du département du Nord a donné différents tableaux à l'aide desquels on peut déterminer : 1° les valeurs minima de l'angle de croisement, permettant un raccordement en arc de cercle de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

15 ou de 50 mètres de rayon, les tramways étant placés sur l'extrême bord des chaussées ou dans l'axe ;

2° Les valeurs maxima des rayons des arcs de cercle de raccordement au croisement de deux chaussées se coupant à angle droit, les tramways étant placés sur l'extrême bord des chaussées ou dans l'axe.

Pour déterminer ces valeurs, l'auteur a établi une formule dans laquelle il a fait entrer la largeur des voitures de tramways qu'il fixe à $2^m,10$. Les rayons donnés dans ces tableaux sont ceux de la courbe qui représente la projection horizontale d'un car parcourant l'arc de cercle. Il résulte des calculs auxquels s'est livré M. Raillard, qu'au croisement de deux chaussées ayant le minimum de largeur autorisée, soit $7^m,10$, il faut que l'angle dépasse 79 degrés si on veut avoir un rayon de 13 mètres seulement, et, même dans ce cas, il est nécessaire de placer la voie sur le bord extrême des chaussées. Cet angle doit être supérieur à 109 degrés si le tramway est placé dans l'axe de la rue.

Lorsque deux chaussées de $7^m,10$ se croisent à angle droit, le rayon maximum que l'on peut donner à la courbe est supérieur à 18 mètres si le tramway est placé le long des trottoirs, et égal à $9^m,67$ s'il est dans l'axe de la chaussée. Pour obtenir un rayon de 15 mètres dans ce dernier cas. Il faut que la somme des largeurs des deux chaussées soit supérieure à 20 mètres.

En tenant compte de la forme arrondie que l'on donne à l'angle de croisement des trottoirs, on peut ne pas placer la voie sur l'extrême bord des chaussées, et conserver un certain espace entre le véhicule et les trottoirs. C'est ce qu'on a fait à Lille, en adoptant un rayon de 16 mètres pour les rues ayant le minimum de largeur, ce qui permet aux cars de passer à 60 centimètres de l'un des trottoirs.

86. — *Largeur de l'ornière dans les courbes.* — M. Raillard a calculé la largeur que doit avoir l'ornière du rail, dans les courbes d'un rayon déterminé, pour éviter le frottement du boudin des roues contre la face opposée de la rainure. Cette largeur doit être d'autant plus grande que le rayon est plus petit. Si on suppose un car monté sur des roues ayant un diamètre de $0^m,726$, des boudins de 15 millimètres d'épaisseur, et un écartement d'essieux de $1^m,55$, on trouve par la formule de M. Raillard, qu'il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faut que l'ornière ait une largeur de $0^m,0276$, pour que la partie plongée du boudin ne vienne pas frotter contre la face intérieure de la rainure, ce qui est à craindre avec des essieux parallèles et des roues calées sur ces essieux. Pour un écartement d'essieux de $1^m,70$, les autres données restant les mêmes, il faudrait que l'ornière présentât une largeur de $0^m,0288$. Le décret du 6 août 1881 autorisant la cote de $0^m,035$ pour la largeur d'ornière dans les parties courbes, on voit que l'on a pas à redouter le frottement signalé plus haut, et que l'écartement d'essieux de $1^m,70$ ne doit pas être considéré comme un maximum.

Quant au frottement du mentonnet contre la surface extérieure de la rainure, on comprendra, si l'on se rappelle ce que nous avons dit à cet égard, qu'il peut être atténué en élargissant la voie d'une quantité qui doit être déterminée par l'expérience, ainsi que le fait remarquer M. Raillard, et qui dépend de l'ornière.

Si le contre-rail est plus bas que le rail, comme cela a lieu sur quelques tramways belges, il faut prendre garde que, dans les courbes raides, le boudin de la roue en s'avançant vers l'axe de la voie ne sorte de l'ornière. En Belgique, cela est moins à redouter, parce qu'on emploie des rails spéciaux pour la courbe ; mais sur certains tramways où le rail de la courbe extérieure est le même que celui des alignements droits, avec un contre-rail plus bas que lui ; on a été obligé, pour maintenir les cars sur toute la voie, de porter la saillie du boudin de 13 à 15 millimètres qu'elle est ordinairement, à 17 millimètres : on ne laisse ainsi que 6 millimètres entre le fond de l'ornière et le dessous du boudin.

87. — *Minimum de rayon pour les courbes.* — Les nécessités de l'exploitation, l'écartement des essieux, et certaines conditions inhérentes à la construction des cars, obligent les compagnies de tramways à proscrire des rayons de courbure trop raides. Cependant, en Amérique, le rayon descend quelquefois à 10 mètres ; en Angleterre, on considère 12 mètres comme un chiffre au-dessous duquel on ne doit pas descendre. En Belgique, le minimum est de 14 mètres. Les courbes de 20 mètres posées à Paris à l'origine des tramways, et celles de 16 mètres posées au Havre et à Lille à la même époque, ont dû être changées depuis. En résumé, il ne faut pas admettre de rayon

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au-dessus de 25 mètres, à moins de circonstances exceptionnelles et très rares. Pour les courbes dont le rayon est inférieur à 40 mètres, on peut employer un rail à ornière et un rail plat, ainsi que cela s'est pratiqué longtemps en Amérique et en Belgique, la transition de ce dernier au rail ordinaire, à l'entrée et à la sortie de la courbe, s'opérant doucement à la condition de terminer en biseau les deux extrémités de ce rail.

88. — *Surhaussement donné au rail extérieur.* — M. Raillard a calculé, pour différents rayons et pour différentes vitesses, le surhaussement à donner au rail extérieur pour contre-balancer l'effet de la force centrifuge. Il trouve, par exemple, que pour un rayon de 15 mètres, le surhaussement doit être de 12 millimètres pour une vitesse de 4 kilomètres à l'heure et de 50 millimètres pour la vitesse de 8 kilomètres, qui est celle des tramways dans les villes. Les courbes raides devant toujours être franchies au pas, c'est-à-dire à l'allure de 4 kilomètres environ, la surélévation de 13 à 17 millimètres, suivant la saillie du boudin, due au roulement sur rail plat, dispense de surhausser la voie du côté de la courbe extérieure. Ce surhaussement d'ailleurs, n'est pas toléré lorsque la voie est placée dans l'axe des chaussées. Ce n'est que dans des cas bien rares, qu'on est autorisé, en France, à modifier le niveau d'une chaussée pour améliorer le tracé d'un tramway.

Dans le cas d'une voie double posée sur une rampe, on remplace par un fer plat le rail extérieur de la voie que suivent les cars en montant, et on conserve le rail à ornière pour celle qu'ils parcourent en descendant. Le frottement dû à la courbe vient en aide au frein et modère la vitesse.

89. — *Bifurcation.* — Lorsqu'une voie s'embranche sur une autre, il y a bifurcation. Une des files de rail de la voie d'embranchement coupe, à un point et sous un angle déterminés, une des files de rails de la voie principale.

Ainsi que nous l'avons vu au § 2, l'appareil à l'aide duquel on fait passer les cars d'une voie sur une autre s'appelle *changement de voie*, et le point de coupure des files de rails se nomme *croisement de voie*.

Toute voie qui se bifurque comprend un *changement de voie* et un *croisement*. Plusieurs cas de bifurcation peuvent se présenter :

1° Il y a déviation ou soudure de l'embranchement à droite ou à gauche de la voie principale, celle-ci restant en alignement droit ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Les deux voies ont une déviation symétrique, à droite et à gauche suivant des rayons différents ;

3° Enfin, la voie principale étant en courbe, la déviation de l'embranchement a lieu, soit dans le sens de la courbe, soit dans le sens opposé.

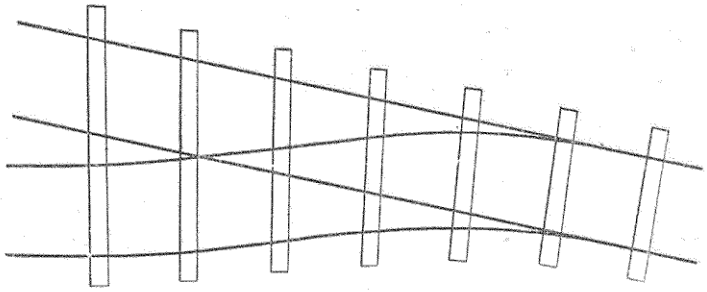


Fig. 61. — Changement de voie (pour voie de garage à un terminus).

Ce dernier cas présente de sérieuses difficultés, au point de vue de l'exploitation, lorsque les rayons des courbes ne sont pas suffisamment étendus C'est pourquoi il faut l'éviter autant que possible.

80. — *Aiguilles.* — Un changement de voie comprend deux plateaux en fonte appelés aiguilles, qui ont la forme de deux trapèzes allongés, dont l'un des grands côtés serait en courbe. Sur la face supérieure de chaque aiguille, sont profilés des bourrelets qui correspondent aux champignons et aux contre-rails des rails entre lesquels la plaque de fonte est intercalée. Le bourrelet du milieu qui affecte, en plan, une forme triangulaire, sert à la

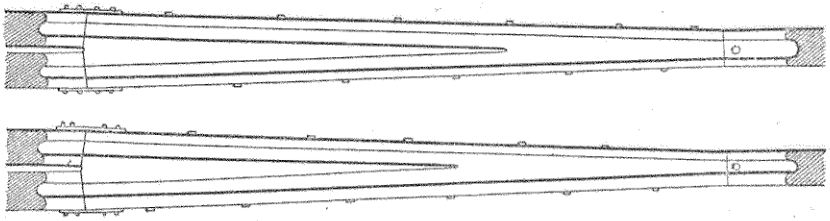


Fig. 62 et 63. — Aiguilles fixes.

fois de rail et de contre-rail ; il va en s'amoindrissant du côté de la pointe et finit par se fondre vers le milieu de la plaque sous un angle plus ou moins

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

oblique, en une arête de séparation pour les deux voies. La partie opposée à la pointe est désignée sous le nom de talon.

Les figures 62 et 63 montre l'aspect de deux aiguilles fixes, l'une à droite, l'autre à gauche ; dans la figure 64 on voit la coupe en travers de l'une de ces aiguilles, prise au talon et montrant le bourrelet servant de table de roulement. La figure 65 est une coupe de l'aiguille à pointe.

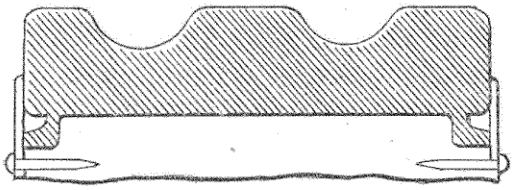


Fig. 64. — Coupe en travers d'une aiguille.

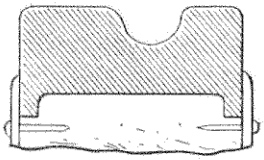


Fig. 65. — Coupe de l'aiguille à pointe.

Les ornières des aiguilles ont la largeur et la profondeur de celles des rails entre lesquels elles se trouvent placées, sauf dans le voisinage de la pointe, où elles se réunissent en une seule ayant un évasement assez grand pour que le bandage de la roue puisse s'y encadrer facilement. Dans le but de l'empêcher de coincer dans l'ornière quand il vient de quitter la table de roulement, on a ménagé des plans inclinés qui rachètent la différence de niveau entre la plaque et le dessus des bourrelets, et facilitent le passage gradué du boudin d'un fond à l'autre. Si on prolonge la pointe de l'aiguille de manière à avoir à son extrémité une largeur d'ornière assez resserrée pour que la roue puisse passer, de la plateforme du rail sur la pointe, sans rouler sur le boudin, le plan incliné ménagé dans la fonte devient inutile.

Le passage d'une voiture sur une aiguille est très facile quand cette voiture doit continuer son chemin sur la voie principale, mais il n'en est plus de même si c'est l'embranchement qu'elle doit prendre et que le rayon de la courbe ne dépasse pas 20 mètres. Le véhicule ayant tendance à continuer sa route en ligne droite, le cocher devra faire appuyer son attelage, en *braquant* d'autant plus que le rayon de la courbe est plus petit ; ce n'est que de cette façon qu'il parviendra à maintenir les roues sur le rail extérieur, et les empêcher de grimper sur la pointe de l'aiguille, ce qui provoquerait infailliblement le déraillement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais cette manœuvre de braquage possède de graves inconvénients. Si, dans le passage de la voie principale sur l'embranchement, le cocher n'est pas maître de la vitesse de son car et qu'il *braque* trop, il y a à craindre que le véhicule ne vienne frapper les jambes des chevaux, attelés sur une volée ou sur un palonnier. Avec une flèche, ce fait ne peut pas se produire, mais pour que le cheval puisse appuyer sans danger, il ne faut pas que cette flèche soit placée trop bas. Enfin le braquage souvent exagéré, ainsi imposé à de jeunes chevaux insuffisamment dressés, les fatigue inutilement, et il y a lieu de redouter constamment, avec ce système, les fausses directions et les déraillements qui peuvent amener des rencontres imprévues avec d'autres voitures garées ou en mouvement, etc. C'est pourquoi il est préférable de proscrire la prise des aiguilles par la pointe, et remplacer les aiguilles fixes par des aiguilles mobiles qui n'ont aucun des inconvénients que nous venons d'énumérer.

91. — *Aiguilles mobiles.* — Dans le système d'aiguille mobile représenté par la figure 66, la pointe séparant les deux ornières est prolongée et rendue mobile autour d'un axe vertical. Cette pointe, en acier forgé, mesure $1^{m},75$ de longueur. Elle est manœuvrée par le conducteur du car, de manière à fermer, soit l'une, soit l'autre des ornières, suivant la voie qu'il veut parcourir. On a ménagé dans le rail et dans le contre-rail une retraite où la pointe de l'aiguille se loge convenablement, suivant la position qu'elle occupe. On évite, par cette disposition, les chocs qui ne manquent pas de se produire lorsque le boudin des roues rencontre la pointe en saillie dans l'ornière.

Fig. 66. — Aiguille mobile.

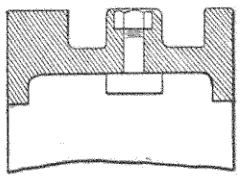


Fig. 67. — Coupe en travers de l'aiguille mobile à son pivot.

Pour permettre à l'aiguille de résister aux chocs qui se produisent au passage des voitures, on lui a donné une certaine hauteur, et on a réservé dans l'ornière un creux pour recevoir la partie renforcée.

Lorsque d'une ligne à double voie se détache un embranchement égal à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

double voie, comme cela a lieu, par exemple, pour les Tramways-Nord à la bifurcation du boulevard Péreire, on place une aiguille mobile sur la voie d'aller. La déviation ayant lieu à droite, c'est sur la file des rails de gauche qu'on a installé l'aiguille. Sur les voies de retour la prise des aiguilles se fait par le talon. La Compagnie des Tramways-Nord a multiplié les aiguilles mobiles sur ses lignes, notamment aux *terminus* pour changer la direction des voitures. On ne paraît pas avoir à se plaindre de leur installation.

Les aiguilles comprenant, comme nous l'avons vu, deux ornières, l'une rectiligne, l'autre courbe, qui se raccordent tangentiellement, si l'on donne à l'aiguillage un rayon différent de celui de la courbe qui lui fait suite, il y a, au point de raccordement des deux courbes, un *jarret* plus ou moins prononcé suivant la différence des rayons. Le jarret a pour effet dans le passage des cars de la partie rectiligne à la partie courbe de l'aiguillage, de nécessiter un effet de traction considérable qui fatigue l'attelage, et d'occasionner au véhicule un choc préjudiciable à sa solidité.

Avec les rayons adoptés par les Tramways-Nord pour les aiguilles, on raccorde facilement avec elles les courbes de 40 ou 50 mètres de rayon et au delà.

L'ingénieur des tramways de Lille, M. Coulanghon, a adopté un type d'aiguilles qui convient pour des rayons de 25 à 45 mètres. Au-dessous du premier et au-dessus du second de ces chiffres, un jarret se produit au raccordement de la pièce en fonte et du rail. Les chiffres de 25 à 45 mètres sont convenables pour les rayons de départ d'un embranchement. S'il y a impossibilité de rester entre ces limites, on peut faire fondre des aiguilles spéciales suivant le cas. Mais il est préférable, à tous les points de vue, de n'avoir qu'un type. On évite ainsi la multiplicité des modèles.

Les aiguilles belges n'ont généralement que $2^{m},50$ de long. Celles dont on s'est servi à la Compagnie Brésilienne ont des pointes d'inégale longueur ; celle de droite a $1^{m},65$ et celle de gauche, $1^{m},40$. Cette disposition, que l'on retrouve dans presque toutes les aiguilles avec des différences de longueur plus ou moins sensibles, a pour but de faciliter aux cars le passage sur l'embranchement.

Les plaques de fonte se fixent sur les plateaux de différentes manières. Quelquefois, au lieu d'agrafes latérales, on emploie les tire-fond, ou des bou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lons. Ce dernier mode est le meilleur. Au reste, sur toutes les lignes où le passage des voitures est fréquent, on ne saurait apporter trop de soin à rendre bien solidaires les plaques de cuivre et les rails qui y aboutissent.

92. — *Plaques de croisement.* — A la coupure des files de rails d'une bifurcation, on pose une plaque de croisement ou *cœur*, en fonte de fer ou d'acier. La figure 68 donne la disposition qu'occupe ce cœur dans les déviations des voies.

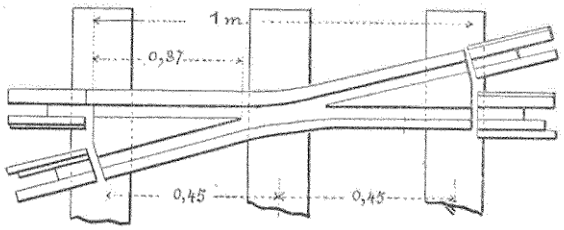


Fig. 68. — Plaque de croisement.

Aux Tramways-Nord, les plaques de croisement reposent sur des plateaux en chêne de 14 centimètres d'épaisseur, et calibrés à la largeur des plaques. Ces plateaux dépassent la plaque à chaque extrémité, pour recevoir les abouts des rails adjacents, avec leur éclissage. Entre les bifurcations des deux rails on pose sur le plateau de petites plaques en fonte striées à la surface, ayant une forme triangulaire, et maintenues par un tenon pris sous la plaque de croisement et par deux agrafes.

L'épaisseur de ces petites plaques est de 55 millimètres, et leur longueur est telle, qu'à leur extrémité on peut placer, entre les deux rails divergents, un pavé de 10 centimètres de largeur.

On relie les plaques de croisement avec les plateaux, comme les aiguilles, au moyen de 10 agrafes.

On remplace souvent ces plaques de croisement par une autre disposition qui se prête mieux aux cas d'incidence des rails difficiles à régler à l'avance dans les bifurcations. On interrompt un des rails, et on taille en biseau suivant l'angle d'incidence, les extrémités qui aboutissent au rail continu. Quant à ce dernier, on se contente de l'entailler au burin à sa partie supérieure, afin de donner passage aux boudins des roues. On rend les deux rails solidaires en réunissant les longrines au moyen d'équerres et de boulons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En ce qui concerne les *traversées* des voies de tramways, quand le passage est à angle droit, on emploie la disposition que nous venons d'indiquer, mais il n'y a pas lieu, dans ce cas, de biseauter les extrémités des rails. On peut aussi entailler à mi-bois une des longrines et fixer les deux par des boulons à tête noyée. Dans le cas où le croisement s'opère à angle aigu, ce qui est un inconvénient pour le pavage, il est difficile, à moins de donner une assez grande longueur aux aiguilles, d'avoir assez d'espace à leurs extrémités pour loger entre les rails convergents un pavé de 10 centimètres. Sur certains réseaux on a tourné cette difficulté en mettant en place un pavé artificiel en béton de ciment modelé sur place et recouvert d'une couche d'asphalte, et ce procédé a donné d'assez bons résultats.

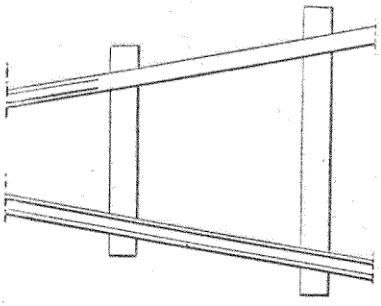


Fig. 69. — Disposition d'un croisement.

93. — *Raccordement des voies parallèles.* — Pour relier l'une à l'autre deux voies parallèles, on pose une voie diagonale, ou simplement une *diagonale*, qui comprend un changement à chaque extrémité, et deux croisements au passage de chaque voie. Cette communication s'établit par deux courbes renversées, tangentes l'une à l'autre en un point commun, ou séparées par une tangente commune.

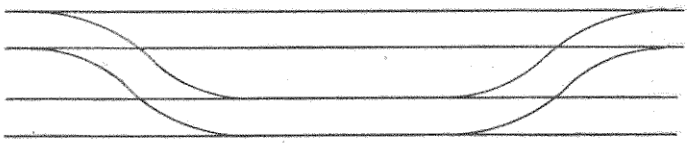


Fig. 70. — Raccordement de deux voies parallèles.

Ce petit alignement doit avoir, comme longueur, l'écartement d'essieux des voitures, afin que deux paires de roues ne puissent se trouver en même temps sur les deux courbes inverses.

On emploie les diagonales sur les lignes à deux voies pour pouvoir faire le service sur l'une d'elles seulement, dans le cas où l'autre viendrait à être momentanément condamnée. Sur les lignes à voie unique, c'est à l'aide des dia-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gonales qu'on dédouble les voies pour établir les évitements où se croisent les voitures.

La fréquence des départs est une des nécessités de l'exploitation des tramways. Mais, pour que le service s'y fasse avec régularité, il faut que la ligne ait deux voies. Lorsque le peu de largeur des rues n'en admet qu'une, on a recours au système américain. La circulation se fait, pour l'aller, sur la voie unique, et pour le retour, sur une autre voie placée, autant que possible, dans une rue parallèle. Souvent les lignes sont circulaires, et les cars roulent toujours dans la même direction. Cette disposition dispense les gares d'évitement, et ne limite pas le nombre des départs, comme dans le système à croisements qui constitue une des principales défectuosités de la construction, et surtout de l'exploitation des voies ferrées urbaines.

94. — *Voies d'évitement.* — Ayant à construire et à exploiter une ligne à voie unique, et connaissant la vitesse de marche et le nombre des départs par heure, on peut déterminer graphiquement ou par le calcul le nombre des évitements et leur espacement. En désignant par E cet espacement, par V la vitesse des cars, et par N le nombre des départs, on a la formule :

$$E = \frac{V}{N}$$

Avec une vitesse de 7.200 mètres par heure = 120 mètres par minute, — et des départs toutes les 5 minutes, soit 12 départs dans chaque sens et 24, en tout, par heure, la formule devient :

$$E = \frac{7.200}{24} = 300 \text{ mètres}.$$

Les évitements doivent donc être distants de 300 mètres. Mais, en pratique, il est souvent difficile d'établir dans les villes des croisements régulièrement espacés. On est forcé de les reculer ou de les avancer, faute d'emplacement pour loger deux voies, ou parce que l'emplacement convenable se trouve au débouché d'une rue, ou en face d'un monument dont les abords doivent rester libres.

Pour que les croisements se fassent régulièrement avec des départs toutes les 5 minutes, il faut que l'espace entre les évitements soit parcouru par tous les cars dans le même laps de temps, ce qui est impossible en pratique, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nombre des arrêts pour prendre et déposer des voyageurs n'étant pas le même pour toutes les voitures. Pour qu'il en fût autrement, il faudrait que les cars ne s'arrêtassent qu'aux voies d'évitement, c'est-à-dire, dans ce cas, tous les 300 mètres.

Lorsque les évitements sont placés en vue les uns des autres, on peut, en cas de retard ou d'avance, accélérer ou diminuer la vitesse d'un car, de manière à atteindre l'évitement en même temps que celui qu'il doit y rencontrer. Mais il n'en est plus de même lorsque les évitements sont placés dans des directions différentes, et que de l'un d'eux on ne peut apercevoir celui qui le précède et celui qui le suit. Pour éviter la rencontre des cars marchant en sens inverse, il faut avoir recours à des signaux à mains, faits par des hommes à poste fixe. C'est là une cause de dépense et de gêne pour l'exploitation.

Ce que nous avons dit à propos des courbes de raccordement s'applique aux voies diagonales. Les côtés courbes des aiguilles doivent s'adapter, sans coude apparent, au rayon de départ. L'emploi des aiguilles rectilignes en forme de V, et dont les tables de roulement font entre elles un angle nettement accentué, doit être proscrit des tramways.

On s'est conformé, en France, pour les tramways, aux règlements qui concernent la police du roulage. Contrairement à ce qui se fait pour les lignes à locomotives et, en Angleterre, pour les tramways comme pour tous les véhicules ordinaires, on fait suivre aux cars la voie de droite. Sur les lignes à voie unique le cocher doit toujours avoir, aux évitements, une voie à gauche.

95. — *Dispositions diverses des voies d'évitement.* — On établit les voies d'évitement de trois manières :

1° Sur l'un des côtés de la voie unique (fig. 71) ;

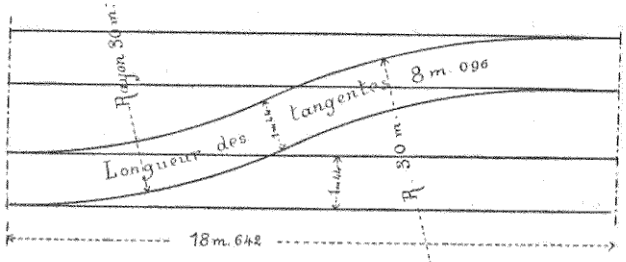


Fig. 71. — Voie de garage parallèle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Symétriquement par rapport à l'axe de cette voie (fig. 72) ;

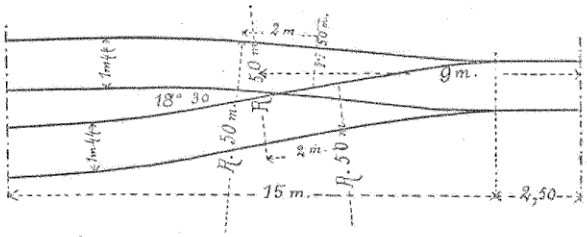


Fig. 72. — Voie de garage symétrique.

3° Obliquement par rapport à l'axe de la chaussée (fig. 73) ;

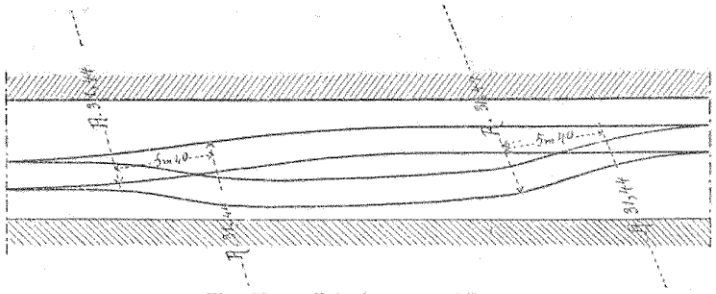


Fig. 73. — Voie de garage oblique.

Avec la voie d'évitement placée sur le côté, on préfère, généralement, le sens de la marche étant réglementé, condamner la voie de gauche et faire disparaître la continuité qui existe entre le rail proprement dit et la pointe de l'aiguille. Pour cela, on remplace cette dernière par une tige en acier formant ressort et fixée par deux boulons sur la plaque. Cette tige venant s'appuyer sur l'un des rails rend impossible l'entrée du car sur la voie de gauche ; elle est repoussée par le boudin des roues du car venant en sens inverse (fig. 71, 72, 73).

Dans le cas de l'évitement symétrique, on facilite la prise de l'aiguille par un artifice que nous avons vu appliquer très heureusement à Lille, dans le tracé des voies de croisement.

La courbe de la voie que l'on doit éviter commence à l'origine même de l'aiguille, tandis que celle de la voie que l'on doit prendre, commence à la sortie de l'aiguille, c'est-à-dire 2^{m},50 plus loin. Si le cocher a le soin de maintenir son attelage dans l'alignement de la voie qu'il vient de quitter, il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

franchit sans difficulté la pointe de l'aiguille et s'engage dans la voie de droite.

La troisième disposition, un moment appliquée par la Compagnie des Tramways-Nord à ses portions de lignes à voie unique, où la déviation de l'axe de la voie est établie avant l'évitement, n'est plus guère employée, car elle présente plusieurs inconvénients, surtout quand la contre-courbe suit

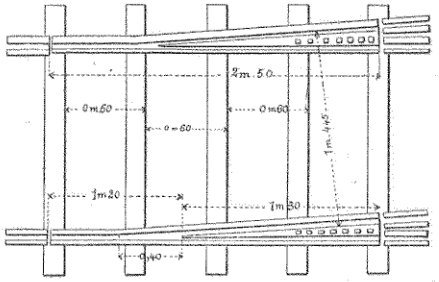


Fig. 74. — Aiguille à ressort.

immédiatement la courbe, ou que le rayon de celle-ci est trop faible. En conséquence ce sont les évitements sur le côté qui sont les plus employés, surtout à l'étranger. En Angleterre, sur le réseau des London-Street-tramways, on les rencontre fréquemment, et ils ne comprennent souvent que des parties

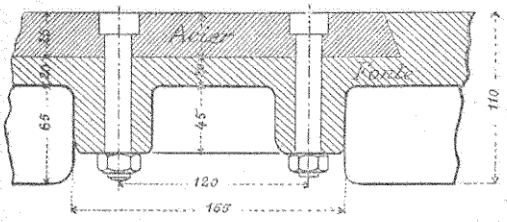


Fig. 75. — Coupe en travers de l'aiguille à son pivot.

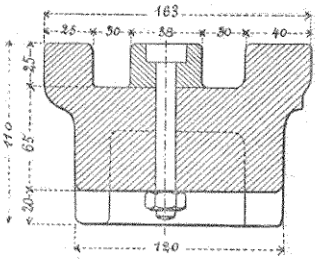


Fig. 76. — Coupe en long de l'aiguille à ressort.

courbes. La diagonale d'entrée et celle de sortie, dont les rayons ne dépassent pas 20 mètres, et les aiguilles 1^{m},50, sont raccordées par des arcs de para-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bole. Les évitements sont établis symétriquement et leur parcours ne présente pas les difficultés des précédents.

96. — *Longueur d'un changement de voie et d'un évitement.* — Pour déterminer la longueur l d'un changement de voie, connaissant le rayon R, l'angle de croisement α, et l'espace E, compris entre les axes des deux voies, on peut recourir à la formule suivante :

$$l = 2 \text{ tang.} \frac{1}{2} \alpha + \text{E} \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Si nous supposons l'angle α de 10 degrés, un rayon de 30 mètres pour les courbes intérieures, et de $31^{m},44$ pour les courbes extérieures, l'entrevoie de 1 mètre ou de $1^{m},09$, suivant qu'on la mesure à l'intérieur ou à l'axe des rails, on a, $\text{E} = 2^{m},44$, et les longueurs que voici :

	1 mètre	$1^{m},09$
Développement des courbes excentriques. .	$5^{m},48$	$5^{m},48$
— concentriques. .	5 ,23	5 ,13
Longueur des tangentes communes. . . .	8 ,10	8 ,61
Longueur du raccordement.	18 ,64	19 ,15

La longueur à donner aux voies d'évitement, qui comprend les deux raccordements et la portion en voie double intercalée entre eux, dépend du nombre de voitures que l'on veut y garer. En réservant à chaque véhicule un espace de 10 mètres, on peut loger deux cars sur une longueur de 20 mètres. A ce chiffre, il faut ajouter la valeur de 2 l, soit $18^{m},64 \times 2 = 37^{m},28$ d'après les données relatées plus haut. Il faut compter, en général, de chaque côté de la partie en alignement, sur 19 à 20 mètres, pour des rayons de 40 à 50 mètres, soit 40 mètres pour les deux, ce qui porte la longueur totale de la voie d'évitement à 60 mètres. Ces nombres feraient supposer que l'on peut, sur une pareille longueur loger six voitures, mais il n'est pas prudent de laisser stationner des véhicules chargés de voyageurs sur des parties en courbe, les chevaux ayant souvent beaucoup de peine à démarrer, surtout lorsque l'évitement est placé sur un des bas-côtés de la chaussée.

97. — *Terminus.* — On se sert des changements de voie aux *terminus* des voies ferrées pour faire passer les tramways de la voie d'arrivée sur celle de départ. Lorsque le bureau est placé du côté de la voie de départ, ce qui est le cas le plus ordinaire, les cars s'aiguillent à droite, et, après le change-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment de position de l'attelage, viennent stationner devant le bureau en attendant le moment de repartir. Si le bureau est, au contraire, placé du côté de la voie d'arrivée, on croise les voies, et la voie de départ devient celle d'arrivée, et vice versa. On peut voir un exemple de cette disposition au *terminus* des lignes des Tramways-Nord, à la Madeleine.

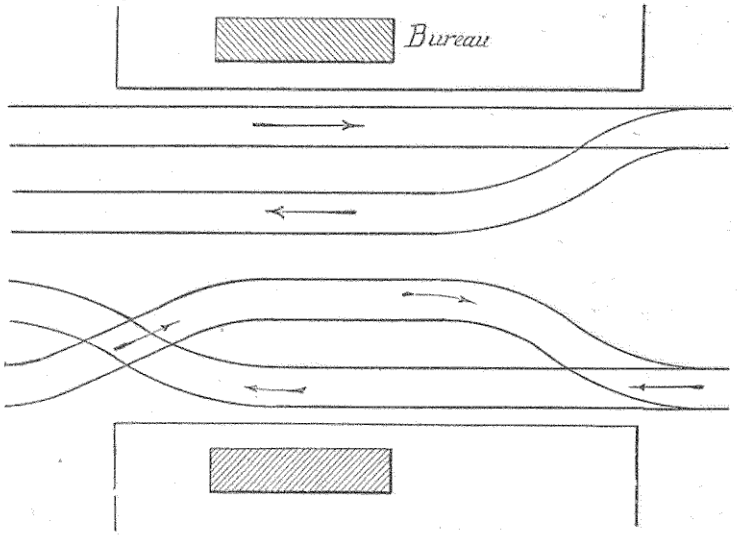


Fig. 77. — Disposition des voies au *terminus* d'un tramway.

98. — *Règles à suivre pour la pose d'un changement de voie.* — De ce qui vient d'être dit sur les changements de voie placés aux bifurcations ou aux abords des garages, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Dans l'établissement de ces changements, il faut adopter des rayons aussi grands que possible, et ne descendant pas au-dessous de 20 mètres; 2° Séparer les courbes et contre-courbes par des alignements droits égaux au moins à l'écartement des essieux du matériel roulant ; 3° Ne jamais faire usage d'aiguilles rectilignes ; 4° Poser les aiguilles dans les parties en alignement droit et jamais en courbe ; 5° Dans la ramification d'une voie en deux autres destinées à être parcourues dans les deux sens, ne commencer la courbe de celle de droite qu'après la partie rectiligne de l'aiguille ; 6° Enfin éviter le plus possible la prise des aiguilles en pointe, en employant, suivant le cas, des aiguilles mobiles ou à ressort. Ce dernier système est cependant assez dé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fectueux, car sa pointe destinée à faire ressort, se détrempe facilement par suite des vibrations répétées auxquelles elle est soumise, ce qui l'empêche de résister longtemps aux chocs, surtout quand la traction s'opère mécaniquement. Mais les modèles récents ont été améliorés et durent assez longtemps, tandis qu'il fallait remplacer tous les mois la pointe des aiguilles à ressort du premier modèle.

99. — *Aiguille automatique Delettrez.* — MM. Delettrez, les premiers constructeurs français de matériel de tramways, ont fait connaître un modèle

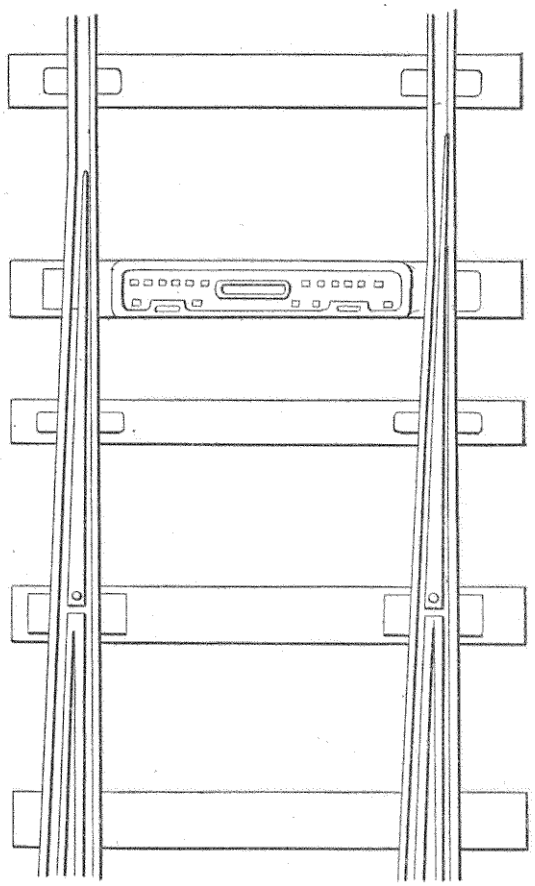


Fig. 78. — Aiguille automatique système Delettrez.

d'aiguille automatique très solide, d'un entretien presque nul, et d'un fonc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tionnement très sûr (fig. 78). Les traits caractéristiques de cette aiguille sont la suppression complète de la fonte comme surface de roulement; la continuation du rail et du contre-rail dans l'aiguillage, avec une largeur uniforme de l'ornière, ce qui n'a pas lieu dans les modèles précédents.

Au lieu d'une pointe en acier, l'aiguille Delettrez en possède deux, réunies entre elles par une base articulée, et soumises à l'action d'un fort ressort ou d'un contrepoids de rappel, qui les ramène toujours dans leur position normale. Les cars franchissent ces aiguilles sans chocs, et, par conséquent, ne les dégradent pas. Les véhicules ordinaires passent dessus sans crainte de voir leurs roues s'engager dans les vides de la fonte, comme cela arrivait souvent avec les anciens modèles. Ces aiguilles ont été adoptées en premier lieu par les tramways de Nantes et par ceux de Lyon, et ont, dans le premier comme dans le second cas donné de très bons résultats avec la traction par chevaux comme avec la traction mécanique. Elles coûtent moins cher que les aiguilles ordinaires, quoique les frais de premier établissement soient un peu plus élevés, et parce que les réparations sont très rares et l'entretien à peu près nul. Au moyen d'un appareil supplémentaire, simple et peu coûteux, un de ces aiguillages à droite ou à gauche ou symétrique, devient aiguillage de bifurcation, et peut donner la voie dans deux directions différentes.

100. — *Raquette des omnibus.* — La disposition connue sous le nom de raquette, et qui sert à tourner les voitures de tramways à avant-train, a été construite en 1880 sur les plans de M. Delonchant, ingénieur à la Compagnie des Omnibus. Le fonctionnement s'exécute de la façon suivante : Le cocher fait avancer le car qu'il conduit, sur les deux rails qui forment le prolongement de la voie en alignement droit, et qui sont tangents aux deux courbes que doivent suivre les roues d'arrière. Ces prolongements ont la même longueur que l'écartement des essieux, c'est-à-dire $2^{m},40$ environ. Les roues d'avant, arrivées à l'extrémité du prolongement, le cocher rend l'avant-

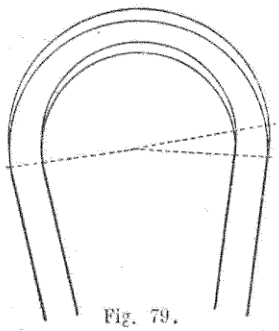


Fig. 79.
Raquette des omnibus de Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

train mobile en soulevant le verrou de déclanchement, puis il dirige ses chevaux vers le centre de la courbe. Le premier essieu opère un mouvement de conversion qui lui fait prendre la courbe placée à la suite du prolongement, tandis que l'essieu d'arrière qui, à ce moment, se trouve au point de tangence des deux courbes, les suit jusqu'à l'extrémité de la raquette. Le mouvement de rotation terminé, les choses rentrent dans leur état normal ; le cocher rétablit la fixité de l'avant-train, et la voiture ainsi retournée reprend l'alignement droit.

Ainsi donc, cette raquette comporte deux pistes. Celle suivie par les roues d'avant se compose de la deuxième et de la quatrième courbe en partant du centre ; celle sur laquelle s'engagent les roues d'arrière comprend la première et la troisième courbe. La largeur de chaque piste est égale à celle de la voie ($1^m,44$). L'angle de déviation que fait l'essieu d'arrière avec celui d'avant, au moment où celui-ci est rendu mobile, est constant pendant le parcours de la raquette et demeure à 18°.

Le rayon de la première piste est de $7^m,046$ pour la courbe concentrique, et de $7^m,04 + 1^m,44 = 8^m,48$ pour la courbe excentrique. Le rayon de la seconde piste est de $6^m,66$ pour la courbe concentrique, et $6^m,66 + 1^m,44 = 8^m,10$ pour la courbe excentrique. L'excentricité des pistes est de $0^m,38$.

Cette disposition, employée à plusieurs terminus, de préférence aux plaques tournantes plus coûteuses, est aussi appliquée à Paris pour tourner à angle droit certains coins de rues, lorsque l'espace manque et ne permet pas de développer les courbes. Les rayons, dans ce cas, peuvent être augmentés ; l'angle de déviation diminue ainsi que l'intervalle des pistes.

101. — *Plaque tournante Delettrez.* — Il arrive quelquefois qu'on ne peut trouver à un terminus l'emplacement nécessaire pour y établir une voie de raccordement. On a alors recours à une plaque tournante, ainsi que l'a fait la Compagnie des Tramways-Sud à ses différents terminus.

Mais la plaque tournante des chemins de fer, avec sa partie supérieure en tôle ou son plancher en bois, est inadmissible sur une chaussée où passent des chevaux. MM. Delettrez ont imaginé, pour en tenir lieu, un appareil ayant la même disposition, mais qui, par ses détails, se prête mieux aux exigences des tramways (fig. 80 et 81).

La partie inférieure du cylindre est fermée par un fond qui couvre les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appareils de rotation, et forme une sorte de cuve dans laquelle on peut établir un pavage complet en grès, en bois, en briques minéralisées, etc. Le passage sur ces plaques ne présente pas plus de chances d'accidents que sur le pavage adjacent de la chaussée.

Fig. 81. — Plan.

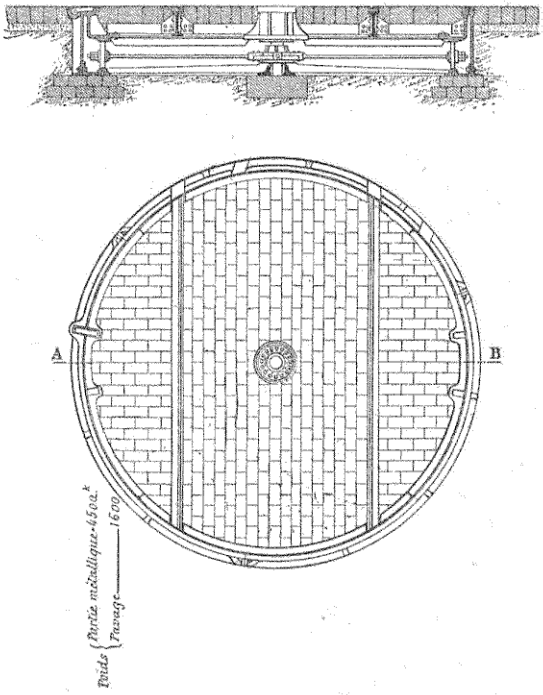


Fig. 80. — Plaque tournante Delettrez.

Un des grands avantages de la plaque Delettrez est de pouvoir être placée sur un des bas-côtés de la chaussée, sans être pour cela obligé de changer le profil transversal. Qu'elle soit établie horizontalement ou sur un plan un peu incliné, la manœuvre se fait avec la même facilité. Une plaque de ce modèle, établie au terminus de la place Moncey à l'époque où les moteurs à air comprimé remorquaient les cars de la ligne de Saint-Denis, a fonctionné pendant plusieurs mois à la satisfaction du public et à celle de la Compagnie des Tramways-Nord.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La plaque tournante Delettrez a reçu à Paris, l'approbation de l'Administration, et elle a été adoptée à Nantes pour les tramways à air comprimé auxquels elle rend de grands services.

102. — *Triangle américain.* — Sur les lignes à traction mécanique, la disposition en Y connue sous le nom de *triangle américain*, tient souvent lieu de plaque tournante. Ce triangle se compose de trois côtés courbes, dont le plus grand, formant la base, doit présenter, à chaque angle, une partie droite mesurant au moins 6 mètres. Pour la voie simple, il faut trois aiguilles, de préférence à ressort ou automatique; il n'en faut que deux pour une voie double.

Avec un rayon de 25 mètres, le grand côté du triangle présente un développement de $36^{m},83$ pour la voie simple, et de $37^{m},95$ pour une voie double. Ce n'est donc que sur des chaussées ayant au moins cette largeur qu'on peut établir un triangle. Cependant, en croisant les voies doubles, on arrive à réduire la longueur de la base à $29^{m},23$, mais à la condition que l'écartement

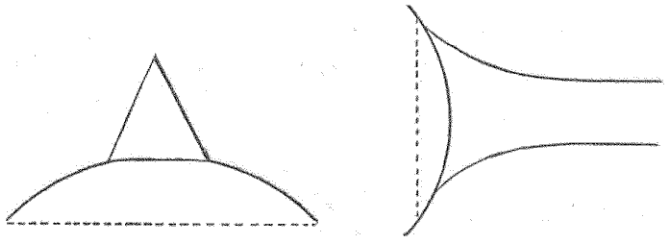


Fig. 82 et 83. — Triangles américains.

des voies après le croisement soit égal à la base même; mais il faut pour cela une chaussée ayant au moins $29^{m},23$ de largeur. Pour descendre au-dessous de ce chiffre, il faudrait diminuer le rayon des courbes, ce qui n'est pas toujours possible avec la traction mécanique, lorsque la machine a un écartement d'essieux supérieur à celui des cars. L'installation de ce système de virage de tramways se trouve ainsi subordonnée à diverses conditions dont il est impossible de ne pas tenir compte.

103. — *Prix de revient des voies de tramways.* — M. Saint-Yves a calculé le prix de revient de la voie des Tramways-Nord et Sud, et il résulte de ses relevés, que le mètre courant de ce système de voie est revenu à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

21 francs, lors de l'installation du réseau en 1874. Pour 1 mètre courant de voie simple, on peut le déduire comme suit :

PAVAGE

1° *Sur chaussée déjà pavée.*

Démolition, terrassement, fourniture de sable et façon de pavage.	6fr,50
Fourniture de boutisses en remplacement de vieux pavés, ces pavés restant propriété de la compagnie. . . .	5 , »
Total.	11fr,50

2° *Sur chaussée empierrée.*

Démolition de macadam et fouilles.	1fr,80
Transport de déblai de terre	1 ,50
Pavage, y compris fourniture de sable et pavés . . .	33 ,70
Total.	37fr,00

CONSTRUCTION D'UN MÈTRE COURANT DE VOIE SIMPLE.

1° *Sur chaussée déjà pavée.*

Partie métallique, fourniture et pose.	21fr,00
Pavage	11 ,50
Raccordement de pavage en dehors de la zone du tramway.	1 ,00
Travaux accessoires, déplacement des bordures de trottoirs, et modification de bouches ou regards d'égout.	1 ,50
Total.	35fr,00

2° *Sur chaussée empierrée.*

Partie métallique, fourniture et pose	21fr,00
Pavage.	37 ,00
Travaux accessoires	1 ,50
Total.	59fr,00

Il importe de faire remarquer que le prix de 1 fr. 25, pour la pose, est un *minimum*, le prix généralement admis étant de 2 f. 50 par mètre courant et souvent 3 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le prix de revient de la voie des Omnibus peut être établi comme suit, pour 6 mètres de voie :

2 rails en fer, de 6 mètres, à 23 kilog.; soit 276 kilog. à 250 francs les 1.000 kilogrammes	69fr,00
6 longrines en chêne, de 2 mètres, à 4 francs l'une . .	24 ,00
2 plaques de joint en fer, profilées pour rails, à 2k,100, soit 4k,200, à 0 fr. 25.	1 ,05
6 éclisses droites pour longrines, à 0k,800, soit 4k,800 à 0 fr. 25.	1 ,20
24 boulons d'assemblage à 0k,250 ; 6 kilog. à 0 fr. 30. .	1 ,80
6 rondelles triangulaires, pesant 0k,500, à 0 fr. 30. . .	0 ,15
Plus-value pour fonte et bois d'aiguillage et croisement : $\frac{1}{15}$.	6 ,48
Pose de 6 mètres de voie droite, à 1 fr. 25.	7 ,50
Plus-value pour courbes et aiguillages : $\frac{1}{10}$	0 ,75
Total pour 6 mètres. . .	111fr,93

Soit par mètre courant : 18 fr. 65.

A ce chiffre de 18 fr. 65, il convient d'ajouter 11 fr. 50 s'il s'agit d'une chaussée déjà pavée, et 37 francs si la voie doit être posée sur une chaussée empierrée. La construction d'un mètre courant de voie simple peut alors être évaluée comme suit :

1° *Sur chaussée déjà pavée.*

Partie métallique, fourniture et pose.	18fr,65
Pavage.	11 ,50
Raccordement de pavage en dehors de la zone du tramway	1 ,00
Travaux accessoires, déplacement de bordures de trottoirs, et modification des bouches ou regards d'égout.	1 ,50
Total. . . .	32fr,65

2° *Sur chaussée empierrée.*

Partie métallique, fourniture et pose.	18fr,65
Pavage	37 ,00
Travaux accessoires.	1 ,50
Total. . . .	57fr,15

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le premier cas, le prix de la voie double est de 32,650 francs × 2, ou de 65,300 francs, et dans le second de 57,150 francs × 2, ou de 114,300 francs.

D'après le Rapport des Omnibus sur les comptes de l'exercice de 1890, le prix moyen du kilomètre de voie double est de 113,145 fr. 95.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2 — Matériel & Traction

CHAPITRE PREMIER

LES VOITURES ET LES CARS

DES

Compagnies de Tramways Françaises et Étrangères

104. — *Classification des voitures de tramways.* — Les différents types de voitures de tramways peuvent être rangés dans deux classes : celle des *voitures à impériale* et celle des *voitures sans impériale.* Les unes et les autres sont *symétriques* ou *non symétriques.*

Dans le premier cas, leurs extrémités sont identiques et on peut les atteler indifféremment à l'avant ou à l'arrière. Elles sont alors *indéraillables*, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent à volonté quitter la voie et la reprendre, quand les circonstances rendent cette manœuvre nécessaire.

Dans le second cas, celui où la symétrie n'existe pas, les cars sont généralement *déraillables;* ils ont un avant-train mobile, ou tout autre système qui en tient lieu et leur permet de quitter les rails pour rouler momentanément sur la chaussée. Il faut, toutefois, faire une exception pour les petits cars à un cheval tels qu'on les emploie aux États-Unis. Ils sont rarement symétriques et, cependant, ils ne peuvent dérailler à volonté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

105. — *Voiture-tramway des Omnibus de Paris.* — Parmi les voitures non symétriques, nous placerons en première ligne celle à 50 places de la Compagnie des Omnibus, dont la figure 83 représente le dernier modèle; il dérive de l'ancien type qui avait été substitué par M. Loubat au car américain. Une impériale règne sur toute la longueur de la caisse, avec passage au-dessus de l'auvent de la plateforme et avec sièges adossés. Ces sièges sont formés de lamelles en bois espacées et ont pour dossier une simple barre. L'accès a lieu par un escalier tournant, qui prend son point d'appui sur la plateforme.

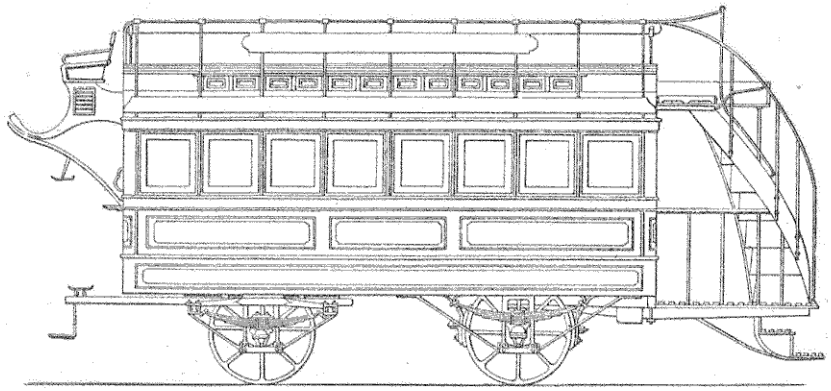


Fig. 84. — Voiture-tramway à impériale de la Compagnie des Omnibus.

La caisse contient 20 personnes, l'impériale 24 au lieu de 22 qu'avait le premier modèle; 6 voyageurs sont admis sur la plateforme. La voiture pèse 3.350 kilogrammes vide, et 6.730 kilogrammes pleine, personnel compris.

L'écartement des essieux est de $2^{m},40$ et le diamètre des roues de 1 mètre. Elles sont munies de boudins du côté droit: du côté gauche, elles sont folles et les bandages n'ont pas de saillie.

La voiture est montée sur des ressorts à lames d'acier, disposés comme ceux des chemins de fer.

Le siège du cocher est placé sur l'impériale. L'appareil de déclanchement est à sa portée. Cet appareil, au moyen duquel on rend l'avant-train mobile,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se compose d'une pièce portant une gâche logée sous l'avant de la caisse, entre les deux armons, et dans laquelle pénètre un verrou. Ce verrou est relié à une tringle que le cocher peut lever ou abaisser au moyen du levier placé à sa droite. L'appareil de déclanchement est dissimulé dans la caisse, et on ne voit à l'extérieur que le levier.

C'est à l'aide de cet appareil que la voiture des Omnibus peut franchir les courbes raides au croisement des rues et les raquettes qui servent à tourner les véhicules aux stations d'arrivée.

Dans le premier modèle, encore en usage sur beaucoup de lignes, les roues pénètrent dans la caisse comme dans le système américain. Dans le nouveau modèle, elles sont extérieures au panneau de brisement, comme dans la voiture Loubat. Le nombre des baies de côté a été réduit de 8 à 6, et leur hauteur portée de 63 centimètres à 80. Enfin, la plateforme n'est plus qu'à 60 centimètres du sol, ce qui permet de n'avoir qu'une marche au lieu de deux. L'entrée est à l'arrière de la plateforme et le marchepied est parallèle à la voie.

Le lanterneau, qui s'étend du siège du cocher à l'auvent des plateformes, ne donne à l'intérieur de la caisse ni jour ni air. L'éclairage et la ventilation de ces voitures laissent à désirer.

Sur les lignes à grand trafic où les tramways sont inadmissibles, la Compagnie des Omnibus emploie de grandes voitures à 40 places, soit 42 avec le personnel, pesant à vide 2.600 kilogrammes ; ce chiffre correspond à 62 kilogrammes de poids mort par personne. En comptant à 65 kilogrammes le poids moyen d'un voyageur, cette voiture pèse 5.360 kilogrammes à chargement complet.

Elle nécessite trois chevaux, non compris les chevaux de renfort sur les rampes. Comparée à l'ancien omnibus, cette voiture est très confortable, la place réservée à chaque voyageur étant de $0^m,485$. Elle a 4 mètres de longueur sur $1^m,90$ de large ; la voie entre les grandes roues est de 2 mètres. On lui reproche de *fringaler* et d'être d'un menage difficile.

106. — *Cars à impériale de Copenhague.* — Ces cars diffèrent essentiellement des voitures employées sur les réseaux de tramways de Paris : ils ont été imaginés en 1873 par M. Keiffer et présentent l'avantage de pouvoir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sortir à volonté de l'ornière des rails dans laquelle ils roulent. A cet effet, ils portent deux paires de roues ordinaires et une paire de roues à boudin qui seules entrent dans le rail.

Quand la voiture doit sortir de la voie pour rouler sur la chaussée, le cocher soulève, au moyen d'une manivelle de commande, les petites roues à boudin placées à l'avant du véhicule ; il les abaisse au contraire pour reprendre la voie.

Les ressorts de suspension de la caisse se composent d'anneaux en caoutchoux séparés entre eux par des rondelles métalliques. Un fort boulon, placé au centre, empêche les anneaux de se déplacer. Le car peut recevoir 32 voyageurs : 18 à l'intérieur et 14 sur l'impériale.

107. — *Cars à impériale du réseau des Tramways-Sud de Paris.* Ces véhicules ont été établis par MM. Delettrez, et il faut reconnaître qu'ils présentent une bien meilleure disposition que les cars, d'origine anglaise, qui furent fournis au début par M. Harding. Les tramways Delettrez sont caractérisés par leur châssis formé de deux longerons en fer, forme E, réunis entre eux par des traverses de chêne et contre lesquels viennent se fixer les brancards de la caisse par l'intermédiaire de boulons. Le longeron peut d'ailleurs être simplement en fer en E sur lequel on fixe le brancard de caisse au moyen d'équerres en fer. Les longerons, en se prolongeant au delà de la caisse, constituent les plateformes qui ne sont, en réalité, que le prolongement du châssis.

La suspension se compose de ressorts en acier reposant sur des boîtes à huile système Delannoy. Il n'y a qu'un millimètre de jeu entre le coussinet et les deux portées de la fusée, tout le jeu nécessaire pour le passage des courbes étant réservé entre la boîte et la plaque de garde.

Une croix de Saint-André consolide le châssis, évite sa déformation et conserve le parallélisme des essieux.

Toutes les voitures du système Delettrez sont munies d'un frein breveté, dont la description est donnée plus loin.

Les plateformes offrent une solidité que l'on ne trouve pas dans le système américain, où elles sont reliées à la caisse sans en faire partie intégrante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La flexion, que l'on remarque si souvent dans les plateformes rapportées, n'est pas à redouter avec le système Delettrez.

Les marchepieds sont placés aux extrémités et un peu de biais. Cette disposition, qui a l'avantage de forcer les voyageurs des plateformes à s'adosser aux montants de la caisse et à laisser ainsi l'entrée libre, a été adoptée presque partout en France.

La voiture du réseau-Sud, modèle Delettrez, contient 42 places savoir :

Intérieur, 16 ;
Plateforme, 8 ;
Impériale, 18.

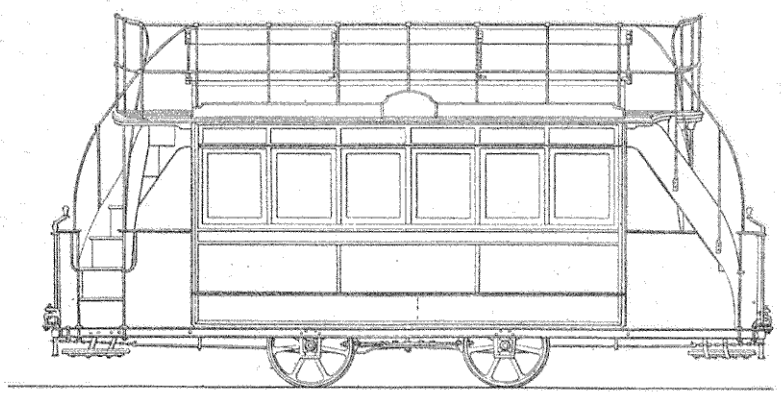


Fig. 85. — Tramways des lignes du Réseau-Sud.

La longueur de la caisse est de $4^{m},150$ et la longueur totale de $6^{m},750$. Les roues ont $0^{m},75$ de diamètre et les essieux un écartement de $1^{m},80$. Le poids de la voiture à vide est de 2.700 kilogrammes.

C'est à ce modèle que MM. Delettrez ont appliqué pour la première fois leur palonnier-ressort, dont ils ont élevé le point d'attache en le plaçant au-dessus du plancher de la plateforme. Par cette disposition, le tirage se fait dans de meilleures conditions et la force du cheval est mieux utilisée.

108. — *Car à impériale des tramways de Lyon.* — Les voitures à impériale livrées par MM. Delettrez aux Tramways-Nord pour les lignes de Saint-Denis, sont sur le modèle de celles du Sud. Il en est de même des cars que ces ingénieurs ont fournis aux tramways de Lyon, dont ils étaient les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entrepreneurs généraux. La contenance de ces véhicules est de 52 places, savoir :

Intérieur, 16 ;
Plateformes, 12 ;
Impériale, 24.

Ce nombre de 24 voyageurs a été obtenu en plaçant en travers de l'impériale, à chaque extrémité, deux bancs pouvant recevoir chacun trois voyageurs. Les dimensions principales sont les mêmes pour les voitures du Sud, du Nord et de Lyon. Quant au poids, il est de 2.700 kilogrammes pour les cars parisiens et de 2.800 kilogrammes pour les cars lyonnais.

109. — *Cars des tramways de Bordeaux.* — La Compagnie des Tramways et Omnibus de Bordeaux a adopté la voiture à impériale pour les lignes principales et la voiture sans impériale pour les lignes secondaires de son réseau. Ces deux types ont été construits à Paris, dans les ateliers de construction de la Villette.

Le châssis en fer en U est formé de deux pièces seulement. Il est le même pour les deux types.

La voiture à impériale est de la contenance de 44 voyageurs, qui sont répartis comme suit :

Intérieur, 16 ;
Plateformes, 10 ;
Impériale, 18.

La voiture sans impériale peut recevoir 14 voyageurs à l'intérieur et 12 sur les plateformes, soit en tout 26 voyageurs.

Les ressorts de suspension sont en acier. L'écartement des essieux est de $1^m,700$ pour le premier type et de $1^m,50$ pour le second.

La longueur de la caisse est de 4 mètres et la longueur totale de $6^m,500$ pour les voitures à impériale. Dans celles qui n'en ont pas, la caisse n'a plus que $3^m,50$ et la longueur entre les tabliers ne dépasse pas $6^m,05$; leur largeur, toutes saillies comprises, est seulement de $1^m,90$.

Le poids des voitures à impériale est de 2.200 kilogrammes, et celui des voitures sans impériale de 1.800 kilogrammes.

Ce matériel, dont les détails de construction sont très soignés, est très roulant et fait un bon service.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

110. — *Cars à impériale.*— La voiture d'été, à impériale, que M. Morel-Thibaut a fournie aux Tramways de Milan, présente une disposition différente de celle que nous venons de décrire. Elle est symétrique ; les escaliers sont droits et placés dans le sens longitudinal. Les auvents des plateformes, solidement soutenus, sont occupés par des sièges doubles disposés comme ceux qui règnent sur le milieu de la voiture et séparés par des passages qui rendent la circulation facile.

La contenance de cette voiture est de 56 places, y compris celles du conducteur et du cocher, qui restent debout. Les 54 voyageurs sont répartis 30 à l'intérieur et 24 à l'impériale. Le poids de cette voiture, à vide, est, d'après son constructeur, de 2.300 kilogrammes.

111. — *Cars américains.* — Le car de Springfield, représenté par la figure 86, n'a pas d'impériale et n'est pas disposé symétriquement. Il n'a de

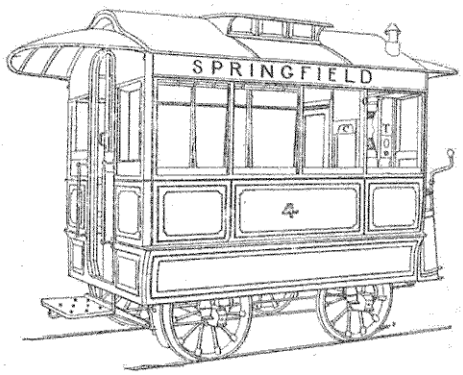


Fig. 86. — Voiture de Springfield.

plateforme que sur l'avant ; c'est là que se tient le cocher. L'entrée se fait à l'arrière ; près de la porte, on a installé une boîte à perception (*fare box*) où le voyageur est tenu, en entrant, de déposer le prix de sa place. Les petits cars à un cheval contenant de 10 à 12 places et n'ayant pour tout personnel qu'un cocher conducteur, n'ont le plus souvent qu'une plateforme en avant, et la boîte de perception est placée derrière lui, pour qu'il puisse voir sans se déplacer, si les voyageurs déposent bien dans le fond le prix exigé. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

figure 87 représente un car à deux chevaux construit par M. J.-G. Brill, de Philadelphie, pour le réseau d'Evansville.

En Europe, les cars à un cheval sont généralement symétriques. Ceux que possède la Compagnie des Omnibus et qui peuvent, pour la plupart, être attelés indistinctement à un cheval ou à deux chevaux, ont leurs extrémités identiques. Cette Compagnie est la seule qui n'ait pas adopté exclusivement le car à impériale ; ses premières voitures en étaient dépourvues, et elle n'a accepté plus tard l'impériale que parce qu'elle lui a été imposée.

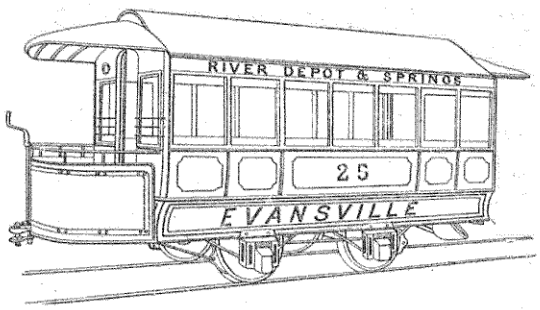


Fig. 87. — Voiture-tramway de Brill.

112. — *Cars sans impériale des Tramways-Nord.* — Sur les 98 cars du type américain qui formaient, au début, en 1875, le stock du matériel roulant des Tramways-Nord, 31 avaient été construits par MM. Chevalier, Cheylus et Cie et par MM. Bonnard frères, sur les plans de MM. Delettrez. MM. Chevalier, Cheylus et Cie ont également fourni 16 voitures pour les locomotives sans foyer, de Francq, dont 10 couvertes et 16 découvertes. Les premières contenaient 30 voyageurs : 14 à l'intérieur et 16 sur les plateformes. Leur poids était de 2 tonnes. Les ateliers d'Ivry ont également livré aux Tramways-Nord 20 voitures pouvant recevoir 32 voyageurs et ne pesant que 1.625 kilogrammes. Au Havre, à Lille, à Nancy, à Tours où circulent des cars de ce modèle, La traction se fait avec un cheval, tandis qu'à Paris ils sont attelés de deux chevaux de force moyenne.

MM. Desouches, David et Cie ont livré aux Tramways-Nord, en 1876, 20 voitures avec châssis en fer, suspension en caoutchouc et frein Stilmant adapté aux tramways. Leur contenance est de 38 voyageurs : 14 à l'intérieur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et 24 sur les plateformes. Leur poids atteint 2.360 kilogrammes. Ces voitures sont très solides, mais trop lourdes pour la traction chevaline ; elles conviennent parfaitement à la traction mécanique. Des voitures fournies à la même époque par M. Morel-Thibaut avaient la même contenance et ne pesaient que 2.000 kilogrammes. Elles sont encore en service.

113. — *Car de Montpellier.* — La Compagnie de Construction de la Villette a construit, pour les tramways de Montpellier, un car fermé de 14 places et portant une petite plateforme à l'avant et à l'arrière. Le châssis de ces voitures est en tôle découpée et leur suspension se compose de blocs en caoutchouc. La longueur de la caisse est de $3^m,60$, et la longueur totale de $4^m,80$. Leur écartement d'essieux n'étant que de $1^m,50$, elles peuvent passer dans des courbes à très petit rayon. Leur poids ne dépasse pas 1.300 kg.; un seul cheval suffit pour les traîner sur des rampes qui exigent généralement un renfort.

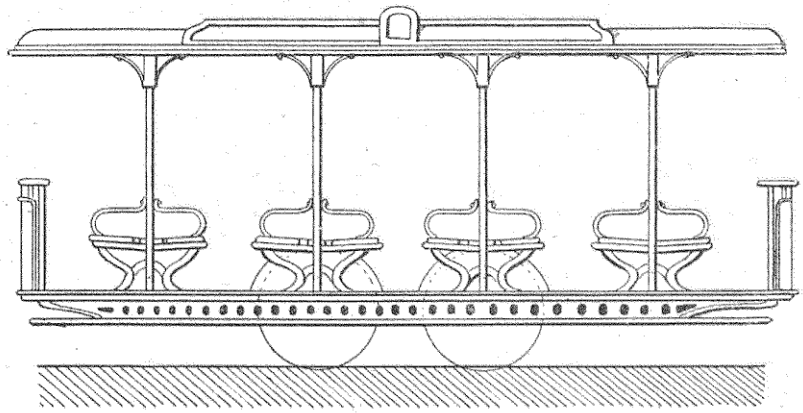


Fig. 88. — Car découvert des tramways de Madrid.

114. — *Car découvert de Madrid.* — Le car découvert convient surtout aux pays chauds. On l'emploie, cependant, dans beaucoup de villes où la température pendant l'été ne semble pas nécessiter des voitures de ce genre. A Bruxelles, à Versailles, les cars découverts sont très appréciés du public. Les ateliers de la Villette en ont construit un certain nombre pour les tramways de Madrid, sur le modèle représenté figure 88. Le châssis est le même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que celui de la voiture de Montpellier ; la suspension est en caoutchouc ; l'écartement des essieux n'est que de 1m,50, quoique la voiture ait une longueur de 6m,380. La contenance est de 32 personnes, toutes assises, le car n'ayant pas de plateformes. Le car de Madrid a une largeur de 1m,90 entre les montants et de 2m,25 entre les bord extrêmes des marchepieds placés sur le côté. Son poids à vide est de 1.500 kilogrammes.

115. — *Cars découverts système Suc.* — La disposition est à peu près la même pour toutes les voitures découvertes de grande contenance que l'on construit pour les tramways ; la différence est seulement dans les détails. Les dossiers fixes sont quelquefois remplacés par des dossiers mobiles, comme dans le matériel des chemins de fer américains, et, dans certains cas, l'entrée est à l'arrière, l'espace manquant sur les côtés pour y loger les marchepieds.

Sur la petite ligne de tramways allant de la Porte-Maillot au Jardin d'Acclimatation, à travers le bois de Boulogne, les voitures construites par Suc, sont disposées en forme de char-à-bancs et contiennent 10 voyageurs. Elles sont suspendues sur quatre ressorts et munies d'un frein puissant à quatre sabots enrayant les quatre roues à la fois. Ces voitures peuvent être accouplées deux par deux et traînées avec leur chargement complet par un poney allant au trot. La voiture sans plateforme s'accroche derrière la première, de façon à former un train. Ce petit tramway à voie étroite a obtenu un véritable succès depuis son apparition.

116. — *Cars des tramways de Caracas.* — Ces voitures ont été construites par M. Delettrez le constructeur des voitures du réseau des Tramways-Sud de Paris.

Elles sont disposées de la même manière que les cars découverts de Madrid. Les bancs peuvent recevoir chacun trois voyageurs. Les ressorts de suspension et de traction sont en acier. La longueur des véhicules est de 3m,40, la largeur de 1m,60, et l'écartement des essieux de 1m,20 seulement. Le poids ne dépasse pas 700 kilogrammes. C'est une très bonne disposition pour les lignes à voie étroite, de 60 à 75 centimètres de largeur.

117. — *Accessoires des voitures.* — *Ressorts de suspension.* — Les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cars américains sont suspendus sur des poires en caoutchouc (fig. 89 et 90). La boîte à graisse porte, à droite et à gauche, une sorte de plateau, garni de deux petits cônes venus de fonte qui pénètrent dans le bas des poires ; une disposition analogue les maintient dans le haut. On interpose, entre les cônes

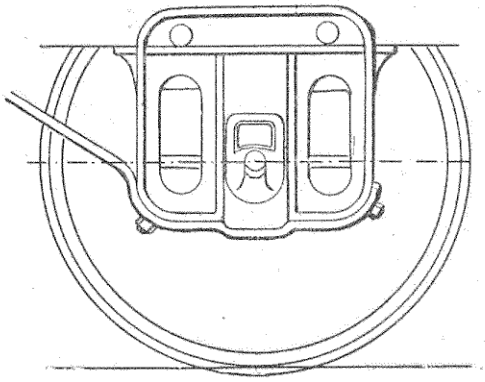


Fig. 89 — Suspension à caoutchouc (vue de face).

et le caoutchouc, de petites cuvettes entre lesquelles la poire est comprimée quand elle fléchit sous la charge. Le plus souvent, la plaque porte des oreilles latérales qui s'opposent à la déformation des poires sur le côté. Au lieu de

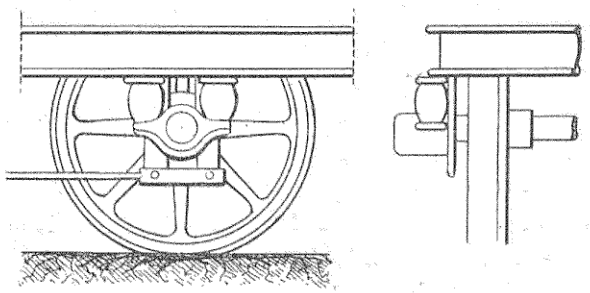


Fig. 90. — Suspension à caoutchouc. — Fig. 91. — Vue de profil.

deux poires par plaque, on n'en met quelquefois qu'une, sur le milieu de la boîte à graisse, mais cette disposition ne vaut pas la précédente. Quelques constructeurs remplacent ces poires par des ressorts à boudin portant une partie centrale en caoutchouc, ou encore par des ressorts à volute (fig. 92 et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

93). En France, on donne la préférence à des ressorts à lames ordinaires, placés en dessus et en dessous de la boîte à graisse (fig. 94). Enfin les plaques de garde sont généralement reliées entre elles par une entretoise, et associées au brancard par des entretiches.

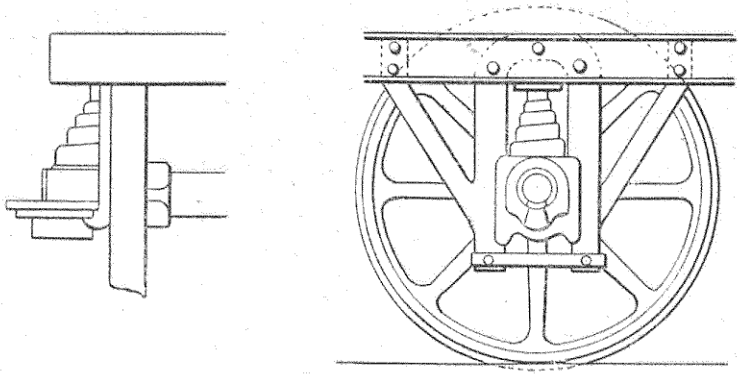


Fig. 92 et 93. — Ressorts à volute, pour roues de tramways. Vue de côté et de face.

118. — *Attelage et ressorts de traction.* — On emploie la flèche ou timon dans l'attelage à deux chevaux ; cependant quelques compagnies lui préfèrent la volée pour les sections où il n'y a pas de fortes rampes. Pour les voitures à un seul cheval, on se sert plus communément d'un palonnier.

Les ressorts de traction sont presque toujours très simples. Ils se composent soit d'un bloc en caoutchouc placé obliquement sous la plateforme, soit d'un ressort à boudin, soit encore d'un ressort en acier en forme de volute. Alors le bloc et le ressort sont traversés par une tige de fer portant une mâchoire, et c'est dans cette mâchoire que l'on fixe, au moyen d'une forte goupille, l'anneau du palonnier, de la volée ou de la flèche, suivant le genre d'attelage dont il est fait usage. Quelques constructeurs se dispensent de mettre un ressort au crochet de traction, mais c'est une erreur, car cette omission rend l'effort du démarrage beaucoup plus dur.

119 — *Essieux et roues.* — Le corps et les portées de calage des essieux de tramways ont le même diamètre.

En France, les roues sont généralement en fer et munies, le plus souvent, avec bandage en acier rapporté (fig. 94). Leur diamètre, à la surface de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

roulement, varie de $0^m,72$ à $0^m,75$. Celles qui ont été livrées aux Tramways-Nord pesaient, avec l'essieu, 200 kilogrammes. Quelques compagnies emploient, de préférence, des roues en fonte très serrée, avec bandage en acier. Aux États-Unis, les roues en fonte sont exclusivement employées sur les chemins de fer et les tramways. Celles qui sont coulées en coquille pèsent, montées sur l'essieu, 155 kilogrammes la paire, et coûtent 12 dollars (65 francs).

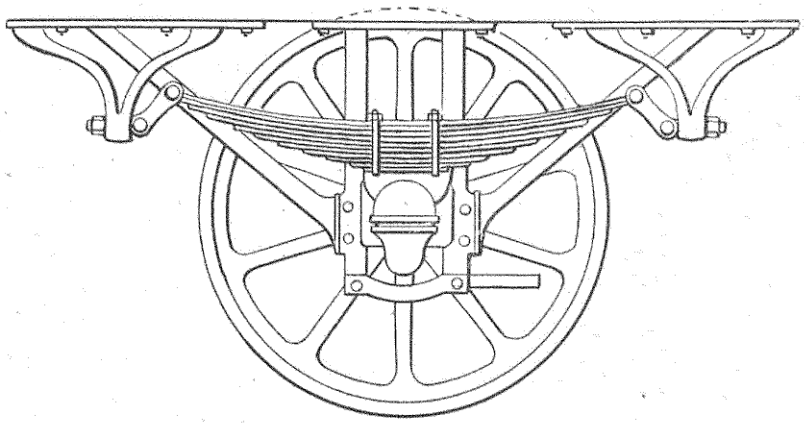


Fig. 94. — Roue montée sur ressorts à lames, des voitures-tramways.

Elles sont très employées sur les tramways étrangers. Leur parcours moyen est, dit-on, de 48.000 kilomètres, et leur durée de 13 à 14 mois. Cependant, sur les lignes à fortes rampes, l'usage fréquent du frein altère rapidement la surface de roulement.

Les roues en fonte sont pleines ou à rais. Quelques tramways emploient des roues en acier fondu.

120. — *Passage dans les courbes. — Système Larsen et Cleminson.* — On facilite le passage des cars dans les courbes raides en rapprochant le plus possible les essieux, et en laissant un certain jeu entre la boîte à graisse et la plaque de garde. Pour de grandes voitures, le rapprochement des essieux a pour conséquence de les faire *plonger* de l'avant ou de l'arrière, surtout quand le chargement est inégalement réparti.

M. Larsen, en France, et M. Cleminson en Angleterre, ont cru pouvoir corriger ce défaut en montant les cars sur trois essieux au lieu de deux. Voici

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comment M. Larsen, qui avait exposé en 1878 une voiture construite d'après son système, en décrit la disposition :

« Le train du milieu, qui porte deux roues plus petites que les roues ordinaires, et qui n'a aucune attache directe avec la voiture, est parfaitement libre de suivre toutes les courbes, malgré la rigidité du châssis. Ce train est relié par des tiges articulées avec deux autres trains dont les roues ont les dimensions ordinaires ; ces derniers trains sont reliés au châssis de la voiture par des pivots ou chevilles ouvrières, autour desquelles chacun d'eux peut tourner. Le train du milieu, en raison de ses petites roues, se meut sous le plancher de la voie, et, se trouvant relié aux deux autres trains formant bogies, ces derniers sont forcés de se placer toujours normalement à la voie. »

La voiture Larsen pouvait recevoir 60 voyageurs et pesait trois tonnes, soit un poids mort de 50 kilogrammes par voyageur.

Dans le système Cleminson, comme dans celui de Larsen, la caisse de la voiture reposait sur trois trains indépendants, dont les deux extrêmes pouvaient pivoter et s'inscrire dans les courbes suivies par le véhicule. Ces trains se trouvaient reliés par des flèches disposées de manière à maintenir le parallélisme des essieux quand ils sont en ligne droite. Le car Cleminson pouvait recevoir 38 voyageurs ; son poids à vide était de 2.300 kilogrammes, soit environ 60 kilogrammes de poids mort par voyageur.

121. — *Châssis.* — Le châssis des premières voitures de tramways était tout en bois. Depuis quelques années, on emploie le fer — fer à T, fer à I et fer à E — pour les longerons et les traverses de tête, et le bois pour les traverses intermédiaires. Quelques ateliers, entre autres ceux de Nivelles, en Belgique, et ceux de Neuhausen, en Suisse, font les châssis tout en fer.

Parmi les châssis tout en bois, on peut citer ceux de la voiture-tramway des Omnibus, ceux des cars que M. Bonnefond a construits pour le Havre, Lille, Nancy, etc.

Avec des plateformes très chargées, comme le sont celles des voitures où elles forment la seconde classe, avec un faible écartement d'essieux et une longueur très réduite des ressorts de suspension, un porte-à-faux considérable se manifeste au delà des points d'appui extrêmes, et provoque le cintrage au centre des brancards en bois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

122. — *Boîte à huile.* — On emploie pour les tramways la boîte à huile américaine représentée figure 95. Elle a extérieurement la forme d'une boîte à graisse ordinaire, et, comme elle, elle est en fonte. Elle se compose, à l'intérieur d'un coussinet en bronze, qui s'appuie sur la fusée dans toute sa longueur et, seulement de $0^m,025$ à $0^m,030$ sur sa largeur. Un tampon graisseur, garni de coton, entoure la fusée. Dans quelques boîtes, deux petites lames en acier, formant ressort, ou deux petits ressorts en spirale, maintiennent le tampon toujours en contact avec la fusée. Un obturateur en feutre garni de cuir empêche, du côté de l'essieu, les pertes d'huile et l'introduction du sable dans la boîte. On règle le niveau de l'huile par le moyen d'un godet.

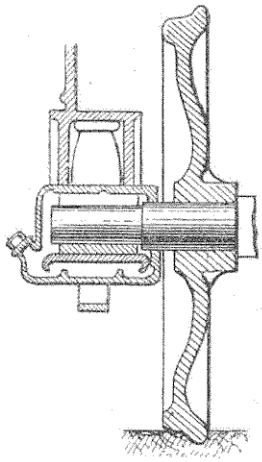


Fig. 95. — Boîte à huile, avec ressort en caoutchouc (coupe).

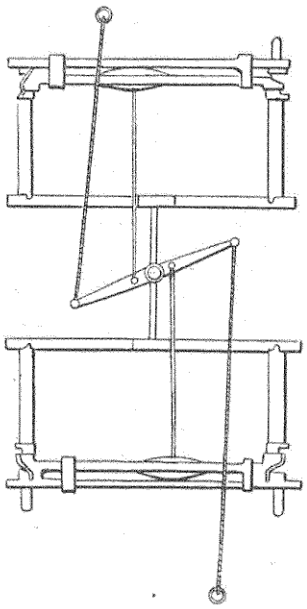


Fig. 96. — Frein américain.

123. — *Frein américain.* — Le frein dont on se sert pour les cars symétriques est le frein en usage en Amérique sur tous les chemins de fer, et qui peut être manœuvré indifféremment de l'une ou de l'autre plateforme (fig. 96).

Il se compose d'un balancier suspendu au-dessous de la caisse, et portant à chaque extrémité une tringle de serrage, reliée par une chaîne au bas de l'arbre de la manivelle. A droite et à gauche du centre d'oscillation de ce balancier, sont fixées deux bielles qui communiquent le mouvement aux arbres des sabots.

Si l'on serre la manivelle placée à l'avant de la voiture, la chaîne s'enroule au bas de l'arbre, la tête du balancier à droite se rapproche de l'avant, et entraîne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la bielle de l'arbre des sabots de l'arrière, lequel opère le serrage de ce côté. En même temps, la tête de l'autre bielle, s'est avancée vers l'arrière et le serrage s'est fait sur les roues d'avant. Un encliquetage, composé d'une roue à rochet et d'un cliquet d'arrêt, permet au conducteur de fixer avec le pied la position de la manivelle au point voulu pour le serrage. Un effort de 20 à 25 kilogrammes exercé sur la manivelles donne un serrage de 500 à 600 kg sur chaque roue, serrage bien suffisant pour arrêter rapidement, même sur la descente d'une rampe, une voiture chargée.

124. — *Frein système Delettrez.* — Le défaut du frein américain réside dans la difficulté que l'on éprouve quand on veut obtenir un serrage convenable, lorsque, par suite de l'usure, les sabots ne sont plus en contact avec le bandage des roues. Dans le système de frein construit par M. Delettrez, cette imperfection est supprimée, à l'aide d'une nouvelle disposition (fig. 97).

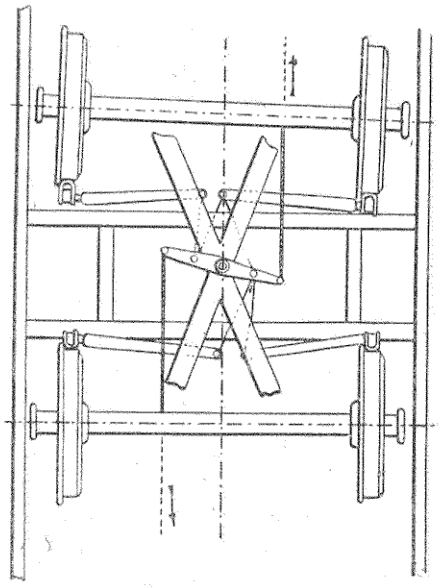


Fig. 97. — Frein Delettrez.

Le balancier central et les tringles de serrage, reliées par des chaînes aux arbres des manivelles, sont les mêmes que sur le frein. Le balancier porte, de chaque côté, deux bielles au lieu d'une. Chaque bielle agit sur un levier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte-sabots dont le point d'oscillation est fixé sur une traverse. Un écrou placé à la tête du levier permet de diminuer ou d'allonger la bielle, quand le sabot n'est plus en contact avec la roue après le serrage.

Ce frein est très énergique. Avec un effort de 20 kilogrammes sur la manivelle, on obtient, dit-on une pression de 1.000 kilogrammes sur chaque roue, soit de 4.000 kilogrammes pour les quatre. Il est très apprécié des cochers qui le préfèrent beaucoup au frein américain ordinaire.

Le premier frein monté sur la voiture-tramway des Omnibus était à vis ; il n'agissait que sur les roues d'arrière. On l'a remplacé, sur quelques voitures par un frein puissant qui agit sur les quatre roues, mais qui produit quand on le manœuvre un bruit des plus désagréables, et qui suffirait par le faire proscrire si l'inventeur n'arrivait pas à corriger ce défaut intolérable dans une voiture à voyageurs.

125. — *Frein restituteur.* — On a essayé à plusieurs reprises de faciliter le démarrage des voitures de tramways en rendant à ce moment la puissance détruite par l'action des freins au moment de l'arrêt.

Plusieurs systèmes dits *restituteurs* ont été essayés, et un des meilleurs est celui de M. Bell qui consiste en un fort ressort en spirale enroulé autour de l'essieu, et que celui-ci tend quand on veut arrêter ; la résistance de ce ressort sert de frein. Lorsqu'on veut partir, le cocher dégage un cliquet qui laisse agir le ressort, lequel, en se détendant, pousse la voiture en avant et vient en aide à l'effort des chevaux, qui est ainsi moins pénible.

126. — *Frein Soulerin.* — La Compagnie des Omnibus, à la suite d'essais des plus suivis, et après avis favorable du Contrôle, a adopté pour son matériel automobile, qu'il s'agisse de traction Mékarski ou de traction Serpollet, les appareils de frein à air comprimé automatique et modérable, construits par la Société des freins Soulerin.

La particularité la plus intéressante de ces appareils consiste dans l'adjonction au frein automatique d'un frein à action directe essentiellement modérable aussi bien au serrage qu'au desserrage, et agissant sur l'automobile seule, l'action du frein automatique pouvant s'exercer au contraire aussi bien sur l'automobile que sur les remorques, et cela à l'aide du même robinet de manœuvre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette disposition présente de notables avantages, principalement au point de vue de la descente regulière des pentes, des ralentissements, et de la conduite générale des trains dans les endroits fréquentés.

127. — *Mise en train de Holt.* — M. Henry Holt, à qui l'on doit des expériences très intéressantes sur la traction des voitures de tramways, a essayé en 1880 un appareil qu'il désigne sous le nom de *tram-car starting gear* (mise en marche des cars). Comme dans le système précédent, le mécanisme agit sur les essieux, mais il est complètement indépendant du frein. M. Holt évalue à 213 kilogrammes l'effort à développer pour démarrer en palier, sans son appareil, un véhicule du poids de 5 tonnes, ce qui représente un effort de 42 kg. 600 par tonne. Avec son système de mise en marche, l'effort est réduit à 12 kg. 300 par tonne, et l'inventeur prétend qu'avec cette adjonction aux véhicules, un cheval de tramway peut travailler pendant cinq ans, au lieu de quatre ans et demi, durée moyenne des services sur ces voies ferrées.

128. — *Aménagement intérieur des voitures de tramways. — Eclairage.* — Les garnitures des chaises et des dossiers sont, généralement, en drap dans les voitures françaises. A l'étranger, et notamment en Angleterre, on emploie beaucoup le velours. Dans les voitures soignées on met quelquefois de la moquette. Le *linoleum* qui imite le cuir de façon à tromper l'œil le plus exercé, se rencontre aujourd'hui dans beaucoup de cars où l'on cherche à avoir des garnitures solides et élégantes. Ce tissu forme en capitonnage très serré, et il a sur le cuir l'avantage précieux de ne pas blanchir avec le temps et l'usage.

De même dans les voitures à impériale, les sièges des voitures découvertes sont formés de lamelles de bois espacées.

Généralement, les glaces de côté sont mobiles, et celles des extrémités sont fixes. On trouve, cependant, des cars où les petits châssis latéraux sont remplacés par de grandes glaces fixes. Pour assurer le renouvellement de l'air, il faut dans ce cas surmonter le pavillon d'un lanterneau avec persiennes ou châssis mobiles à bascule. Dans quelques voitures à glaces mobiles, il n'y a pas de lanterneau, et la ventilation se fait par des ouvertures pratiquées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au-dessus des portes, et fermées par des petits châssis semblables à ceux des lanterneaux.

Les premières voitures de tramways avaient des rideaux. On les a remplacés par des stores comme aux Omnibus et au Sud, ou par des persiennes comme dans quelques voitures des Tramways-Nord.

L'éclairage est une partie essentielle de la voiture de tramway. Il se compose souvent de deux lampes placées dans les angles et donnant de la lumière à l'intérieur et sur les plateformes. M. Masson, constructeur à Paris, a fait pour plusieurs compagnies de tramways, et notamment pour celle des Tramways-Nord, des lanternes d'intérieur brûlant du pétrole, et garnies de changement de feux pour indiquer le sens de la marche de la voiture. Ces lanternes sont bien établies et font un bon service. Nous aurons l'occasion de reparler plus loin des appareils de M. Masson, qui s'occupe particulièrement de l'éclairage des chemins de fer.

Aux Tramways-Sud et dans les voitures à impériale des Tramways-Nord, l'éclairage se compose d'une grosse lampe en saillie sur le plafond, suivant le système américain, et de deux lanternes de plateformes jouant le rôle de disques d'avant des locomotives. Ce mode d'éclairage adopté par les North-Metropolitan-Tramways et par beaucoup de compagnies étrangères, est le meilleur que nous connaissions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II

LA TRACTION PAR CHEVAUX ET LES DÉPOTS

129. — *Composition d'un Dépôt.* — L'ensemble des bâtiments nécessaires aux services de la cavalerie et du matériel roulant s'appelle un *Dépôt.*

Un dépôt comprend généralement :

1° Les écuries ;

2° L'infirmerie pour les chevaux malades ;

3° Les magasins à fourrages ;

4° La maréchalerie ;

5° La sellerie ;

6° Les remises pour les cars ;

7° L'atelier de réparations ;

8° La lampisterie ;

9° Le magasin d'approvisionnement des objets nécessaires à l'entretien des cars, de la voie, du matériel d'écurie, etc. ;

10° Les logements et bureaux du chef de dépôt, du chef d'atelier, etc.

L'emplacement des dépôts dépend de la direction des lignes à desservir.

Lorsqu'il s'agit d'une exploitation étendue, dont les lignes partent du centre d'une ville, il peut être souvent plus avantageux, malgré le prix élevé du terrain, d'avoir un dépôt à proximité du centre que d'en avoir plusieurs aux extrémités des rayons. On peut ainsi centraliser les services, éviter des parcours inutiles aux chevaux, économiser du personnel, et mieux surveiller

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les dépenses de l'exploitation. C'est un excédent de frais de premier établissement qui, pour une concession un peu longue, peut être largement couvert par les économies qu'on réalise.

Lorsque les lignes que l'on a à exploiter sont un peu disséminées, il faut placer les dépôts de manière qu'ils puissent satisfaire au service de plusieurs lignes, sans imposer cependant des parcours trop longs aux chevaux de relais.

Si l'on est forcé d'établir plusieurs dépôts, il faut en avoir un plus important que les autres où sont centralisés les ateliers de grosses réparations et le magasin général des fournitures, destiné à alimenter les magasins-annexes des autres dépôts.

130. — *Écuries.* — Les écuries des Tramways-Nord et Sud sont de grande contenance. Au dépôt de Saint-Mandé, l'écurie à grenier renferme 152 stalles. Les chevaux ont la tête tournée vers le mur; un couloir de plus de 2 mètres sépare les deux rangs de stalles, et les fenêtres sont placées au-dessus des râteliers. La largeur entre les stalles n'est que de $1^m,30$; pour de forts chevaux, cet espace est insuffisant. En Angleterre, dans les écuries nouvellement construites, les chevaux ont $1^m,82$ entre les séparations, ce qui leur permet de se reposer. Il importe beaucoup, au point de vue de la santé et de la conservation des chevaux de trait astreints à un travail journalier pénible, comme le sont ceux des tramways, de ne pas leur marchander la place pour se coucher et se défatiguer.

La hauteur du plafond est de $3^m,50$ dans les écuries à grenier; dans les autres, elle est supérieure à ce chiffre; partout la ventilation se fait bien. Un pavage en mastic d'asphalte, avec rainures pour éviter le glissement des chevaux, règne dans toute l'étendue des nouvelles écuries des Tramways-Nord et Sud.

Dans beaucoup de Compagnies, on préfère les petites écuries aux grandes. Pour celles qui contiennent de 20 à 40 chevaux, on prend le jour, soit aux deux extrémités comme au dépôt des Omnibus du chemin de fer de Lyon, à Paris, soit à la partie supérieure comme dans les nouvelles écuries des North-Metropolitan-Tramways, à Londres.

Dans les écuries où les chevaux sont nourris d'aliments hachés et où les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

râteliers sont, par conséquent, inutiles, on dispose souvent les mangeoires de manière que les chevaux soient placés tête à tête, avec un couloir de séparation. Tel est l'arrangement du dépôt des London-Tramways, à Greenwich. Le couloir intérieur a $1^{m},50$ et on a ménagé, en outre, un couloir de 2 mètres derrière chaque rangée d'animaux. Les harnais sont appendus le long des murs.

Aux Tramways-Nord et Sud, les chevaux sont séparés à l'aide d'une planche volante, dite *bat-flancs*, attachée, d'un côté, à la mangeoire et, de l'autre, suspendue au plafond au moyen de *sauterelles*.

Entre le *bat-flancs* et la *sauterelle*, on place un rouleau contre lequel le cheval a moins de chance de se blesser dans ses différents mouvements qu'avec une corde de séparation.

131. — *Remises.* — La forme ordinaire des remises des Compagnies de Tramways est celle d'un rectangle allongé, avec entrée sur l'un des grands côtés. A droite, la remise des voitures desservie par des séries de voies parallèles aux écuries et reliées par une voie perpendiculaire à la voie de sortie. Les changements de voie s'opèrent à l'aide d'un *transbordeur*. La voiture est prise directement au niveau du sol et montée sur ce transbordeur pour être reportée plus loin sur une voie parallèle. Une des voies de la remise est consacrée à la visite des parties inférieures des voitures et les rails s'étendent de chaque côté d'une *fosse de visite*.

De l'autre côté de la cour, en face de la remise, s'élève une grande écurie avec grenier à fourrages desservie par un escalier intérieur. Auprès de cette écurie se trouve l'infirmerie des chevaux, avec box séparés pour les animaux très malades. A droite et à gauche de ce bâtiment, des écuries à double toiture, sans greniers, viennent rejoindre, d'un côté la remise et son atelier de réparations, et de l'autre un bâtiment réservé aux bureaux de l'administration. Cette construction renferme, au rez-de-chaussée, les bureaux du chef de dépôt, de l'inspecteur et de l'agent comptable, le corps de garde des conducteurs et cochers, la sellerie et le magasin. Au-dessus, les logements des employés.

La forge et la maréchalerie sont ordinairement installées à peu de distance des écuries. Au dépôt de Pantin, qui peut recevoir 192 chevaux, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surface totale de l'établissement, qui est de 4.126 mètres carrés, cours comprises, comporte un total de surfaces couvertes de plus de 2.500 mètres.

132. — *Dépôts des réseaux de Tramways-Nord et Sud.* — Les Compagnies de tramways, réseaux nord et sud de Paris, ayant les terminus de plusieurs de leurs lignes en dehors des fortifications, ont profité de cette circonstance pour installer plusieurs de leurs dépôts dans la banlieue. Le terrain leur a coûté ainsi moins cher que dans Paris et elles ont évité les droits d'octroi dont sont grevés les fourrages et les matières premières nécessaires à l'entretien, et dont la Compagnie des Omnibus fait usage dans ses dépôts.

Les bâtiments, écuries, remises, greniers à fourrages, maison d'habitation du personnel des dépôts des Tramways-Nord et Sud ont été établis sur les plans de M. Blondel, l'architecte bien connu. La disposition est à peu près la même pour tous les dépôts.

133. — *Greniers à fourrages.* — Pour éviter que les émanations des écuries attaquent les fourrages qui sont placés au-dessus, on les voûte à l'aide de briques et de poutrelles en fer, le tout plafonné de béton ou de ciment, qui les rendent impénétrables aux émanations.

La Compagnie des Omnibus, dont les dépôts contiennent des avoines et des fourrages, établit sur ses écuries un premier plancher en fer, avec voûtes en briques creuses, hourdées avec du ciment et couvertes d'une aire en mortier; le tout est recouvert d'une couche d'asphalte de $0^m,05$ d'épaisseur placée sur une couche de terre à four de $0^m,025$; le poids de l'asphalte et de la terre est de 75 kilogrammes par mètre carré.

Des expériences, faites à plusieurs reprises, ont démontré que ce genre de construction peut protéger, en cas d'incendie, les planchers contre l'action du feu jusqu'à l'arrivée des secours.

134. — *Infirmerie, Maréchalerie, Sellerie, etc.* — Il faut ménager, dans un dépôt, une écurie spéciale pour les chevaux malades ou convalescents. On évalue le nombre de ceux qui se trouvent placés dans une de ces deux catégories à 10 % environ. Deux ou trois box sont nécessaires pour les bêtes les plus malades.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La maréchalerie doit contenir une ou deux forges, deux étaux, etc. Une partie couverte sert à abriter les chevaux que l'on ferre.

La sellerie doit être exempte de toute humidité, bien aérée et bien éclairée. On la tient, en général, assez éloignée des écuries. Il faut qu'il s'y trouve des chevilles pour divers ustensiles, des armoires pour brosses, éponges, etc.

L'atelier de réparations comprend le petit outillage nécessaire à l'entretien courant du matériel roulant et, dans quelques Compagnies, on y joint celui du matériel de la voie.

Enfin, la lampisterie et le magasin, qui ne présentent rien de particulier, complètent les bâtiments qui composent un grand dépôt.

Les dimensions des logements, des bureaux, etc., sont très variables et en rapport avec l'importance des services.

Dans les dépôts importants où la nourriture des chevaux se compose d'aliments hachés ou broyés, on dispose souvent une machine à vapeur pour hacher la paille et le foin. On la place de manière à pouvoir l'utiliser pour le travail des ateliers. La force de ces machines varie de 5 à 15 chevaux. Nous avons vu, en province, sortant des ateliers de MM. Boulet et Cie, constructeurs à Paris, des machines horizontales, locomobiles ou sur patins, remplacer les anciens manèges circulaires. Sous l'intelligente influence des ingénieurs et des chefs de dépôts, le matériel s'est d'ailleurs bien amélioré depuis ces dernières années, et des appareils très perfectionnés sont employés dans tous les établissements.

135. — *Prix de revient des Dépôts de tramways.* — Le prix de revient des dépôts de tramways varie suivant les localités, et l'on peut constater des écarts considérables entre ceux de Paris et de la province ou de l'étranger. En général, on rapporte à l'*unité-cheval* toutes les dépenses de construction d'un dépôt : écuries, remises, ateliers, etc. En divisant le prix de revient total par le nombre de chevaux que le dépôt peut recevoir, on trouve les chiffres suivants pour quelques dépôts de la Compagnie Générale des Omnibus de Paris :

Le dépôt de Vincennes,	qui contient	434	chevaux,	a coûté	1.539	fr. par cheval.
— de Sèvres	—	117	—	—	1.598	—
— du Point-du-Jour	—	144	—	—	1.650	—
— de Boulogne	—	240	—	—	2.114	—
— de l'Étoile	—	357	—	—	4.071	—

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On constate, par ces chiffres, qu'un dépôt dans Paris coûte près du triple d'un dépôt dans la banlieue. Il serait intéressant de comparer ces chiffres avec ceux des Compagnies de Tramways-Nord et Sud ; mais nous manquons de documents sur ce sujet.

Nous ferons suivre le tableau des pages 140-141, dont nous avons trouvé les chiffres dans le compte rendu financier de la Compagnie des Omnibus pour l'année 1895, d'un autre tableau dont les chiffres ne sont pas moins intéressants à consulter et où se trouvent résumées les principales données de l'exploitation des lignes de tramways par la traction animale et par la traction mécanique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

136. — TABLEAU

DE LA COMPOSITION ET DU PRIX DE LA RATION, ET DE LA VALEUR DES FOURRAGES EN MAGASIN
A LA COMPAGNIE GÉNÉRALE DES OMNIBUS DE PARIS

DENRÉES	COMPOSITION DE LA RATION				PRIX DES DENRÉES RENDUES			MOYEN DANS LES DÉPOTS		PRIX DE REVIENT DE LA RATION				VALEUR EN MAGASIN	
	1894	1895	en plus en 1895	en moins en 1895	Unité	1894	1895	en plus en 1895	en moins en 1895	1894	1895	en plus en 1895	en moins en 1895	au 31 décembre 1894	au 31 décembre 1895
						fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Avoine	4k,148	5k,048	0k,900	»	Quintal.	18, 1756	16, 9523	»	1, 2233	0, 7541	0, 8558	0, 1017	»	2.829.620 34	2.581.165 09
Foin	2k,334	2k,500	0k,166	»	d°...	12, 8737	8, 5451	»	4, 3286	0, 3006	0, 2137	»	0, 0869	320.801 84	452.221 40
Paille	3k,132	3k,186	0k,054	»	d°...	7, 0774	5, 7182	»	1, 3592	0, 2141	0, 1897	»	0, 0244	428 116 35	255.906 42
Tourbe (litière)	1k,464	1k,404	»	0k,060	d°...	3, 2306	2,8346	»	0, 3960	0, 0473	0, 0398	»	0, 0075	15.326 74	8.764 46
Son	0k,016	0k,014	»	0k,002	d°...	11, 8896	10, 6592	»	1, 2304	0, 0020	0, 0015	»	0, 0005	4.031 65	2.302 63
Maïs	3k,830	2k,856	»	0k,974	d°...	16, 1067	15, 3011	»	0, 8056	0, 6171	0, 4371	»	0, 1800	612.478 50	45.556 35
Féverolles	0k,670	0k,792	0k,122	»	d°...	17, 7948	16, 9165	»	0, 8783	0, 1192	0, 1341	0, 0149	»	606.869 11	109.454 33
TOTAUX										2, 0544	1, 8717			4.817.244 53	3.455.370 68
PERSONNEL, frais et accessoires par cheval et par jour										0, 0707	0, 0720				
Prix de revient de la ration, en 1894 : 2 fr. 1251 ; en 1895 : 1 fr. 9437										2, 1251	1, 9437				

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIGNES DE TRAMWAYS DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE DES OMNIBUS

137. — TABLEAU DE COMPARAISON

DES JOURNÉES DE VOITURES, PARCOURS, RECETTE PAR LIGNE, RECETTE KILOMÉTRIQUE, VOYAGEURS TRANSPORTÉS ET RECETTE MOYENNE PAR JOURNÉE DE VOITURE. (1894—1895)

	LIGNES	NOMBRE DE JOURNÉES de voitures				RECETTE PAR LIGNE				PARCOURS MOYEN par voiture et par jour				RECETTE kilométrique		NOMBRE DE VOYAGEURS par voiture et par jour						RECETTE MOYENNE par journée de voiture			
																1894			1895						
		1894	1895	en plus en 1895	en moins en 1895	1894	1895	en plus en 1895	en moins en 1895	en moins en 1895	1894	1895	en plus en 1895	en moins en 1895	1894	1895	Intérieur	Impériale	TOTAL	Intérieur	Impériale	TOTAL	1894	1895	en plus en 1895	en moins en 1895
						fr. c.	fr. c.	fr. c.		fr. c.	k. m.	k. m.	k. m.	k. m.	fr. c.	fr. c.							fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
D	De l'Étoile à la Villette.	9.579	9.508	»	71	1.480.979 95	1.424.465 60	»		56.514 35	100 293	100 878	585	»	1 54	1 48	520	385	905	509	363	872	154 60	149 82	»	4 78
E	De la Villette à la place de la Nation.	5.396	5.117	»	279	693.124 05	618.482 70	»		74.611 35	105 985	106 629	664	»	1 21	1 13	416	380	796	402	342	744	128 45	120 87	»	7 58
F	Du cours de Vincennes au Louvre. .	10 950	10.986	36	»	1 693.437 35	1 653.277 85	»		40.159 60	111 683	110 294	»	1 389	1 38	1 36	442	412	854	438	389	827	154 65	150 49	»	4 16
G	De Montrouge à la gare de l'Est , .	13 624	13.140	»	484	2.388.200 65	2.319.505 20	»		68.995 45	97 265	97 589	324	»	1 85	1 80	542	437	979	535	419	954	180 76	176 52	»	4 24
H	De la Chapelle au Square Monge . .	7.926	7.581	»	345	1.087.192 85	1.070.103 95	»		17.088 80	92 315	93 284	969	»	1 53	1 51	408	362	770	418	352	765	141 49	141 15	»	» 34
I	De la Porte Clignancourt à la Bastille(1)	9.706	9.542	»	164	1.719.961 80	1.684.282 05	»		35.679 75	101 517	101 696	179	»	1 74	1 73	565	445	1010	575	426	1001	177 20	176 51	»	» 69
I^{ter}	De la Bastille au Cimetière Saint-Ouen	1 460	1.444	»	16	216.974 05	213 880 »	»		3.094 05	95 894	97 929	2 035	»	1 54	1 51	496	409	905	496	409	905	148 61	148 11	»	» 50
I^{bis}	Du Cimetière de Saint-Ouen à la Porte Clignancourt	1 098	1.087	»	11	38.082 20	38.675 05	582 85		»	71 051	65 684	»	5 367	» 48	» 54	195	307	502	209	297	506	34 68	35 57	» 89	»
J	Du Louvre à Passy	3.285	3.249	»	36	357.476 05	354.141 35	»		3.334 70	105 469	105 358	»	111	1 03	1 03	349	253	602	350	249	599	108 82	109 »	» 18	»
K	Du Louvre à Charenton. . . .	4.753	4.747	»	6	506.980 »	491.739 85	»		15.240 15	117 211	116 781	»	430	» 91	» 88	346	302	648	341	282	623	106 66	103 58	»	3 08
L	De la Bastille à la Porte Rapp. . .	5.595	5.561	»	34	783.717 50	788.268 40	4.550 90		»	102 403	102 096	»	307	1 36	1 38	460	341	801	470	337	807	140 07	141 75	1 68	»
M	De la Gare de Lyon au Pont de l'Alma.	4.805	4.761	»	44	640.695 70	640.374 15	»		321 55	105 376	105 229	»	147	1 26	1 27	435	296	731	441	293	734	133 33	134 50	1 17	»
N	De la Chaussée de la Muette à la rue Taitbout.	5.475	5.415	»	60	763.953 65	756.729 40	»		7.224 25	107 298	107 119	»	179	1 30	1 30	403	292	965	406	286	692	139 53	139 74	» 21	»
O	Auteuil-Boulogne (service des Théâtres	»	»	»	»	1.377 80	»	»		1.377 80	»	»	»	»	» 72	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
P	Du Trocadéro à la Villette . . .	3.650	3.610	»	40	531.315 65	537.412 50	6.096 85		»	101 246	104 005	2 759	»	1 43	1 43	450	357	807	474	347	821	145 56	148 86	3 30	»
P^{bis}	De la Place Pigalle au Trocadéro . .	1.460	1.444	»	16	137.095 »	135.341 25	»		1.753 75	84 047	81 080	»	2 967	1 11	1 15	263	233	496	264	230	494	93 90	93 72	»	» 18
R	De Boulogne aux Moulineaux . . .	730	722	»	8	23.221 85	22.758 60	»		463 25	86 166	85 978	»	188	» 36	» 36	121	200	321	116	193	309	31 81	31 52	»	» 29
S	Du Pont de Charenton à Créteil . .	1.461	1.382	»	79	85.845 70	82.245 35	»		3.600 35	98 581	99 593	1 012	»	» 59	» 59	122	190	312	123	194	317	58 75	59 51	» 76	»
U	De la Place de la Nation à la Gare de Sceaux	2 555	2.527	»	28	188.282 95	181.596 50	»		6.686 45	116 055	115 928	»	127	» 63	» 61	193	286	399	194	193	387	73 69	71 86	»	» 83
V	De Pantin à l'Opéra.	3.526	3.610	84	»	403.015 95	393.085 »	»		9.930 95	104 704	105 762	1 058	»	1 09	1 02	308	319	627	300	298	598	114 29	108 88	»	5 41
X	De Montreuil au Châtelet . . .	3 405	3.364	»	41	368.407 20	404.590 40	36.183 20		»	105 828	123 220	17 392	»	1 02	» 97	353	284	637	414	320	734	108 19	120 27	12 08	»
Y	De la Place de la République à Charenton (2)	4.076	4.337	261	»	607.697 20	620.500 85	12.803 65		»	113 699	109 199	»	4 500	1 31	1 31	492	512	1004	487	481	968	149 09	143 07	»	6 02
Z	De Saint-Denis au Châtelet. . . .	2.920	2.872	»	48	134.321 15	131.075 85	»		3.245 30	46 438	46 527	89	»	» 99	» 98	112	128	240	113	123	236	46 »	45 64	»	» 36
AB	De Versailles au Louvre, ...	1.522	856	»	666	179.591 25	83.530 40	»		96.060 85	142 502	133 423	»	9 079	» 86	» 73	527	292	819	358	222	580	123 57	97 58	»	25 99
AC	D'Auteuil à la Place Saint-Sulpice. .	4.380	4 332	»	48	288 122 40	296.033 55	7.911 15		»	86 523	96 415	»	108	» 68	» 70	155	195	350	165	199	364	65 78	68 33	2 55	»
	TOTAUX. . .	113.337	111.194	»	2.143	15.319.069 90	14.942.095 70	»		376.974 20	101 971	102 121	150	»	1 33	1 31	420	352	782	420	339	759	135 59	134 37	»	1 62
	TRACTION MÉCANIQUE																									
O	Auteuil-Boulogne.	1.155	1.159	4	«	190.685 15	189.886 30	»		698 85	113 480	112 705	»	775	1 45	1 45	571	832	1403	567	826	1393	165 09	163 92	»	1 17
O	Service des Théâtres.	»	»	»	»	1.181 50	4.346 10	2.464 60		»	»	»	»	»	» 89	1 09	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
AB	De Versailles au Louvre (3). . . .	»	691	691	»	»	142 606 45	142.606 45		»	»	187 950	187 950	»	»	1 36	»	»	»	1054	731	1785	»	256 20	256 20	»
AD	Du Cours de Vincennes à St-Augustin.	1.234	4.818	3.584	»	153.187 05	904.029 06	750.842 »		»	112 617	119 786	7 169	»	1 42	1 56	381	448	829	443	546	989	160 78	187 63	26 85	»
I^{bis}	Montrouge Rue de Médicis. . . .	»	579	579	»	»	32.921 40	32.921 40		»	»	64 455	64 455	»	»	» 88	»	»	»	28	329	357	»	56 85	56 85	»
	TOTAUX de la traction mécanique.	2.389	7.247	4.858	»	345.753 70	1.273.889 30	928.135 60		»	113 913	121 281	7 368	»	1 43	1 48	475	634	1109	490	591	1081	163 65	180 53	16 88	»
	ENSEMBLE. . .	115.726	118.441	2,715	»	15.664.823 60	16.215.985 00	551.161 40		»	113 913	103 293	»	10 620	1 43	1 32	421	358	779	424	355	779	136 56	137 20	» 64	»

(1) La contenance des voitures est de 51 places à l'exception des lignes I^{bis} dont la contenance est de 20 places; **R**, 20 pl; **S**, 20 et 51 places; **U**, 28 places; **X**, 46 places; **Z**, 48 places; **AC**, 24 places. Le tramway à traction mécanique **O**, 44 places; 23 et 64 pour les voitures remorquées formant train à 67 et 108 places. **AD**, à traction mécanique, 50 places. **G**^{bis}, 28, 30, 40 et 50 places.

(2) Traction animale et mécanique.

(3) Jusqu'au 1er Juillet, date de l'ouverture du compte de l'exploitation de cette ligne à traction mécanique, les recettes faites par les voitures à traction mécanique ont été portées en déduction des dépenses incombant au compte de premier établissement de cette ligne (34.429 fr. 80). Les journées de voitures ayant produit ces recettes sont de 154; elles ne sont pas déduites du total ci-dessus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

138 — *Cavalerie des tramways de la Compagnie des Omnibus.* — D'après la satistique, il existait à l'effectif, dans les différents dépôts au 1er janvier 1896, 4.457 chevaux employés pour la traction des voitures de tramways. Dans le courant de l'année, 743 chevaux ont été achetés au prix moyen de 972 francs ce qui donne un total de 5.200 chevaux coûtant ensemble 5 millions 128.000 francs. D'autre part, pendant cette même année, il est sorti 705 chevaux, et le total restant à l'effectif le 31 décembre était de 4.495 chevaux d'un prix moyen de 986 francs chacun. Les frais de renouvellement pour cette cavalerie ont été les suivants :

514 chevaux vendus pour divers usages au prix moyen de 270 francs.
141 — morts et abattus — de 27 —

Soit 705 chevaux à défalquer de l'effectif, au prix moyen de 204 francs l'un. La dépense, par journée de présence a été de 0 fr. 333 pour 1.651.836 journées. Nous terminerons ce qui a trait à la cavalerie de la Compagnie des Omnibus par la liste de tous les dépôts de Paris et de la banlieue avec l'effectif des chevaux au 31 décembre des années 1894 et 1895 :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

139. — LISTE DES DÉPÔTS DE LA COMPAGNIE DES OMNIBUS.

NOMS DES DÉPOTS	SITUATION	CAPACITÉ DES ÉCURIES au 31 déc. 1895	EFFECTIF DES CHEVAUX au 31 déc. 1894	EFFECTIF DES CHEVAUX au 31 déc. 1895
1° Services des Omnibus et des Tramways				
Alfort	Rue Eugène-Renault, 110 et rue Bourgelat	407	222	241
Aligre	Rue Bailleul, 8 et 10, et rue St-Honoré, 123	91	8	39
Allemagne	Rue du Hainaut, 15, et rue Petit, 73 et 75.	384	308	317
Alma	Avenue Rapp, 19 et avenue Bosquet, 14	306	244	246
Auteuil	Rue Chanez, 1	281	233	268
Bagnolet	Rue de Bagnolet, 158	279	264	240
Bastille	Boulevard Bourdon, 21, et rue Mornay.	862	755	754
Batignolles-Clichy	Avenue de Clichy, 143, et rue Lemercier, 108	852	691	749
Belleville	Rue de Belleville, 25.	230	194	223
Bicêtre	Route de Fontainebleau, 64.	208	»	3
Boulogne	Route de la Reine, 136.	»	»	»
Bourdon	Boulevard Bourdon, 23, et rue de la Cerisaie, 1	240	199	209
Chapelle	Avenue de Paris, 48 (Plaine Saint-Denis)	261	54	178
Charenton	Boulevard de Reuilly, 22	361	185	212
Chaumont	Boulevard de la Villette, 53 et 55	273	187	174
Conflans	Rue de Paris, 105, et rue de Bordeaux, à Charenton	36	»	»
Contrescarpe	Boulevard de la Contrescarpe, 20 et 22.	492	439	483
Courbevoie	Rue de Paris, 30.	336	»	»
Docks Saint-Ouen	Chemin de fer du Nord	133	61	»
Gare d'Ivry	Boulevard de la Gare, 55 et 59.	368	»	»
Gobelins	Rue Thiers, 13	245	219	224
Grenelle 1	Rue Fondary, 36.	165	155	160
Grenelle 2	Rue du Théâtre, 96 et 98	270	240	252
Haxo	Rue Haxo, 96.	216	192	188
Ivry	Rue de Paris, 72.	288	135	174
Jemmapes	Boulevard Richard-Lenoir, 60, et rue du Chemin-Vert, 29	472	404	425
Lagny	Rue des Pyrénées, 18, 26-30, rue de Lagny, 69, et rue de la Plaine.	490	394	410
Lebrun	Rue Lebrun, 25 et 29	560	399	425
Longchamps	Avenue Malakoff, 4, avenue Kléber, 118, et rue de Longchamps, 55	466	417	444
Lyon	Av. Ledru-Rollin, 35, et rue de Bercy, 252	540	439	412
Maine	Boulevard de Vaugirard, 33	436	398	417
Malesherbes	Boul. Malesherbes, 189, et boul. Pereire, 62	441	385	415
Monceaux	Rue Dulong, 4, et rue des Dames, 88	234	188	178
	A reporter.	11.223	8.009	8.460

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS DES DÉPOTS	SITUATION	CAPACITÉ DES ÉCURIES au 31 déc. 1895	EFFECTIF DES CHEVAUX au 31 déc. 1894	EFFECTIF DES CHEVAUX au 31 déc. 1895
	Report. . .	11.223	8.009	8.460
Monge.	Rue Monge, 49	288	275	284
Montmartre. . .	Rue Ordener, 72	849	683	768
Montreuil . . .	Rue de Paris, 258	199	151	149
Montrouge . . .	Av. d'Orléans, 123, rue de la Voie-Verte, 72 et 73, rue de la Tombe-Issoire, 146. .	730	620	645
Mozart	Rue Mozart, 58, et rue de l'Assomption, 45	715	653	671
Panthéon. . . .	Rue d'Ulm, 44, 46 et 48.	310	274	271
Pantin	Rue de Paris, 146, et rue de l'Avenir. .	192	145	148
Plaisance. . . .	Rue de Vanves, 205 *bis*.	216	176	188
Point-du-Jour . .	Avenue de Versailles, 226	144	47	»
Puebla	Boul. de la Villette, 194, et rue Secrétan, 16	»	»	»
Pyrénées. . . .	Rue Pelleport, 58	510	445	457
Saint-Martin. . .	Rue du Faubourg-Saint-Martin, 160. . .	432	326	338
Saint-Ouen . . .	Avenue Michelet, 59.	464	325	458
Sèvres.	Grande-Rue, 149.	»	59	»
Ternes	Avenue des Ternes, 89, et boulevard Gouvion-Saint-Cyr, 81.	786	656	686
Trône.	Place de la Nation, 11, et av. de Bouvines, 6	350	226	231
Vallée (La) . . .	Rue des Grands-Augustins, 4, et quai des Grands-Augustins, 53 *ter*.	253	165	207
Vaugirard. . . .	Rue de la Procession, 10, et passage des Favorites, 13	640	418	539
Versailles-Béthune .	Rue de Béthune	110	59	59
Villette (La). . .	Rue de l'Ourcq, 49, 51 et 53, et quai de l'Oise, 9	541	479	496
Wagram	Avenue de Wagram, 22	495	412	430
Magasins de provᵉ.	. . . . .	»	1	3
Chevaux au labour.	A la Ferme de la Compagnie, à Claye. .	490	286	381
	TOTAUX. . .	19.937	14.890	15.869
2° Services des Voies ferrées (Concession Loubat)				
Boulogne. . . .	Route de la Reine, 136	»	»	»
Point-du-Jour . .	Avenue de Versailles, 226	»	31	»
Sèvres	Grande-Rue, 149.	»	»	»
Vincennes . . .	Rue de Paris et rue du Moulin, 16 et 27.	518	328	334
	Chevaux des Voies ferrées à la ferme de Claye. . .	»	4	10
	TOTAUX pour les Voies ferrées. . . .	518	363	344
	TOTAL GÉNÉRAL. . .	20.455	15.253	16.213

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III

GÉNÉRALITÉS SUR LA TRACTION MÉCANIQUE

Les tramways ne sont autre chose, nous l'avons déjà dit, que des chemins de fer urbains. Au lieu d'un train, une voiture unique, de dimensions variables, circule sur la voie ferrée, dont les rails, au lieu d'être en saillie comme ceux des lignes ordinaires, sont à ornière et au niveau de la chaussée.

Les voitures des tramways sont, la plupart du temps, traînées par des chevaux, mais on conçoit qu'il est possible d'opérer également cette traction au moyen de moteurs appropriés, à vapeur ou autres. Sans empiéter ici sur la troisième partie de cet ouvrage réservée à l'étude du matériel des chemins de fer sur routes, nous examinerons ici la question de la traction mécanique des tramways, qui est plus que jamais à l'ordre du jour.

A tout seigneur tout honneur, et considérons le problème tel qu'il se trouve posé dans la capitale, à Paris, où l'on discute, étudie, cherche, au lieu d'appliquer un système quelconque dont le besoin se fait pourtant sentir vivement.

140. — *La traction mécanique à Paris.* — Si l'on en croit la statistique (une statistique d'une ou deux années au moins) les divers moyens de locomotion dont dispose le public, à Paris, offrent 300 millions de places aux 290 millions de voyageurs qui, chaque année, ont recours à leurs services.

Au premier abord, la juxtaposition de ces deux chiffres semble plutôt favorable au *statu quo* actuel, le nombre des demandes étant inférieur, comme on en peut juger, à celui des places offertes.

Mais, si l'on réfléchit quelques instants, si l'on constate que, par exemple,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en ce qui concerne les omnibus, les divers voyages quotidiens de ceux-ci ne correspondent pas, comme nombre, avec les besoins de déplacement de la population ; qu'il y a, par conséquent, des heures d'encombrement, où toutes les places sont prises d'assaut, précédées et suivies de délais au cours desquels la plupart des mêmes places sont absolument délaissées par le public : si l'on note que, même aux moments de fortes poussées de voyageurs, les unes (impériale) sont désertées les jours de pluie ou de grand froid, les autres (intérieur) dédaignées par les après-midi étouffants de l'été ; si l'on ajoute enfin que, devant les atermoiements d'un horaire trop strictement établi et respecté, beaucoup de piétons préfèrent s'imposer un long parcours plutôt que d'attendre indéfiniment un départ qui ne se produit point, on voit combien les données de la statistique deviennent illusoires et à quelles conclusions erronées elles peuvent conduire.

Peu à peu, le succès aidant, les lignes de pénétration se multiplient et s'allongent.

A chaque augmentation du nombre des voitures mises en circulation, correspond, immédiatement, comme par ricochet, un accroissement simultané du nombre des voyageurs transportés ; à chaque modification du matériel, modification améliorant les moyens de transports offerts au public, celui-ci répond par un empressement plus grand à profiter des avantages qui lui sont présentés.

De 50 millions de voyages effectués en une année (1872), le chiffre des déplacements de la population parisienne monte, suivant une courbe de plus en plus accentuée, à 100, 155, 200 millions. En prolongeant cette courbe, en tenant compte des améliorations possibles, ce chiffre devrait atteindre 250 millions en 1900 et, par suite de l'Exposition, 300 millions.

On irait sans doute encore plus vite, dans cette marche ascensionnelle d'un besoin spécial du public de Paris, si l'on pouvait mettre en mouvement tous les moyens d'action dont dispose l'industrie moderne. Mais la Compagnie des Omnibus arrivée presque au terme de son monopole, ne sachant si elle pourra en obtenir le renouvellement, en doutant même, n'ose, les capitaux à engager dans cette opération étant énormes, procéder à la refonte complète et pourtant indispensable d'un matériel démodé et insuffisant.

Lui imposer cette obligation, sans lui donner des garanties, serait diffi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cile et, comme on ne veut pas lui donner de garanties, il y a place pour l'intervention de l'industrie privée.

D'après M. Hillairet, pour répondre aux besoins de Paris. D'abord, multiplier les lignes. Puis, sur ces lignes, faire circuler des tramways aussi nombreux que possible.

Non pas, ainsi que semble le désirer l'Administration, des trains de voitures attelées à un moteur puissant pouvant franchir, à une allure régulière, des rampes de 50 millimètres. Ces trains, espacés, ne répondraient pas toujours aux besoins du public, et, du reste, la montée des pentes de 50 millimètres par de tels convois ne serait pas toujours aisée, l'adhérence des rails et des roues, avec laquelle il faut compter, variant avec l'état atmosphérique de 1/5 à 1/20. Il vaudrait donc mieux de ces tramways *en chapelet*, se succédant les uns aux autres, de minute en minute, dans les moments de presse et répondant ainsi à tous les desiderata imaginables.

Dans son rapport à l'Administration, M. Etier refuse au système, dit du *chapelet*, la possibilité d'une application pratique à Paris sous le prétexte que, un certain nombre de lignes étant communes à différents tramways, dans les tronçons ainsi fréquentés, les parties de la chaussée pourvues de rails ne pourraient plus être abordées par les voitures et par les piétons.

Or, le piéton et le cocher fuient les rails de tramways mécaniques, et, d'ailleurs, le système du chapelet étant appliqué dans toute sa rigueur, le fiacre, ce fléau public, devrait fatalement disparaître de nos rues, débarrassant ainsi nos chaussées d'une cause d'accidents beaucoup plus redoutable que la succession répétée de voitures publiques à marche rapide.

Cette disparition du fiacre et de son automédon, qui est un fait déjà accompli à l'étranger au point que, dans certaines villes d'Amérique, la piste des tramways, uniquement fréquentée par ceux-ci, a pu être gazonnée et dérouler ainsi une sorte de tapis vert au milieu des chaussées, la disparition du fiacre ne contrarierait personne, bien au contraire.

De l'avis de tous les hommes compétents, du reste, le seul moyen de dégager la voie publique, les rues ne peuvant être élargies, consiste à y accélérer la circulation. Or, le système du *chapelet* permet seul d'atteindre ce but.

Après que l'on a pu remarquer que l'administration ne permet pas, à l'intérieur de Paris, la circulation de voitures à *deux avants*, ce qui oblige, aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

points terminus, les Compagnies à retourner leurs automobiles par un des moyens suivants :

La boucle, circuit de rails dont l'emploi est généralement abandonné parce que ce système occasionne une emprise énorme sur la chaussée ;

La plaque tournante,

Le triangle américain, dont on peut voir une adaptation quai du Louvre ;

Après avoir fait remarquer que la traction par locomotive était interdite, et avec raison, ce mode de traction, malgré son adoption dans une ville importante, Saint-Étienne, constituant un progrès à rebours ; M. Hillairet énumère les divers systèmes de traction expérimentés à Paris. Tous ceux connus, sauf le *trolley*, et encore n'est-ce qu'à demi prouvé, certains prétendant qu'il en fut fait une application à Paris, au cours d'une des dernières Expositions universelles, tous, ont été essayés.

Nous ne suivrons pas M. Hillairet dans la description qu'il a donnée de tous ces dispositifs, et nous nous contenterons d'en enregistrer l'énumération rapide en la faisant suivre d'une indication partielle des principales lignes sur lesquelles chacun d'eux est appliqué, actuellement, à Paris. Cette énumération la voici :

LOCOMOTION :

- A vapeur. . . . .
  - système Rowan.
  - — Serpollet.
  - — Lamm Franck.
- A air comprimé. . Système Mékarski.
- A gaz.
- Electrique. . . . .
  - à trolley.
  - à contacts. .
    - chaque contact ayant une machinerie spéciale.
    - chaque contact recevant le courant de distributeurs échelonnés (Système Claret-Villeumier).
  - à caniveau. — Par câble souterrain.
  - à accumulateurs.

A la locomotion électrique *par caniveau*, se rattache le système du funiculaire de Belleville, dont le câble est mû par la vapeur.

Ces systèmes sont ou ont été expérimentés déjà, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est ainsi qu'on trouve, appliqués sur les lignes :

Louvre-Boulogne, ...	le système	Rowan.
Madeleine-Gennevilliers, ...	—	Serpollet.
Saint-Augustin-Vincennes, . . .	—	Mekarski.
Place de la République-Romainville,	—	Claret-Villeumier.

Et que nous verrons bientôt, circulant dans nos rues, des tramways à gaz, actuellement en essais, et, de la Bastille à Charenton, le système à *trolley* accepté par le conseil municipal.

Jusqu'à ce jour, la pénétration, dans Paris, de lignes de ce dernier genre, a toujours été refusée, d'abord par raison d'esthétique, des lignes de fils aériens devant, paraît-il, couper désagréablement la perspective de nos rues, puis, par raison de sécurité publique, une rupture de fils pouvant amener de graves accidents sinon de personnes, au moins d'animaux.

Ce serait pourtant, en dépit des œuvres d'art (poteaux ornés) qu'il nécessiterait, celui dont l'application paraît devoir être la moins coûteuse. Le système par contacts (Claret-Villeumier) en usage de Paris à Romainville, a donné de bons résultats qui semblent lui avoir assuré la faveur de l'Administration. Tant qu'au système *à caniveau*, déprécié jadis dans son rapport, par l'ingénieur en chef de la ville de Paris, M. de Tavernier, lequel prétendait qu'en cas de pluie et de boue il ne marchait pas, il se comporte fort bien, même dans les circonstances signalées dans ledit rapport, et pourrait être adopté avec avantage. Enfin le système *par accumulateurs* se chargeant en cours de route, a, paraît-il, été essayé avec succès par les Allemands à Hanovre où il fonctionne à souhait.

Il y a donc place large, dans l'avenir, pour l'adaptation de l'électricité à la traction des tramways, et les électriciens peuvent hardiment se mettre à l'œuvre. On a dit que, s'il y avait à Paris un Métropolitain, les tramways ne lutteraient pas avantageusement contre lui. C'est une erreur que démentent les faits eux-mêmes. A Londres, sur une ligne parallèle au Métropolitain, dans le Strand, marchent des voitures automobiles dont, chaque jour, le nombre des voyageurs augmente.

Pour tirer une conclusion de tout ce qui précède, il faudrait pouvoir établir, d'une façon mathématique, quel est le système dont l'application coûte le moins cher.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or, dans l'état actuel de la question, cela est impossible. Il faudrait, en effet, pour discuter avec sûreté, avoir un point de départ, un chiffre ; celui du coût de la *voiture-kilomètre* type, or, étant donné les divers facteurs qui devraient concourir à son établissement, nature des différentes lignes parcourues, mode de traction, dépense de combustible, etc., etc., ce chiffre n'est pas aisé à déterminer. En tout cas, il ne l'est pas et, par suite, toute discussion serait oiseuse.

141. — *Le Métropolitain de Paris* — On sait combien cette question a fait verser d'encre et à soulevé de polémiques depuis plus de vingt ans que l'on en parle. Ce moyen de communication devenant plus que nécessaire devant l'insuffisance constatée des moyens de transport en commun existants, le conseil municipal de Paris a dû se rendre à la pression de l'opinion publique et un projet de métropolitain, à voie étroite et à traction mécanique, a été voté en 1896, et le tracé, minutieusement étudié et discuté répond assez bien aux besoins de la grande capitale qui réclamait ce réseau depuis si longtemps. Le Métropolitain, dont la construction va être incessamment commencée, se compose de six lignes principales que nous allons indiquer, d'après un article de M. Giraud dans le *Génie Moderne*.

Commençons par la transversale du nord-sud que nous appellerons la ligne A.

Cette ligne a une longueur de 9.437^{m},50, dont 420 mètres communs avec la ligne circulaire, elle est souterraine dans toute son étendue. Elle part de la porte Clignancourt, suit les boulevards Magenta, de Strasbourg, de Sébastopol jusqu'à la rue de Turbigo, suit cette rue (en passant aux Halles et à la Bourse du Commerce) et la rue du Louvre, passe sous la Seine entre le pont des Arts et la pointe de l'île de la Cité emprunte le sous-sol du quai Conti, de la rue de Rennes, se confond un moment avec la circulaire, qu'elle abandonne place Denfert pour suivre l'avenue d'Orléans jusqu'au bout. Elle dessert seize quartiers peuplés de plus de 500.000 habitants, et, par ses vingt et une stations, assure les communications entre les quartiers populeux de Montmartre et de Montrouge et le centre de Paris.

Si l'on ne compte pas les 30 millions de frais de voirie pour l'achèvement de la rue de Rennes, cette ligne coûtera 36 millions environ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici maintenant la ligne B, la transversale est-ouest, allant de la porte de Vincennes à la porte Dauphine. On sait que, dès 1887, M. Berlier a demandé la concession de cette ligne à la ville de Paris et que M. Berthelot a incorporé cette ligne dans le tracé du Métropolitain, parce qu'elle fait double emploi avec lui de la place de la Nation à la place de la Bastille.

Cette ligne B correspond donc au parcours du tube Berlier.

Nous voici maintenant à la ligne C, ligne circulaire des boulevards extérieurs. Elle a une longueur de 23.127^{m},50. Elle part de l'Étoile, suit l'avenue de Wagram, les bouleverds de Courcelles, des Batignolles, de Clichy, Rochechouart, de la Chapelle, de la Villette, de Belleville, de Ménilmontant et de Charonne jusqu'à la place de la Nation. Là, au lieu de descendre en viaduc le boulevard Diderot, elle se raccordera au tronçon de la ligne B (est-ouest).

L'autre raccordement aura lieu près de la gare de Lyon, entre la ligne B et le viaduc de la ligne circulaire, par le quai de la Râpée, en amont du pont d'Austerlitz.

Par le boulevard de l'Hôpital, la ligne C gagne la place d'Italie et, par le boulevard Saint-Jacques, la place Denfert-Rochereau, elle longe le cimetière Montparnasse et, par les boulevards de Vaugirard, Garibaldi et de Grenelle, elle atteint la Seine, qu'elle franchit au pont de Passy, puis s'enfonce en souterrain sous la colline du Trocadéro pour gagner la place de l'Étoile par l'avenue Kléber.

La circulaire C, presque partout aérienne, dessert 38 quartiers comptant près d'un million et demi d'habitants, soit plus de la moitié de la population. Elle a 48 stations et coûtera environ 63 millions. La transversale ouest-est (la ligne D) a une longueur de 8.762^{m},50, dont 1.832^{m},50 communs avec la ligne C. Elle part de la porte Maillot, monte à l'Étoile, où elle se confond avec la circulaire jusqu'à l'avenue de Villiers, descend par les rues de Constantinople, de Rome, Auber jusqu'à l'Opéra, par la rue du 4-Septembre, mène à la Bourse, suit les rues Réaumur et Turbigo, traverse la place de la République, vient finir à la Ceinture près du tunnel du Père-Lachaise. La ligne D, presque entièrement souterraine, dessert 18 quartiers comptant 650.000 habitants. Elle a 16 stations et coûtera 25 millions.

La ligne E, du boulevard de Strasbourg au pont d'Austerlitz, a une lon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gueur de 3.767m,50. Elle est d'abord souterraine, puis à air libre le long du canal Saint-Martin. Elle se détache de la ligne A près de la gare de l'Est, suit les boulevards Magenta et Richard-Lenoir et se raccorde à la ligne circulaire C près du pont d'Austerlitz. Elle dessert 7 quartiers comptant 300.000 habitants et coûtera 15 millions environ.

La ligne F ira du boulevard de Charonne à la place d'Italie par les boulevards de Picpus, de Reuilly, de Bercy et de la Gare, en passant la Seine au pont de Bercy. Elle a 5.905 mètres de longueur, en tranchée ou viaduc, comporte dix stations, dessert l'entrepôt de Bercy, et coûtera environ 13 millions.

Nous ne parlerons que pour mémoire de la ligne éventuelle allant de la place Valhubert (gare d'Orléans) au quai Conti, votée par le conseil sur un amendement de M. Gras.

Quant à l'ordre dans lequel seront effectués les travaux de ces 60 kilomètres de voies ferrées que comporte le tracé adopté, le conseil municipal ne prendra de résolution à cet égard que lorsqu'il abordera la question financière.

De même, le système de traction et d'exploitation qui sera employé n'est pas encore nettement déterminé à l'époque où nous écrivons. Cependant on peut croire que c'est le cas ou jamais d'employer la traction électrique surtout pour les parties souterraines. Un avenir prochain nous apprendra ce que les ingénieurs municipaux ont décidé et quels procédés seront mis en usage; pour le moment nous devons attendre.

142. — *Théorie de la traction mécanique. — L'adhérence.* — On désigne sous le nom d'*adhérence* la puissance développée par le frottement au pourtour des roues sur le rail, ce frottement étant proportionnel au poids supporté. L'effort qu'une machine peut développer étant considéré comme la tension qu'elle peut imprimer à la barre d'attelage d'un train remorqué en palier, il résulte que l'effort maximum qui peut être demandé à une machine se trouve limité par l'adhérence résultant du poids total reposant sur les roues, ainsi que par la puissance des cylindres. Mais cette dernière, pour une admission de vapeur suffisante, étant toujours supérieure à l'adhérence, cette adhérence représente seule la limite de l'effort que la machine peut imprimer aux voitures remorquées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avant d'essayer d'atteler à une machine quelconque un véhicule de tramway, il a fallu se rendre compte de la puissance à développer suivant l'état de la voie et de la route et surtout en raison des variations atmosphériques. Le *coefficient de frottement* ou d'*adhérence* $\frac{1}{n}$ varie comme suit (1) :

Temps très sec.	$\frac{1}{n} = 1/5^{e}$
Beau temps.	1/6
Forte pluie.	1/7
Temps brumeux, humide.	1/8
Brouillard ou neige	1/9
Rails gras dans les tunnels.	1/10
Verglas et glissement.	1/13

En ce qui concerne l'adhérence sur des voies de tramways, M. de Saint-Yves ajoute : « Le coefficient d'adhérence varie dans des limites très étendues, de 1/9 à 1/17e suivant l'état de la voie. Par certains brouillards, les roues patinent avec la plus déplorable facilité, et c'est dans ces conditions qu'on descend au 1/17e du poids total ; mais cet effet désavantageux peut être modifié par un léger sablage. On peut admettre avec sécurité le 1/12e ». Ce coefficient est certainement plus faible que celui admis généralement dans la pratique des tramways, et que M. Clarke évalue au 1/9e du poids de la machine.

Nous avons vu que, dans les souterrains où les rails sont gras, le coefficient d'adhérence descend au 1/10e. On peut admettre que sur des rails creux, moins favorables à la traction que des rails saillants, et de plus recouverts de la boue glissante des rues, il soit en moyenne de 1/12e, comme le prétend M. Saint-Yves. Néanmoins il est à penser qu'en prenant le dixième du poids du moteur, on évitera tout mécompte dans le calcul d'une machine de tramways. L'adhérence pourra d'ailleurs être augmentée par l'emploi judicieux du sable et par l'adjonction à la machine motrice de brosses ou de balais en fils métalliques servant à nettoyer la voie,

143. — *Coefficient de traction.* — Ce coefficient est le rapport de la

1. D'après l'ouvrage *Notes et formules de l'Ingénieur et du Constructeur mécanicien*, par de Laharpe, revu par Barré et Vigreux. — E. Bernard et Cie, éditeurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puissance horizontale nécessaire pour faire rouler un véhicule, avec le poids de ce véhicule. C'est l'effort développé pour maintenir ce véhicule en mouvement à une vitesse uniforme, et l'expérience a permis de relever les chiffres suivants, d'après l'état des chemins parcourus :

Pavés de grès en assez mauvais état d'entretien . .	0,020
Route macadamisée en parfait état, bien sèche, la voiture sur le milieu de la chaussée.	0,015
Même route, l'une des deux roues sur l'axe de la route, l'autre sur le revers de la chaussée où se trouvait de la poussière amenée par le vent. . .	0,027
Même route après une pluie	0,033
Terrain solide recouvert d'herbe.	0,05
Terre forte nouvellement remuée et humide . . .	0,110
Route nouvellement empierrée, suivant l'épaisseur de l'empierrement, de . . . . . 8 à	0,160
Ornières profondes et boueuses	0,250
Bitume comprimé	0,01
Pavé . . . . . 0,014 à	0,022
Macadam détrempé . . . . . 0,021 à	0,033
Asphalte. . . . . 0,010 à	0,015
Tramways en alignement, voie propre.	0,010
— — voie sale.	0,020
Chemin de fer, voie bien entretenue.	0,005

En palier, pour des rails à rainure, l'effort de traction est d'environ 12 kilogrammes par tonne remorquée.

En temps de pluie; cet effort est réduit d'un tiers et même davantage, mais il augmente très rapidement quand le véhicule remonte une rampe. Dans les courbes de 15 mètres de rayon, M. Reckenzaum admet que l'effort de traction pour les tramways est doublé, et que, dans les courbes de 10 mètres de rayon, il est triplé. Au démarrage, cet effort est souvent quadruplé et même quintuplé, ce qui conduit à la conclusion qu'une voiture de tramway ne doit pas s'arrêter dans les fortes rampes et sur les courbes de faible rayon.

144. — *Effort de traction d'une machine calculé d'après son adhérence.* — Quant aux machines de chemins de fer sur routes dont les rails

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont saillants et semblables à ceux des chemins de fer ordinaires, on peut admettre pour leur adhérence le 1/7 du poids utile (0,14).

A l'aide de ces chiffres, 1/10 pour les tramways et 1/7 pour les chemins à rails saillants, il est facile de calculer l'effort d'un moteur d'après son adhérence.

Soit une machine dont le poids utile est de. . .	8.000 kil.
Et un car pesant tout chargé	6.000 »
Le poids total à remorquer sera de	14.000 kil.

La résistance sur un tramway en palier étant de 10 kilogrammes par tonne, soit dans ce cas de 140 kilogrammes pour la machine et le car, la machine devra développer à la circonférence des roues un effort de traction de 140 kilogrammes.

D'un autre côté, le poids adhérent de la machine sera de $\frac{8.000}{10} = 800$ kilogrammes. La résistance étant de 140 kilogrammes, il y aura comme disponible pour gravir les rampes une force de 800 — 140 = 660 kilogrammes.

L'effort ascensionnel par millimètre est de 14 kilogrammes. La rampe-limite que la machine pourra franchir devra donc avoir une inclinaison comptée en millimètres de $\frac{660}{14} = 0^{m},047$.

Si le moteur et les voyageurs étaient réunis dans une seule voiture ne pesant en charge que 8 tonnes, comme la machine de l'exemple précédent, la résistance à la traction ne serait plus que de 80 kilogrammes, et la force de traction disponible, équivalente à 720 kilogrammes, lui permettrait d'atteindre des inclinaisons allant jusqu'à 0,090 millimètres par mètre.

On voit par ce que nous venons de dire que la voiture automobile peut atteindre des rampes inaccessibles aux remorqueurs, et qu'elle trouve son utilisation sur des routes accidentées où le mouvement des voyageurs est peu considérable.

145. — *Effort de traction d'une machine calculé d'après ses dimensions.* — L'effort de traction d'une locomotive dont les conditions d'éta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blissement sont connues, peut être calculé à l'aide des formules précédentes soient :

F, l'effort de traction développé à la jante des roues motrices ;

p, la pression effective de la vapeur sur les pistons, c'est-à-dire la pression absolue diminuée d'une atmosphère ;

d, le diamètre des cylindres ;

l, la course du piston ;

D, le diamètre des roues motrices.

Le travail développé dans un des cylindres pendant une course complète du piston sera de :

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

Le travail développé dans les deux cylindres sera le double, soit :

$$2 \times \frac{p\,\pi \times d^2}{4} \times 2\,l, \quad \text{ou} \quad p\,\pi\,d^2\,l \;(1)$$

Le travail développé à la jante des roues motrices pendant une révolution complète des roues sera de :

$$\mathrm{F}\,\pi\,\mathrm{D} \;(2)$$

Les valeurs 1 et 2 sont évidemment égales entre elles. On a donc :

$$\mathrm{F}\,\pi\,\mathrm{D} = p\,\pi\,d^2\,l$$

D'où on tire la valeur de F :

$$\mathrm{F} = \frac{p\,d^2\,l}{\mathrm{D}}$$

De cette équation, on peut déduire la pression effective moyenne sur le piston équivalente à un effort de traction donné :

$$p = \frac{\mathrm{D\,F}}{d^2\,l} \;(3)$$

146. — *Relation entre l'adhérence et l'effort de traction.* — Pour qu'une machine puisse remorquer une ou plusieurs voitures, il faut qu'il y ait, au minimum, sans cependant atteindre cette limite, équilibre dynamique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entre l'adhérence et la force moyenne transmise par les pistons tangentiellement aux manivelles, non compris la portion de cette force absorbée par le mécanisme ; sans quoi les roues tourneraient sur place.

Si nous représentons par P le poids de la machine, $\frac{P}{n}$ le poids adhérent, f le coefficient de frottement, on aura, d'après ce qui vient d'être dit :

$$f \frac{D}{n} = \frac{0{,}65\, p\, d^2\, l}{D} \quad (4)$$

Le coefficient de réduction de 0,65 tient compte de la chute de pression de la chaudière aux cylindres pendant l'admission, et de l'application de la détente dans les limites ordinaires. Cependant, le second membre de l'équation devrait être, en réalité, diminué de la résistance des organes de la machine ; mais, le plus souvent, on néglige cette correction, ce qui d'ailleurs ne présente pas d'inconvénient ; la condition relative à l'adhérence se trouve seulement un peu aggravée, ce qui n'a pas d'importance.

La résistance à la traction pour une tonne de 1.000 kilogrammes est de 30 kilogrammes sur une route empierrée en bon état, de 20 kilogrammes sur un bon pavé et de 2 kg. 7 à 4 kilogrammes sur un chemin de fer à rails saillants.

En rampe, il y a augmentation de résistance de 1 kilogramme par tonne pour chaque millimètre d'inclinaison.

Le tirage ou l'effort de traction qu'il faut exercer pour vaincre les résistances que nous venons d'indiquer augmente avec la vitesse.

Sur un chemin de fer, le tirage par tonne est de 2 kg. 8 pour une vitesse de 10 kilomètres et de 3 kg. 05 pour une vitesse de 15 kilomètres à l'heure. La vitesse de 10 kilomètres est à peu près celle des cars de tramways sur les lignes où les arrêts ne sont pas fréquents. Mais la résistance à la traction est bien plus grande sur les rails creux que sur les rails saillants. Elle dépend de la forme du rail, de la largeur de l'ornière et de son état de propreté. Elle croît avec l'inclinaison de la chaussée, comme sur les routes et les chemins de fer ordinaires. Les courbes produisent une résistance plus sensible sur un tramway que sur un railway, parce que le rayon descend quelquefois au-dessous de 20 mètres pour le premier et bien rarement au-dessous de 300 mètres pour le second.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

147. — *Coefficient de résistance sur les tramways.* — Des expériences nombreuses ont été faites pour déterminer d'une manière exacte la résistance à la traction sur les tramways en palier, en rampe et en courbe.

Les résultats obtenus ne concordent pas toujours, parce que les expériences ont eu lieu sur des voies et dans des conditions atmosphériques différentes. Nous donnons, cependant, à titre de renseignements, ceux qui nous ont paru les plus intéressants.

Des expériences, faites par M. Tresca, sur une section du tramway de Paris à Sèvres posée dans le macadam, avec une voiture allant à la vitesse de 12 kilomètres à l'heure, ont démontré que la résistance était de 10 kilogrammes par tonne quand les quatre roues avaient des boudins, et qu'elle n'était plus que de 6 kg. 79 lorsque deux seulement en étaient pourvues.

En 1880, sur les tramways de Hanovre, on a constaté que la résistance d'une voiture à deux chevaux, marchant à la vitesse de 9 km. 360, était de 5 kilogrammes par tonne, et que celle d'une voiture à un cheval, à la vitesse de 13 km. 500, était de 6 kg. 01 par tonne. On ne dit pas sur quelle voie avaient lieu les expériences. D'après les expériences faites en 1890 par M. Wright sur le North-Chicago-City-road, la résistance à la traction d'un car du poids de 3 tonnes, marchant à une vitesse de 8 kilomètres à l'heure, sur de vieux rails usés, a été de 16 kg. 392 par tonne en marche et de 67 kilogrammes au démarrage. Cette résistance, sur des rails neufs, est descendue à 7 kg. 700 pour le premier cas et à 58 kilogrammes dans le second.

M. Easton, autre ingénieur américain, a évalué à 8 kg. 33 par tonne la résistance à la traction sur un tramway en état ordinaire d'entretien, tandis que M. Hughes a trouvé 11 kilogrammes et M. Woods 9 kilogrammes sur une voie en bon état, en palier et sans courbes. Enfin un ingénieur anglais bien connu, M. Henry Holt, à qui l'on doit le *Tram-car starting gear*, a étudié sur les voies de tramways de la ville de Leeds, la résistance à la traction d'un car chargé, pesant 5.600 kilogrammes et traîné par trois chevaux, sauf sur une rampe de $0^m,05$ où l'on a attelé un renfort. Dans ces conditions, M. Holt a relevé sur le dynamomètre, comme effort moyen pendant tout le trajet, le chiffre de 10 kg. 175 par tonne. Au démarrage, cet effort était porté à 204 kilogrammes sur rampe de $0^m,013$ et, sans la gravité, de 49 kilo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grammes, 498 kg. 700 sur rampe de $0^m,016$ et de 441 kg. 625 sur rampe de $0^m,020$.

Si l'on tient compte des résistances dues à l'état de propreté de l'ornière du rail, on constate que, dans une courbe de $6^m,75$ de rayon, la résistance à la traction est près du double de ce qu'elle est en ligne droite.

A côté des résultats obtenus par les ingénieurs étrangers, nous devons placer ceux que la Compagnie des Omnibus de Paris a obtenus sur différentes lignes de son réseau. La voiture-tramway employée pesait 6 tonnes en charge, et l'omnibus à 28 places 3.600 kilogrammes. C'est au moyen du dynamomètre Morin et Poncelet, modifié pour cette application par l'ingénieur Clair, que les mesures ont été prises. Les expériences ont donné les résultats suivants :

Moyenne de l'effort de traction par tonne de poids : 10 kilogrammes pour les tramways, et, pour les omnibus, de 14 à 22 kilogrammes sur le pavé, et de 21 à 23 kilogrammes sur le macadam.

Les expériences ont donné lieu aux remarques suivantes :

Le frein joue un grand rôle dans la conduite des voitures. Manœuvré mal à propos, il est la cause de résistances tout à fait anormales. Ainsi, dans une descente, le travail *théoriquement* est nul; pratiquement, il varie de 20 à 30 kilogrammètres pour une voiture-tramway. Dans les expériences, il s'est élevé, avec des cochers maladroits, à 100 et même 160 kilogrammètres.

Le démarrage a nécessité un effort au collier variant de 300 à 400 kilogrammes. Avec la bricole, l'effort a été de 450, 500 et 600 kilogrammes.

Avec un bon cocher, l'effort développé au départ a été de 275, 300 et 350 kilogrammes, tandis qu'il a varié entre 400 et 450 kilogrammes avec un cocher maladroit.

Une voiture déraille dans une expérience; l'effort de traction sur le pavé s'élève de suite à 350 kilogrammes. Sur une ligne, la voie se trouve ensablée pendant 40 mètres environ. L'effort, qui était avant la partie sablée de 10 à 20 kilogrammes, atteint sur ce parcours 100, 150 et 200 kilogrammes.

Le tirage des chevaux n'est pas constant. La voiture lancée roule souvent d'elle-même. D'où l'on peut conclure que la vitesse pourrait être plus grande sans augmenter considérablement le travail.

L'omnibus fatigue plus les chevaux que le tramway. Pour le premier, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travail par cheval et par jour est de 605.203 kilogrammètres, tandis qu'il n'est que de 451.017 kilogrammètres pour le second, soit 154.186 de moins pour la voiture-tramway.

On a remarqué que l'effort moyen qui était de 111 et 115 kilogrammes sur une voie neuve, était descendu après 10 mois d'exploitation à 41 et 68 kilogrammes.

De ce qui précède, il résulte que la moyenne des efforts nécessaires pour mettre une voiture-tramway des Omnibus en mouvement, varie entre 250 et 500 kilogrammes avec une vitesse initiale de 1 mètre. M. Tresca avait trouvé dans ses expériences un effort de 360 kilogrammes au démarrage. M. John Philipps, en Angleterre, a constaté que deux chevaux attelés à un car pesant 5.080 kilogrammes exerçaient au départ un effort de 226 à 272 kilogrammes.

Ces diverses expériences, et d'autres que nous pourrions encore citer, démontrent que pour mettre en mouvement un car, les chevaux doivent exercer un effort de 5 à 6 fois plus grand qu'en marche. Les arrêts fréquents les usent vite ; on peut dire qu'un cheval de tramway ne dure pas plus de 4 à 5 ans.

148. — *Effort de traction sur les rampes.* — Les rampes nécessitent un accroissement d'effort proportionnel à l'inclinaison. Généralement, les chaussées où l'on pose un tramway ne présentent pas d'inclinaison supérieure à $0^m,50$ par mètre.

La rampe d'accès du pont de Neuilly, du côté de Suresnes, a cette inclinaison ; mais, comme sa longueur ne dépasse pas 200 mètres, un car des Tramways-Nord, pesant tout chargé 3.916 kilogrammes et attelé de deux chevaux, la franchit sans renfort.

La rampe de $0^m,032$ sur les Tramways-Sud, à l'avenue Marceau, est beaucoup plus longue et nécessite un cheval de côte. Les voitures de cette Compagnie pesant 5.000 kilogrammes avec leur chargement, exigent des chevaux plus forts que ceux des Tramways-Nord.

Il est facile de se rendre compte des efforts et du travail des chevaux du Sud sur la rampe de l'avenue Marceau.

La résistance à vaincre est de 10 + 32 ou 42 kilogrammes par tonne, soi 210 kilogrammes pour le car du Sud, pesant 5.000 kilogrammes en charge. L'attelage allant au pas et faisant 1 mètre par seconde, le travail développé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est de 210 kilogrammètres, soit 70 kilogrammètres par seconde et par cheval. Ce travail se rapproche beaucoup de celui que fournissent les chevaux de la Compagnie des Omnibus sur les lignes accidentées.

Les résultats des dernières expériences des Omnibus prouvent que le coefficient de résistance, avec une voiture *à deux boudins*, est le même que celui trouvé par M. Tresca, avec une voiture *à quatre boudins*.

149. — *Vitesse des tramways.* — Si nous en croyons une étude de notre confrère G. Pellissier, parue récemment dans la *Revue scientifique*, il existe, et on peut distinguer trois sortes de vitesse pour les voitures roulant sur les réseaux de tramways : 1° la vitesse maximum à un moment quelconque ; 2° la vitesse moyenne en marche, égale au quotient du parcours fait entre deux arrêts consécutifs par le temps employé à l'exécuter ; 3° la vitesse commerciale, quotient de la longueur totale de la ligne par la durée du voyage. La première de ces vitesses peut être très élevée, tandis que la dernière sera très faible, si les arrêts sont fréquents et prolongés. Or, si l'on considère que ces moyens de locomotion sont faits pour réaliser le *rapid transit*, indispensable dans les grandes villes, on arrive à conclure qu'il y aurait tout avantage à espacer les arrêts ; quelques voyageurs seraient forcés de marcher un peu plus ; mais, comme ils auraient accompli plus rapidement leur voyage en voiture, ils y gagneraient encore.

Voilà qui est fort bien, et ce sont les conseils de la sagesse. Mais parviendra-t-on à persuader aux voyageurs qu'il convient, dans leur intérêt et dans l'intérêt général, de ne pas multiplier inutilement les arrêts du « transport en commun » ? L'idéal de la plupart d'entre eux est de se faire déposer exactement devant leur porte par le tramway ou par l'omnibus. C'est un véritable abus, contre le principe duquel il faut s'élever, encore qu'il soit, dans les anciens systèmes, librement consenti. Ce n'est que par des arrêts déterminés, bien réglés, rapprochés sur certaines sections, espacés sur d'autres, que l'on peut donner à la traction mécanique toute la puissance de transport qu'elle est susceptible de fournir et qui motive principalement son adoption.

150. — *Traction animale et traction mécanique des tramways.* — L'emploi des chevaux est la plaie des tramways. Le prix des fourrages, si

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

variable qu'on ne peut déterminer à l'avance ce que coûtera la ration, le renchérissement des chevaux, leur usure rapide, les épidémies qui les déciment à certaines époques, tout concourt à rendre ce mode de traction très onéreux aux compagnies. Tandis que les frais de traction, sur un chemin de fer à locomotives, n'entrent que pour 30 ou 35 % dans les dépenses d'exploitation, la traction animale représente les 60 à 75 % des dépenses d'un tramway.

Avec les chevaux, les moyens de transport sont forcément limités. Une compagnie ne peut pas nourrir toute la semaine des chevaux qu'elle n'utilise que les dimanches et jours de fête où le mouvement des voyageurs augmente considérablement. Il faut, pour qu'une ligne de tramways soit prospère, qu'elle transporte beaucoup, et que les frais de traction n'absorbent pas la majeure partie de la recette. Or, ces deux conditions ne peuvent pas être remplies avec l'emploi des chevaux, et c'est pourquoi les compagnies se sont préoccupées depuis longtemps de cette situation si préjudiciable à leurs intérêts, et que beaucoup d'entre elles ont cru l'améliorer en ayant recours à la traction mécanique. Il faut reconnaître qu'un grand pas en avant a été fait dans cet ordre d'idées depuis quelques années, aussi passerons-nous en revue, au cours des chapitres qui vont suivre, les divers procédés mis en pratique sur différentes lignes, pour remplacer la force musculaire des animaux par une puissance mécanique quelconque.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV

LES TRAMWAYS A VAPEUR

Les premiers essais de traction mécanique des tramways ont été réalisés au moyen de moteurs à vapeur, mais on n'a pas tardé à reconnaître tous les inconvénients résultant de l'usage des locomotives dans l'intérieur des villes, et l'emploi de ce mode de traction n'a eu qu'une durée éphémère. Aujourd'hui, les locomotives sont réservées aux chemins de fer sur routes, en dehors des villes, et nous examinerons les divers modèles actuellement en fonction sur différents réseaux dans un chapitre spécial de la troisième partie de cet ouvrage.

Pour que le moteur à vapeur devint applicable à un service urbain, il a dû être modifié, et, parmi les solutions les plus heureuses qui aient été données de ce problème, il faut citer celles données par Serpollet et par Rowan, dont les appareils circulent maintenant sur plusieurs lignes de tramways.

151. — *Théorie du générateur à vapeur Serpollet.* — Bien que, depuis l'apparition du premier modèle, plusieurs variantes de construction aient été réalisées, le principe de ce générateur, réellement original et nouveau est le suivant : entre les parois d'un tube métallique épais, resserrées de façon à ne plus laisser entre elles qu'un intervalle très étroit, et préalablement chauffées à une température convenable, on injecte, à l'aide d'une pompe, un mince filet d'eau. Cette eau, laminée entre des surfaces très chaudes, se transforme instantanément en vapeur, laquelle est envoyée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ensuite dans les cylindres moteurs, comme d'habitude. Le resserrement extrême des parois du tube, qui constitue la caractéristique du générateur Serpollet, a pour but d'empêcher de se produire le phénomène connu en physique sous le nom de *caléfaction*, dont l'effet est une surproduction subite de vapeur à une pression si élevée, que lorsque ce phénomène survient avec des chaudières ordinaires, il cause presque toujours leur explosion.

Par l'écrasement méthodique de l'eau entre les parois du tube, M. Serpollet a pu éviter la formation de gouttelettes d'eau à l'état sphéroïdal. Grâce à ce dispositif, la caléfaction se trouve pour ainsi dire, confinée dans des conditions de sécurité absolue. Il convient également d'ajouter que la vapeur sortant du tube est *surchauffée*, c'est-à-dire amenée à une température bien supérieure à celle de la vapeur saturante à la pression de laquelle elle est employée. Il en résulte donc que, pendant la période d'admission dans le cylindre de la machine, la vapeur, soumise à l'action des parois froides du moteur, peut se refroidir beaucoup sans que pour cela il y ait formation de *rosée* sur ces parois. Lorsque l'on emploie des vapeurs saturées fournies par les chaudières ordinaires, ce phénomène se produit toujours et, comme une partie seulement de cette eau condensée est vaporisée à nouveau pendant la détente, toute la chaleur qu'on a dépensée dans la chaudière à vaporiser cette eau rémanente, est totalement perdue au point de vue du travail fourni dans le cylindre. C'est une des raisons pour lesquelles un kilogramme de vapeur surchauffée produit plus de travail dans un moteur qu'un kilogramme de vapeur saturante ordinaire. Cette surchauffe, que certains constructeurs réalisent à l'aide d'appareils spéciaux, est une des caractéristiques du générateur Serpollet. Comme organes essentiels, le générateur Serpollet comporte deux pompes alimentaires : l'une dite *pompe à main*, sert au moment de la mise en marche, pour injecter dans le générateur les premières gouttes d'eau ; l'autre, dite *pompe automatique*, est actionnée par la machine elle-même et se substitue à la pompe à main dès les premiers tours de la machine. Dans les nouvelles applications la pompe automatique est remplacée par un petit cheval alimentaire.

La vitesse du moteur dépend de la quantité de vapeur produite, c'est-à-dire de la quantité d'eau injectée. On règle fort simplement cette dernière à l'aide d'un simple robinet à dérivation dit *pointeau régulateur*. Intercalé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entre le générateur et les pompes, il permet à l'eau refoulée par celles-ci de se rendre soit seulement au générateur, soit seulement au réservoir d'eau d'alimentation, soit partiellement au générateur et partiellement au réservoir. Dans le premier cas, toute l'eau débitée par la pompe est transformée en vapeur, et la machine fonctionne en travail maximum. Dans le second cas, le générateur n'est plus alimenté, et l'eau refoulée par la pompe fait simplement retour à la bâche : la machine ne produit plus de travail. Enfin, dans le troisième cas, l'eau injectée va en partie au générateur et en partie au réservoir; en faisant varier, par la manœuvre du pointeau, la proportion relative de ces deux quantités, on peut faire varier le travail de la machine depuis zéro jusqu'à son maximum.

Lorsque le moteur est appliqué à la locomotion, c'est le machiniste qui règle cette quantité de travail en manœuvrant le pointeau ; dans les machines fixes, dont la vitesse doit être constante, le pointeau est remplacé par une soupape qui, en ouvrant sous une pression déterminée le tuyau de retour de l'eau au réservoir, limite la pression de l'injection, et par suite celle de la vapeur.

152. — *Description du générateur Serpollet.* — Les premiers modèles furent constitués ronds, en acier ou en cuivre, à parois de 5 à 12 millimètres d'épaisseur, aplati au laminoir de façon à ne plus laisser entre ses deux faces qu'un intervalle dit *capillaire*, de 1 millimètre au plus, puis enroulé en spirale sur lui-même. Mais cette sorte d'escargot présentait de nombreux inconvénients que l'expérience ne tarda pas à révéler, et après de patientes études, l'inventeur donna à ses tubes la forme d'un U renversé, ou d'une gouttière, et les accoupla deux à deux pour former un *élément* de chaudières. Ces éléments sont ensuite placés dans un foyer disposé de telle sorte que les parties embouties se trouvent seules exposées à l'action des gaz chauds, les coudes étirés étant soumis à une température beaucoup moindre, et les extrémités filetées se trouvant à l'extérieur de l'enveloppe du foyer. Sur ces extrémités viennent se visser des écrous destinés à maintenir les raccords à garniture métallo-plastiques réunissant l'un à l'autre tous les éléments en tension. Cette description permet de comprendre quels peuvent être les avantages de ce générateur appliqué à la traction, en raison de son extrême

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simplicité qui rend inutile l'emploi des appareils de sécurité habituels : niveau d'eau, robinets de jauge, manomètre et soupapes de sûreté. Il est également très robuste et d'une souplesse remarquable. Si, par exemple, on

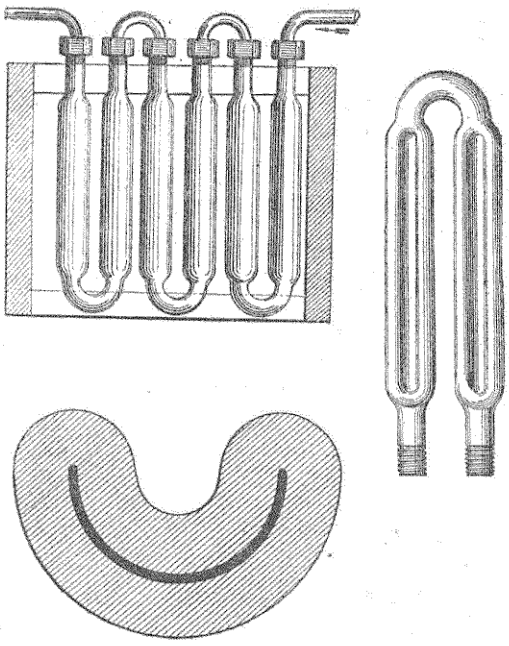


Fig. 98, 99 et 100. — Générateur à vaporisation instantanée, système Serpollet. Détails des tubes.

veut monter une côte très dure ou démarrer dans une ornière, on pourra facilement faire produire au générateur de la vapeur à une pression triple et même quadruple de la pression normale de marche, ce qui permettra de surmonter presque tous les obstacles.

A cause du passage rapide de la vapeur dans les tubes, ceux-ci s'encrassent difficilement et, lorsque cela arrive par l'emploi d'une eau trop calcaire, il est aisé de les démonter et d'effectuer le nettoyage en peu de temps.

Le générateur est peut être un peu lourd et c'est là un inconvénient pour la locomotion. A première vue, l'épaisseur des tubes paraît exagérée et l'on serait tenté de diminuer cette épaisseur. Ce serait une erreur grave, car c'est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le poids du métal de la chaudière qui est une des conditions essentielles de son fonctionnement régulier. C'est son *volant de chaleur* qui joue le même rôle que l'eau dans les chaudières ordinaires, en sorte que, si l'on employait des tubes minces, la pression tomberait considérablement à chaque injection d'eau, ce qui rendrait très irrégulier le débit du générateur.

Déjà un assez grand nombre de tramways pourvus du système Serpollet, sont en usage à Paris. Nous décrirons le type normal de 50 places adopté par la *Compagnie des Omnibus* et récemment par la *Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine*.

Chaque automobile doit pouvoir remorquer, à des vitesses conformes à l'horaire et sur rampes de 50 millimètres par mètre, une seconde voiture contenant le même nombre de voyageurs.

La charge totale des trains sera donc approximativement :

Automobile.	8.000 kil.
Voiture d'attelage.	3.500 »
103 voyageurs (conducteurs compris) . . .	7.900 »
Divers.	100 »
	17.500 kil.

Rayon minimum des courbes.	15 mètres
Ecartement des essieux.	$1^m,9$
Diamètre des roues.	$0^m,80$

153. — Les derniers tramways automobiles construits sur les plans de MM. Serpollet présentent de notables améliorations que nous passerons en revue ici, d'après un article de la *Revue Technique*.

Ainsi, le générateur rectangulaire de $1^m,03$ de hauteur sur $0^m,72$ de longueur et $0^m,575$ de largeur, qui se trouvait sur la plateforme d'avant des premières voitures, et dans lequel les tubes étaient disposés horizontalement en étages, a été remplacé par un générateur dans lequel le groupement des tubes est double et comprend un premier jeu de tubes horizontaux, chauffés par le rayonnement direct du foyer et un second jeu de tubes verticaux, chauffés par les flammes et les gaz de la combustion qui se rendent ensuite à la cheminée, comme cela se passe dans les chaudières tubulaires des locomotives ordinaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A l'avant et aux deux longs côtés du générateur sont adaptées des portes par lesquelles on enlève la suie qui pourrait se déposer entre les tuyaux, qui permettent de resserrer les joints lorsqu'il se produit des fuites, et que l'on peut ouvrir en outre pendant les arrêts pour diminuer le tirage et amener de l'air froid au niveau des tubes. Pour éviter les pertes de calorique par rayonnement, tout le générateur est entouré d'une double enveloppe en tôle mince garnie d'asbeste; en outre, un courant d'air circule continuellement entre les parois extérieures du générateur et cette double enveloppe de même qu'entre celle-ci et la caisse de la voiture. Pour éviter des odeurs désagréables, les produits de la combustion sont amenés par la cheminée du générateur dans une seconde cheminée invisible de l'extérieur et qui forme la continuation de la double enveloppe. Il se produit un tirage énergique par lequel les produits de la combustion sont mélangés avant leur échappement avec une quantité toujours croissante d'air et grâce auquel il ne se produit aucune odeur.

En fait de combustible, on peut employer du charbon, des briquettes, de l'anthracite, du coke, etc., mais dans les villes, il convient, pour éviter toute production de fumée, de donner la préférence au coke.

Une autre amélioration consiste en ce que la machine, au lieu d'être disposée sous la plateforme d'avant, comme c'était le cas précédemment, est placée actuellement entre les deux essieux et est convenablement reliée au truck au moyen de supports appropriés; il en résulte que l'on a remédié ainsi à la répartition inégale de la charge qui caractérisait la première disposition et que l'on évite le mouvement de tangage qui en résulterait dans la marche de la voiture.

Cette machine possède deux cylindres, placés symétriquement entre les deux essieux et est disposée dans le sens longitudinal entre les deux roues, de façon que les cylindres soient facilement accessibles.

L'arbre de commande porte trois roues dentées qui transmettent le mouvement, par l'intermédiaire de fortes chaînes Galle, d'une part à l'essieu d'avant et, d'autre part, à l'essieu d'arrière, et de telle façon qu'à trois tours de machine corresponde un tour d'essieu. La machine permet la marche dans les deux sens et est munie d'un graisseur automatique qui règle le graissage avant l'entrée de la vapeur dans les cylindres, de telle façon que le machi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

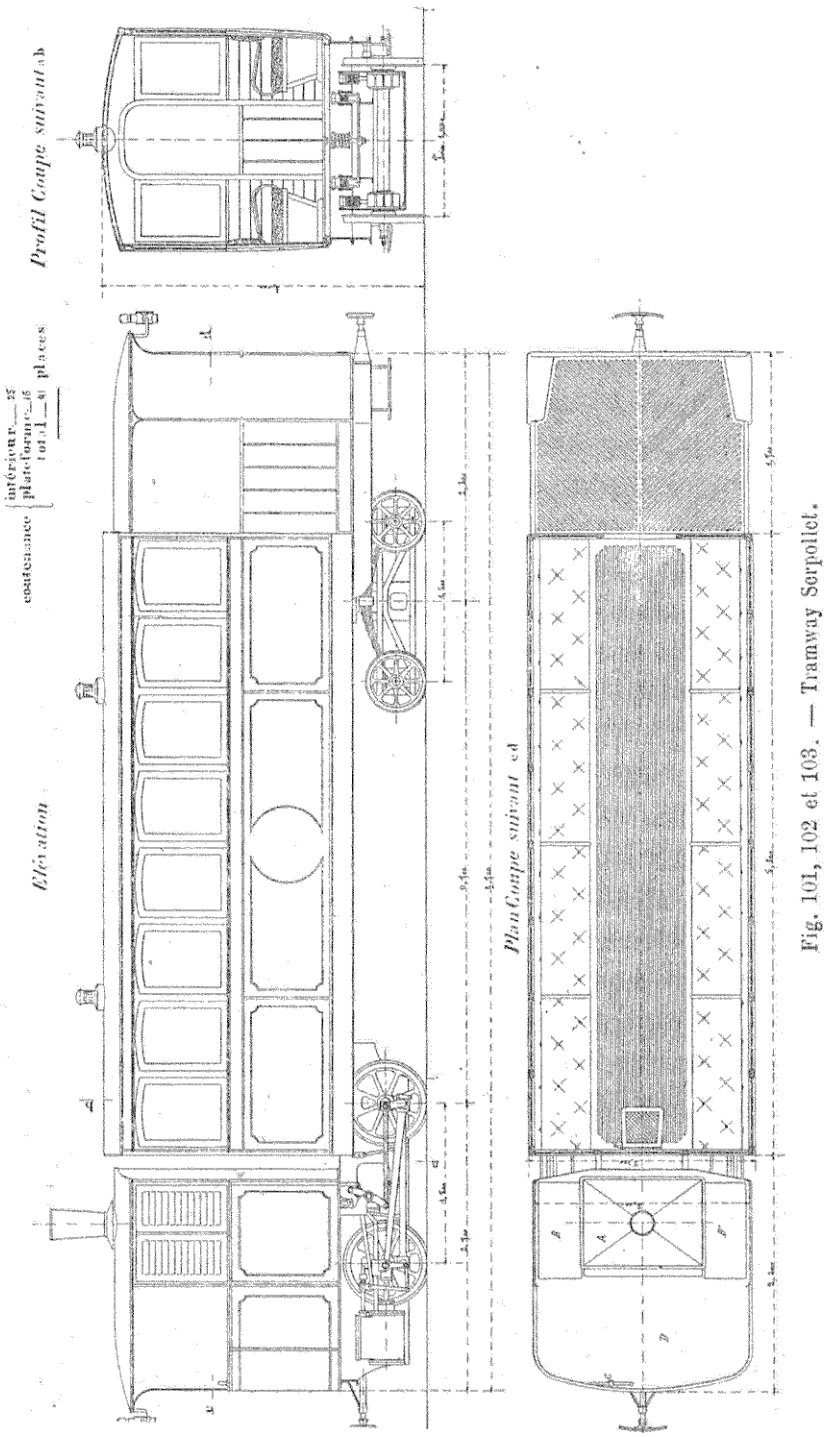


Fig. 101, 102 et 103. — Tramway Serpollet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

niste n'a pas à s'en occuper. Enfin, sur l'essieu d'avant est calé un excentrique qui, par l'intermédiaire d'une bielle et d'un levier, met en mouvement automatiquement la pompe.

La pompe qui doit être mise en mouvement pendant la marche est actionnée par un levier placé à portée de la main du machiniste. Les deux pompes ne forment qu'une seule pièce, ce qui rend la tuyauterie moins compliquée qu'elle ne paraît devoir l'être en théorie. Le moteur est protégé contre la poussière et la boue par deux boîtes en tôle bien étanches dans lesquelles il est renfermé; cette enveloppe, communiquant avec le foyer par un tuyau, a en outre pour effet d'éviter que l'on sente l'odeur d'huile qui se produit par le graissage; les vapeurs d'huile qui pourraient se produire sont entraînées vers le foyer par le courant d'air indispensable à la combustion et vont s'y brûler. Enfin sur la conduite d'échappement de la vapeur s'embranche un tuyau qui se rend sous les pieds des voyageurs et permet ainsi pendant l'hiver de chauffer sans aucuns frais toute la voiture.

Le diamètre des cylindres est de 150 millimètres et la course des pistons de 160 millimètres. Sur les rampes, on peut sans inconvénient, porter immédiatement la pression jusqu'à 15 et 25 atmosphères et le moteur fournit alors le travail proportionnel à la vitesse de marche.

On peut employer toute espèce de freins, car le système de freins est complètement indépendant du système Serpollet même. Après de nombreux essais, on a adopté à Paris pour les voitures Serpollet un frein à action rapide combiné avec un frein de sûreté. Le premier est un frein à corde du système Lemoine dont on se sert presque exclusivement, mais d'une façon continue et qui est aussi appliqué à tous les véhicules de la Compagnie générale des Omnibus de Paris. Le second frein est un frein ordinaire à vis ou chaîne, qui fonctionne comme frein de secours lorsque le frein à corde vient à manquer; il sert aussi à réduire la vitesse des véhicules sur les longues pentes. Ces deux freins sont indépendants l'un de l'autre, de sorte qu'en cas de nécessité l'un peut remplacer l'autre. Ils peuvent être actionnés tous deux de la plateforme d'arrière, de telle façon que, si par suite d'une circonstance quelconque, le machiniste se trouvait empêché de manœuvrer le frein, le receveur ou un voyageur peuvent serrer les freins et provoquer l'arrêt de la voiture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le dispositif que nous venons de décrire est applicable à toute voiture de tramway à deux essieux de toute dimension et de tout type; le type des voitures automotrices sans impériale contient de 15 à 40 places assises et peut s'employer aussi bien pour la voie large que pour les écartements réduits. Le plus petit rayon des courbes admissible qui dépend de l'empattement est de 18 mètres pour la voie large et peut être réduit à 15 mètres pour la voie d'un mètre et au-dessous.

Les voitures à impériale et à platesformes couvertes contiennent 50 places (20 places à l'intérieur, 24 places d'impériale et 6 places de plateforme), elles pèsent à vide 8 tonnes; le diamètre des roues est de $0^m,80$; l'empattement est de $1^m,90$ et permet de passer facilement dans les courbes de 25 mètres de rayon. Des voitures de ce type sont en service depuis le commencement de l'année 1895 à la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine, et peuvent remorquer, sur une rampe de 50 millimètres par mètre, une voiture d'attelage contenant également 50 voyageurs. Le poids total du train est alors :

Poids de la voiture automotrice.	8.000 kil.
— — d'attelage.	3.500 »
103 personnes (conducteurs compris) . . .	8.000 »
Total. . .	19.500 kil.

En général, la puissance du moteur est suffisante pour remorquer sur une rampe de 50 à 60 millimètres une charge d'un poids égal à celui de la voiture automotrice elle-même.

Le poids des voitures varie, suivant la capacité des voitures automotrices entre les limites suivantes :

Voiture à 50 places :	à vide	8.000 kil.,	à charge	11.000 kil.
— 40 —	—	6.000 »	—	8.200 »
— 20 —	—	3.500 »	—	6.000 »
— 15 —	—	2.500 »	—	3.500 »

La transmission par chaînes donne au mouvement des voitures beaucoup d'élasticité et leur permet de passer facilement dans les courbes. Si la vitesse de marche devait dépasser toutefois 25 kilomètres à l'heure, l'emploi des chaînes ne serait plus recommandable, et il conviendrait alors de donner la préférence au mécanisme en usage pour les locomotives de tramway.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La consommation par cheval-heure a été pour un petit moteur de 4 chevaux : 2 kilogrammes de charbon, 14 kilogrammes d'eau, et 0,025 kilogramme d'huile de graissage.

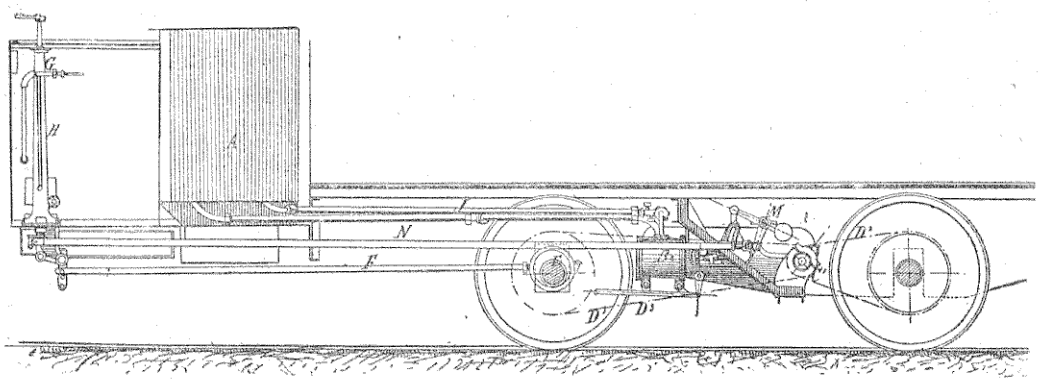


Fig. 104. — Détails du truck moteur d'un tramway à vapeur Serpollet

Ces chiffres se réduisent pour de plus puissants moteurs de tramway (force normale de 20 chevaux pour une voiture automotrice de 10 tonnes en ordre de marche) à 1kg,5 jusqu'à 2kg,5 de coke et 1 centime pour frais d'huile de graissage par voiture-kilomètre.

Lorsque la charge à transporter est trop grande pour une voiture automobile à deux essieux, il est recommandable d'employer une voiture à bogies analogue aux voitures Rowan, dans laquelle le moteur repose sur le bogie d'avant, la caisse sur le bogie d'arrière, et où le poids des voyageurs vient augmenter l'adhérence.

D'après des renseignements fournis par la Société des générateurs à vaporisation instantanée, des voitures Serpollet sont employées actuellement par les Sociétés suivantes :

Compagnie des tramways de Cherbourg.

Tramways de Gérardmer.

Voie Etroite à Genève.

La Compagnie générale française de Tramways.

Les essais faits sur les lignes de ces compagnies ont été si satisfaisants, que celles-ci ont en partie doublé les commandes qu'elles avaient faites.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En outre, des voitures Serpollet sont en service sur les lignes de la Compagnie générale des Omnibus de Paris, et à Saint-Étienne. Les résultats obtenus dans ces exploitations ont été tellement satisfaisants, tant au point de vue mécanique et économique que sous le rapport de l'absence complète d'odeur ou de fumée, qu'il s'en est suivi des commandes importantes qui ont mis Serpollet en situation de faire des contrats avec les plus grands ateliers de constructions mécaniques, dont le nom seul présente une garantie de bonne exécution et de bon fonctionnement du matériel fourni. Il en est résulté que Serpollet a été mis à même de réduire le coût de ses voitures et de concourir avec tous les autres systèmes de traction.

Les premières commandes ont été notamment les suivantes ; 12 voitures pour la Compagnie des Tramways-Nord de Paris ; 16 voitures pour la Compagnie générale française de Tramways, destinées aux réseaux d'Orléans et de Tours ; 6 voitures pour Lille, Berlin et Vienne, et enfin, en vertu d'un contrat passé avec la Compagnie des Omnibus de Paris, une fourniture de 90 voitures, dont 60 voitures à 50 places à impériale, à fournir dans les huit premiers mois. Chaque voiture peut remorquer une voiture d'attelage à 50 places également.

La Compagnie des Omnibus vient de commencer l'exploitation de la ligne Saint-Ouen-Bastille avec les premières voitures dont la livraison continue actuellement.

Le générateur Serpollet a été adapté aussi à des châssis de voitures de tramways qui étaient actionnées antérieurement par l'air comprimé ou des chaudières sans foyer. Le résultat de ces transformations a été satisfaisant, comme le démontrent les voitures Serpollet transformées, en service à Marseille.

D'autres commandes de transformations analogues ont été données par les tramways de Courbevoie, par la Compagnie française de Tramways et pour des voitures en service au Brésil.

La Compagnie des chemins de fer du Nord et les chemins de fer de l'État wurtembergeois ont également commandé des voitures Serpollet. Les voitures sont à 44 places et peuvent remorquer avec une vitesse de 40 kilomètres une voiture d'attelage. Les voitures automotrices sont destinées aux trains-omnibus, pour le service des voyageurs, des bagages et de la poste.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'administration municipale de Cherbourg a également décidé l'application des voitures Serpollet à son réseau urbain à l'exclusion de tout autre système. Ajoutons cependant que, lors des essais faits à Vienne en avril, mai et juin 1895 sur la ligne de tramways Rudolfsheim-Bellaria-Schottenring-Aspernbrüke-Praterstern, il s'est produit le 8 juin un accident qui ne put être attribué toutefois en aucune façon à un défaut de construction du générateur de vapeur ou de mécanisme, mais qui est dû uniquement à la circonstance malheureuse que sur la rampe de 40 millimètres de la Burggasse, la vapeur manqua tout à coup et que la voiture se mit à descendre la pente. La pompe avait fait défaut par suite d'une fuite au piston, et le frein à vis, placé sous la main du conducteur, n'était pas assez puissant pour arrêter la voiture qui avait commencé à descendre la pente, tandis que le frein d'arrière dont la manivelle s'était détachée, ne pouvait pas être mis en action immédiatement.

Pour les essais, on avait employé une voiture à impériale couverte à 2 essieux et à plateformes, pesant 8,5 tonnes en ordre de marche et pouvant contenir 50 voyageurs, de sorte que la voiture complètement chargée pesait 12 tonnes. La voiture qui circulait à la vitesse ordinaire des voitures de tramway, pouvait être arrêtée sans la moindre difficulté sur une longueur de deux pas.

Sur la ligne dont il vient d'être question et sur laquelle on parcourait, pour un voyage aller et retour 15kg,5, la consommation moyenne, résultant de divers relevés, était de 36 kilogrammes de coke et de 155 litres d'eau, ce qui correspondait à une consommation par voiture-kilomètre de 2kg,32 de coke et de 10 litres d'eau.

La puissance de la machine est indiquée comme étant de 20 à 70 chevaux, de sorte que chaque voiture peut encore remorquer une voiture d'attelage du type ordinaire des voitures de tramway.

Comme inconvénients du système, il importe de signaler la nécessité de retourner la voiture aux points terminus, ce qui a pour conséquence l'établissement de triangles de retournement ou de plaques tournantes, et la circonstance que si les produits de la combustion sont utilisés avec grand avantage en hiver pour le chauffage des voitures, ils peuvent devenir assez désagréables en été pour les voyageurs assis à proximité de la paroi de tête des voitures.

Le porte-à-faux des deux extrémités de la voiture occasionnait à la sortie des courbes de petit rayon des oscillations latérales très désagréables qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étaient d'autant plus sensibles que le rayon de la courbe était plus petit et que la vitesse de marche était plus considérable ; l'intérieur de la voiture était insuffisamment ventilé ; sur l'impériale, on percevait l'odeur des produits de la combustion qui s'échappaient par la cheminée ; enfin, si pendant la marche en ne constatait pas trop de bruit, on percevait à l'arrêt, le bruissement de la vapeur non employée.

Il est plus que probable que ces quelques inconvénients pourront être évités à la suite d'une étude ultérieure, et il n'y a pas lieu par suite de ne pas tenir compte largement de la valeur de ce système.

154.—*Automobile postale de la Compagnie du Nord.*—La Compagnie des Chemins de fer du Nord a mis en service, au commencement du mois de juin dernier, une voiture automobile du système Serpollet, dénommée automobile postale, qui assure chaque nuit le transport des dépêches sur la ligne de Creil à Beauvais.

La voiture, qui part de Beauvais à 11 h. 30 du soir, arrive à Creil à minuit 40, pour en repartir à 3 h. 40 et rentrer à Beauvais à 5 heures du matin, après avoir assuré le service postal des stations intermédiaires et effectué ainsi un parcours de 75 kilomètres, non comprises les manœuvres aux terminus.

Avant d'entrer dans quelques détails sur les résultats qu'a donnés cette automobile, tant dans son service que dans les divers essais auxquels elle a été soumise, nous croyons nécessaire de donner une description sommaire de cette voiture.

L'automobile peut se diviser en trois parties :

1° Le châssis,

2° La plateforme du mécanicien,

3° La caisse.

1° Le châssis porte sur sa partie avant deux faux longerons, sur lesquels sont fixés le mécanisme moteur et l'essieu d'avant, qui seul est moteur. L'essieu porteur arrière est monté à la façon ordinaire.

Le mécanisme moteur se compose de deux machines à distribution Stephenson, qui attaquent directement les boutons de manivelle dont sont munies les roues motrices. Les cylindres ont été disposés entre les deux essieux, de façon à décharger l'essieu moteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

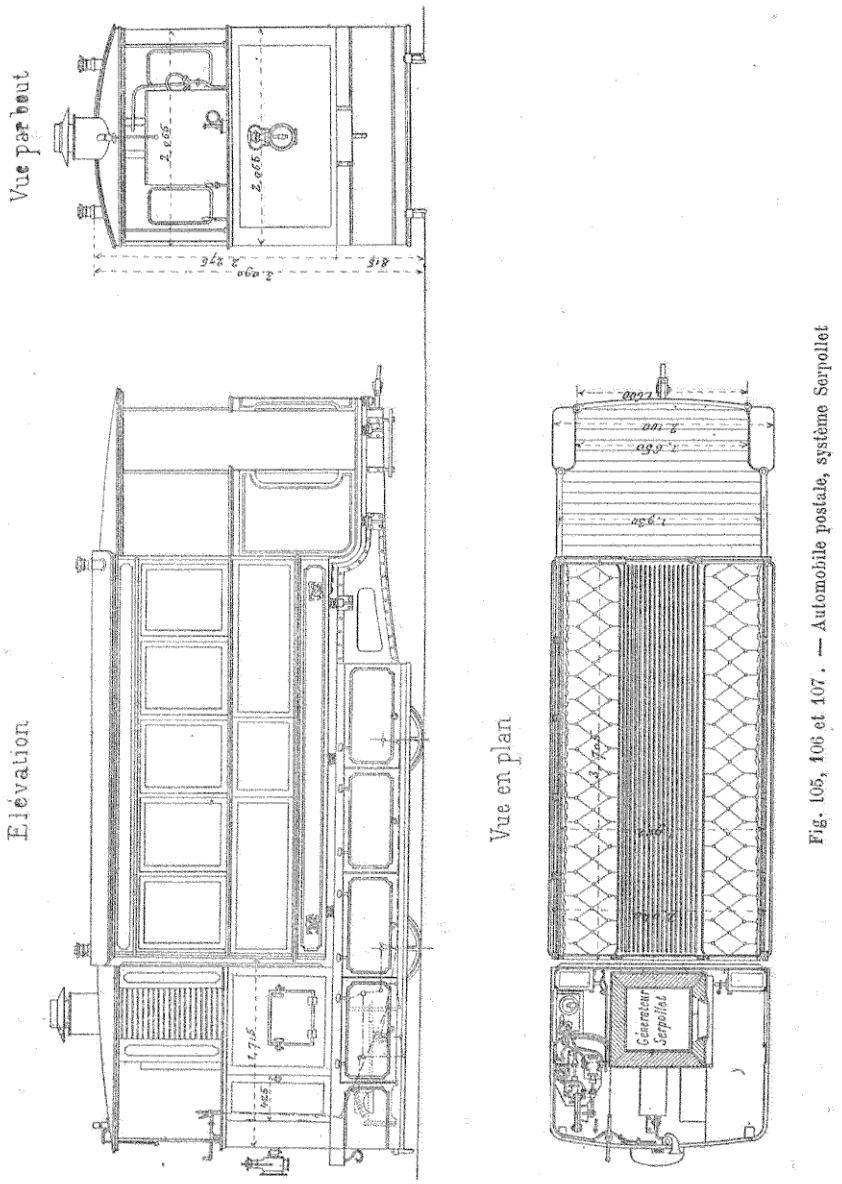


Fig. 105, 106 et 107. — Automobile postale, système Serpollet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le réservoir d'eau a été placé en arrière de l'essieu porteur, sous le châssis, pour mieux équilibrer la charge.

2° La plateforme du mécanicien, sur l'avant de la voiture, a une largeur de $2^{m},200$ et une longueur de $2^{m},277$. Elle est munie d'un garde-corps.

Sur l'avant, la toiture est réunie au garde-corps par un masque en tôle portant trois lunettes à pivot, du genre de celles employées sur les locomotives.

Sur cette plateforme est installé un générateur à vaporisation instantanée (système Serpollet), de $11^{m^2},32$ de surface de chauffe, et de $0^{m^2},46$ de surface de grille, placé sur l'axe de la voiture, et séparé de la cloison de la caisse par un intervalle de 200 millimètres. Cette chaudière, dont l'encombrement, en plan, y compris sa double enveloppe, est de $1^{m},10 \times 1^{m},10$, pèse 2.850 kilogrammes.

Le mécanicien a en outre à sa portée, et disposés devant lui, tous les appareils et leviers de manœuvre.

Les espaces libres entre le générateur et le garde-corps sont réservés : celui de droite, pour la libre circulation entre la caisse et la plateforme ; celui de gauche, pour le combustible. Toutefois, on a fixé de ce même côté gauche, sur la tôle garde-corps, la pompe Westinghouse et l'entonnoir de remplissage du réservoir d'eau.

3° La caisse a une longueur de $3^{m},070$ sur une largeur de $2^{m},500$; elle comporte de nombreuses baies vitrées sur toutes ses faces, et est munie de deux marchepieds longitudinaux et de deux portes d'accès.

Les banquettes, disposées parallèlement à la voie, peuvent se rabattre en cas de nécessité.

Enfin, une porte vitrée permet de passer de la caisse sur la plateforme du mécanicien, sans par conséquent avoir à descendre de la voiture.

Voici, du reste, quelques données complémentaires sur cette voiture :

Longueur totale de la voiture, sans tampons	$5^{m},305$
Largeur à la ceinture	$2^{m},500$
Empattement des essieux	$2^{m},840$
Capacité du réservoir d'eau.	650 litres.
Poids en ordre de marche avec 10 voyageurs.	18 tonnes.
Charge sur l'essieu moteur, environ	11 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alésage des cylindres	180 m/m.
Course des pistons	250 m/m.
Diamètre des roues	955 m/m.
Pression normale de la vapeur dans les cylindres	18 kilog.
Coefficient d'utilisation admis	0,65.
Effort de traction	990 kilog.

L'allumage, qui se fait comme pour les locomotives, n'exige que 45 minutes et 40 à 45 kilogrammes de briquettes, après quoi la machine est en état de prendre son service.

Quant aux rechargements du feu, ils se font en cours de route, et principalement aux stations, ce qui fait qu'un mécanicien seul peut conduire la voiture et entretenir son feu.

Sur le parcours journalier de Beauvais à Creil, et retour, les consommations suivantes ont été constatées :

Allumage au dépôt de Beauvais.	3,5	briquettes de	10 kilogr.	35 kilog.
Rechargement en gare de Beauvais avant le départ	1,5	—	—	15 »
En cours de route et aux stations 3 rechargements de 1,5 briquette chacun	4,5	—	—	45 »
A Creil, pendant le battement	2	—	—	20 »
A Creil, avant le départ	1,5	—	—	15 »
Entre Creil et Beauvais, 4 rechargements, de 1,5 briquette chacun	6	—	—	60 »
	19,0	briquettes de	10 kilog.	190 kilog.

Certains mécaniciens sont même arrivés à ne consommer que 170 kilogrammes de combustible sur ce même parcours.

Quant à la consommation d'eau, elle varie entre 9 et 10 litres d'eau par kilomètre.

Cette automobile a été soumise à de nombreux essais de remorque entre Paris, Creil et Beauvais, et Beauvais-Paris. Les trains, composés de l'automotrice, de deux et même de trois voitures à voyageurs, n'ont jamais accusé, sur des parcours à déclivités très accentués, des consommations moyennes superieures à :

Combustible	2k,5 par kilomètre.
Eau	10 litres —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le dernier essai a eu lieu le 26 juin entre Beauvais et Paris, par Monsoult, et retour par la même ligne.

La voiture, sans remorque, est partie de Beauvais à 9 h. 33 du matin, pour arriver en gare de Paris-Nord à 11 h. 30, sans avoir pu, par suite des nécessités du trafic réglementaire, s'écarter de l'horaire qui lui avait été assigné et qui a été ponctuellement observé.

La durée du trajet a été de 1 h. 57 pour un parcours de 79 kilomètres, auxquels il convient d'ajouter 2 kilomètres de manœuvres, ce qui correspond à une vitesse moyenne de 41 kil. 5 à l'heure, sur un profil très accidenté et comportant notamment les rampes de :

Méru	11 m/m	par mètre sur 6 kilomètres
Monsoult.	13 m/m	— sur près de 7 kilomètres

A titre d'essai, ces rampes ont été respectivement franchies à la vitesse de 45 et 40 kilomètres à l'heure.

Dans ce voyage de l'automobile seule, les consommations relevées ont été les suivantes :

Briquettes (non compris l'allumage) . . .	1k,415 par kilomètre
Eau	9k,400 —

Le départ de Paris pour Beauvais a eu lieu à 1 h. 23 soir, mais deux voitures à voyageurs avaient été attelées à l'automobile, de façon à constituer un train de 38 tonnes.

Le trajet entre Paris et Persan-Beaumont s'est effectué en 51 minutes, ce qui, pour une distance de 37 kilomètres, donne une vitesse moyenne de 43 kil. 500 à l'heure.

Les vitesses relevées au tachymètre ont été :

Entre Saint-Denis et Epinay	60	kilomètres à l'heure.
Du kilomètre 10 au kilom. 11, rampe de 8 0/0	57	— —
Du kilomètre 16 au kilom. 17, rampe de 3 0/0	55	— —

Entre Persan-Beaumont et Beauvais, les nécessités du service n'obligèrent pas à l'observation rigoureuse de l'horaire ; aussi a-t-on pu, malgré un très fort vent debout et une succession de rampes variant de 4 à 10 millimètres par mètre, sur 25 kilomètres de longueur, gagner 25 minutes sur l'horaire prévu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le trajet de 42 kilomètres s'est effectué en 1 h. 15, ce qui correspond à une vitesse moyenne de 34 kilomètres à l'heure.

Dans ce parcours, les consommations en eau et en combustible, pour le train de 38 tonnes, ont été de :

Briquettes.	$2^{k},250$ par kilomètre
Eau.	10 litres.

155. — *Tramway à vapeur Rowan.* — Le tramway à vapeur Rowan, employé à Paris sur la ligne du Louvre à Boulogne, est basé sur l'emploi d'une chaudière et d'une machine à vapeur ordinaire. L'ensemble des dispositions est tel qu'il n'y a pas ou presque pas de vapeur visible.

Voici la description du mécanisme imaginé par M. Rowan :

Le moteur est placé à l'avant du véhicule, et une partie du poids de la voiture et des voyageurs qui s'ajoute à son propre poids, est suffisant pour assurer l'adhérence, même dans des rampes de 6 %. La chaudière est verticale et reliée au châssis par une collerette boulonnée au tablier placé devant le moteur, et par une couronne placée à la partie inférieure et fixée solidement aux longerons. L'enveloppe extérieure de la chaudière est constituée par deux corps cylindriques boulonnés ensemble, ce qui permet d'enlever la partie supérieure pour mettre à découvert l'enveloppe intérieure, qui est également formée d'un cylindre entourant le foyer, mais dont la partie supérieure a une section rectangulaire. Entre les quatre faces du prisme ainsi constitué, sont disposés des tubes inclinés qui servent à retarder la sortie des gaz chauds et augmentent notablement la surface de chauffe. Comme dans les principaux systèmes de chaudières multitubulaires, les tubes sont inclinés de façon à assurer une circulation d'eau rapide, favoriser l'échauffement qui s'opère plus uniformément, et empêcher les incrustations. La surface de chauffe est de $8^{m^2},83$, et la surface de la grille est de $1^{m^2},62$. Les parois du foyer ont une épaisseur de $13^{m}/^{m},5$ et celles de l'enveloppe $12^{m}/^{m},5$. La chaudière est timbrée à 14 kilogrammes. C'est du coke qui est pris comme combustible ; on en charge une couche épaisse dans le foyer, avant le départ, de façon à ce que l'on n'ait plus à se préoccuper de l'entretien du feu en cours de route. L'alimentation d'eau en marche s'opère à l'aide d'une pompe qui va puiser l'eau dans un réservoir placé derrière le moteur, réservoir qui communique lui-même avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les bâches fixées dans la voiture et recevant l'eau du condenseur. Un injecteur Koerting permet d'alimenter pendant les stationnements (1).

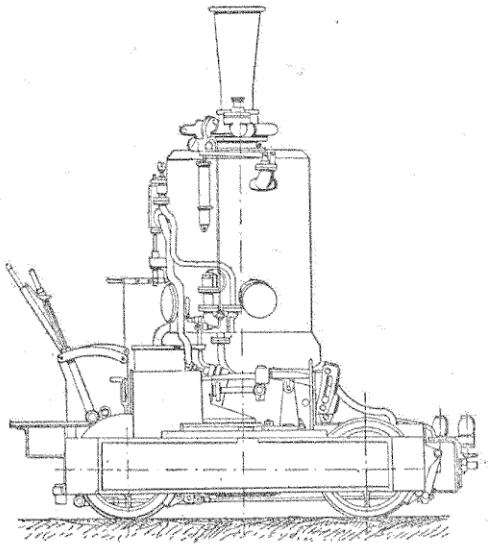


Fig. 108. — Chaudière et moteur des tramways Rowan

Le mécanisme moteur est à l'extérieur des longerons ; les cylindres sont

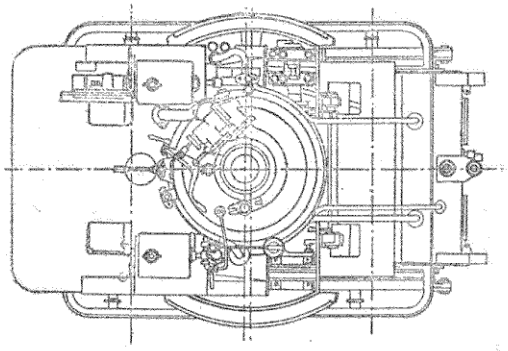


Fig. 109. — Plan du mécanisme.

disposés horizontalement sur la plateforme de la chaudière, ils ont un diamètre de 166 millimètres et une course de 340 millimètres. Le diamètre des

1. *Les automobiles* par Dick Farman, page 134, 1 vol. in-18, Fritsch, éditeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

roues motrices étant de 0m,62, l'effort maximum de traction est ainsi de 2.115 kilogrammes. La transmission du mouvement du piston à la bielle motrice s'opère à l'aide d'un balancier, disposition qui augmente la puissance du moteur dans la proportion de 3 à 2 (qui est celle des bras du balancier), mais qui a le défaut d'augmenter la complication dans les organes. La commande de la distribution se fait, pour chaque côté, par l'intermédiaire du balancier du côté opposé, ce qui constitue encore un inconvénient, car une avarie à une pièce du mécanisme, paralyse ainsi totalement la machine. Toutefois les avaries de ce genre étant assez rares, cet inconvénient perd une grande partie de son importance.

Le graissage du mécanisme est très facile ; il en est de même de l'inspection en cours de route, le mécanicien n'ayant qu'à tourner la tête pour embrasser d'un coup d'œil toutes les articulations, écrous, goupilles, clavettes, etc. C'est un avantage sur les moteurs de tramways renfermés dans des caissons, où le mécanicien ne s'aperçoit pas d'un commencement de chauffage ni de desserrage des pièces, lesquels peuvent alors s'aggraver jusqu'à mettre parfois la voiture en détresse.

Le changement de marche est à levier ; il est situé à droite du mécanicien et tout à fait sous sa main ; le régulateur est au contraire situé à gauche. La manœuvre de ces appareils est facilitée par cette disposition.

Le démarrage étant effectué, le mécanicien ramène immédiatement le levier du changement de marche au 3e cran du secteur, correspondant à une admission de 30 % environ, — et quelle que soit la vitesse à obtenir, il le laisse à ce point : l'effort à produire se règle alors par le degré d'ouverture du régulateur. Cette marche à 30 % d'admission est très économique : elle supprime le laminage de la vapeur à l'entrée dans les cylindres et, d'un autre côté, l'ouverture généralement incomplète du régulateur abaisse la pression de la vapeur à la sortie de la chaudière, ce qui a pour effet de revaporiser le peu d'eau entraînée par celle-ci, qui arrive alors sèche et même un peu surchauffée aux cylindres. Le combustible étant de son côté bien utilisé, on a ainsi un moteur très économique. Enfin, la chaudière étant toujours alimentée avec de l'eau chaude et pure, se conserve indéfiniment en bon état.

De même, il est inutile de laver les chaudières, ce qui économise beaucoup de temps et de main-d'œuvre ; il suffit de les vider tous les dix jours avec un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu de pression, et de démonter la partie supérieure de l'enveloppe une fois par an. On met ainsi l'intérieur à découvert et on le nettoie alors avec la plus grande facilité, les dépôts étant pulvérulents. Il est bon de prendre avant le remontage, la précaution de badigeonner avec du goudron les tôles et l'intérieur des tubes, ce qui empêche le tartre d'adhérer trop fortement aux parois. A la sortie des cylindres, la vapeur peut être dirigée à l'air libre par un échappement en couronne placé à la base de la cheminée, ou bien dans un condenseur à air placé sur la toiture de la voiture ; cette dernière méthode, la plus rationnelle, est aussi la plus appliquée.

Le condenseur, qui a une surface refroidissante de près de 150 mètres carrés, est formé de lames de cuivre très minces, ondulées et soudées deux à deux. Les cavités ainsi formées communiquent, par une de leurs extrémités par un collecteur recevant la vapeur d'échappement des cylindres, et par l'autre extrémité, avec un deuxième collecteur, en communication par des tuyaux de descente, avec les bâches situées sous le plancher de la voiture.

Bien conduit et bien entretenu, ce moteur n'émet, comme nous le disions en commençant, ni vapeur ni fumée, ce qui rend ce système particulièrement convenable pour le service des tramways à l'intérieur des villes ou dans les faubourgs populeux.

156. — *Tramways Rowan de Tours à Vouvray.* — Cette ligne de tramways possède la traction mécanique système Rowan ; sa longueur est de 10 kilomètres, elle est à voie unique et presque partout en palier, sauf en trois points où l'on trouve des rampes de 12, 13 et 18 millimètres par mètre sur une centaine de mètres de longueur au plus. Les arrêts ont lieu à la demande des voyageurs, et le trajet complet se fait en 45 minutes, ce qui correspond à une vitesse de 15 kilomètres à l'heure, non compris les arrêts.

Chaque voiture automobile contient 50 voyageurs et peut remorquer une voiture à impériale recevant 70 personnes. C'est sur le toit de la voiture automobile que se trouve le condenseur à surface dont nous avons parlé ; le véhicule est divisé en trois compartiments, dont l'un, celui de l'avant est destiné aux messageries. La caisse est suspendue sur deux bogies, celui d'avant supportant le moteur et la voiture par l'intermédiaire de ressorts à lames renversées, et de patins dressés venant s'engager dans deux glissières circu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laires faisant corps avec le bâti du moteur. Cette disposition permet à la voiture de franchir des courbes de 20 mètres de rayon. Le bogie d'arrière comporte un seul essieu fixé à un cadre de la largeur du véhicule ; au centre de ce cadre passe une cheville qui vient pivoter sous la caisse de la voiture. L'essieu est donc absolument libre de tourner indépendamment de la caisse.

La ligne de Tours-Vouvray comporte trois voitures automobiles, plus un moteur de rechange. En semaine, pendant l'été, deux voitures sont en ser-

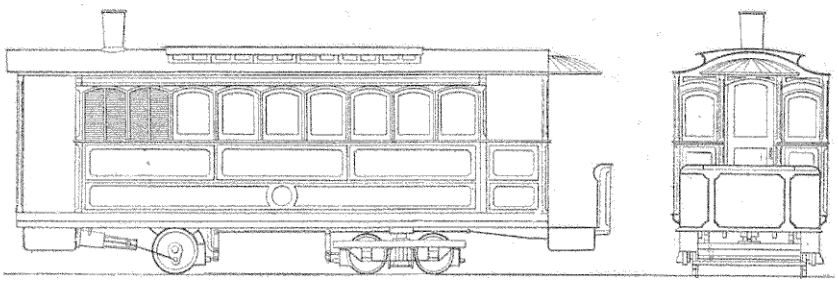


Fig. 110 et 111. — Tramway à vapeur Rowan, élévation de profil et de face d'une automotrice.

vice, elles y sont toutes trois le dimanche, le moteur de rechange assurant la réserve. En semaine, pendant l'hiver, les départs n'ayant lieu que toutes les deux heures, une seule automobile suffit pour tout le service, sauf le dimanche où l'on en met deux en circulation. On procède alors à tour de rôle à la réparation de toutes les machines, et le printemps venu elles sont remises en parfait état et prêtes à assurer un service plus chargé.

Les mécaniciens sont au nombre de trois ; ils ont donc chacun leur machine avec laquelle ils sont seuls à marcher. En été, chaque automobile fait deux jours de service, soit 200 kilomètres le premier jour et 240 le second ; le troisième, elle reste au dépôt où elle est rigoureusement visitée dans tous ses détails par son mécanicien, qui resserre s'il y a lieu les coussinets des bielles ou les paliers des balanciers, recharge ou resserre les garnitures des tiges des pistons et des tiroirs, graisse et rode la robinetterie, les soupapes, vérifie le degré de serrage des sabots de freins du moteur et des bogies. De son côté, le nettoyeur du dépôt *épingle* les tubes à fumée, à l'aide d'une tringle très mince, pour détacher la suie et les escarbilles entraînées par le tirage,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

opération qui demande à être faite avec beaucoup de soin et d'attention, et est assez longue, puis il nettoie le mécanisme et la voiture elle-même.

Le parcours effectué journellement par les automobiles étant de 250 kilomètres en semaine et de 340 le dimanche, cela donne pour chacune d'elles un chiffre de 2.500 à 2.600 kilomètres environ par mois.

Quand cela est nécessaire, les moteurs peuvent faire évidemment plus de

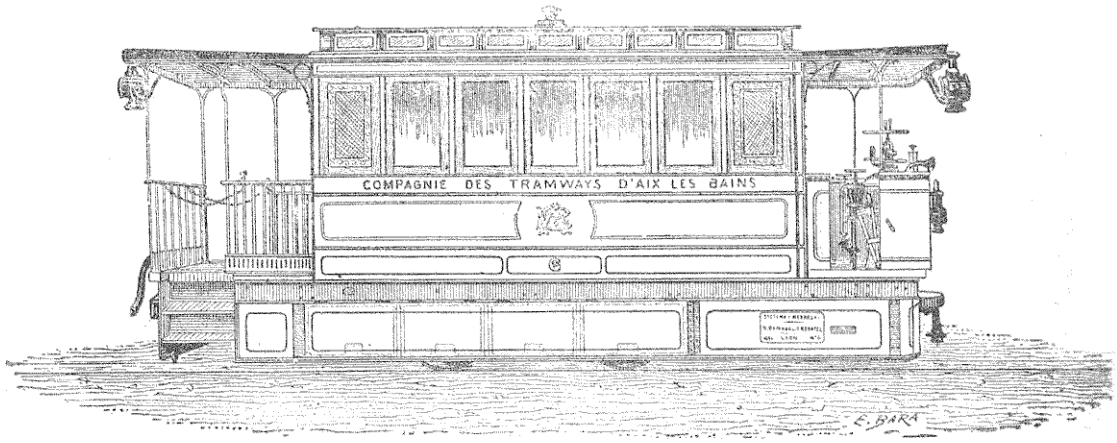


Fig. 112. — Tramway Rowan de la ligne d'Aix-les-Bains (Buffaud et Robatel, constructeurs).

deux jours de service sans arrêt ; c'est ainsi que sur la ligne Auteuil-Boulogne elles font jusqu'à 10 et 12 jours de service de suite, soit 12 à 1.500 kilomètres, autant qu'une locomotive de chemin de fer. Il est cependant préférable de les arrêter pour visite ou réparation après un parcours de 6 à 800 kilomètres.

La consommation moyenne des automobiles de la ligne de Tours à Vouvray, remorquant une voiture d'attelage de 70 places, soit un train de 120 places, est de 3 kg. 200 de coke par kilomètre, allumage compris. Pour les machines bien conduites, elle descend à 3 kilogrammes et celle de l'huile à 32 grammes par voiture-kilomètre.

Le personnel du dépôt comprend seulement un ouvrier tourneur et deux manœuvres : quant à l'outillage, il se compose de :

1 machine fixe de 8 chevaux, alimentée par la chaudière du moteur de réserve ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1 tour parallèle pour rafraîchir les bandages ;
1 tour à fileter ;
1 forge ;
1 machine à percer ;
Et 2 étaux.

Le tourneur prépare pendant l'été les pièces de rechange : axes, coussinets, segments de pistons, etc., qui lui sont nécessaires ; ces pièces sont prises brutes chez des fondeurs ou forgerons de Tours.

A partir du 1er novembre, les machines rentrent à tour de rôle en réparation. On remplace tous les axes qui ont du jeu, on visite les pistons, et on remplace les segments s'il y a lieu. En général, on les rebat au bout de la première année, et ils ne sont ainsi remplacés que tous les deux ans.

Les tiroirs sont aussi remplacés au bout du même temps.

Tous les coussinets des bielles et des boîtes sont antifrictionnés avec un métal blanc ayant la composition suivante :

Étain	82 parties.
Antimoine	12 —
Cuivre rouge.	6 —

Enfin, le nettoyage et la réparation du condenseur se font tous les deux ans, et la visite des bâches à eau tous les ans. Quant aux bandages des roues de la machine, on les met sur le tour pour la première fois après un parcours de 8.000 kilomètres. Ils font ensuite 6.000 kilomètres, puis on les rafraîchit une seconde fois ; enfin ils sont réformés après un parcours de 8.000 kilomètres. Ils fournissent donc un parcours de 22.000 kilomètres en moyenne, mais il en est qui font 24 et 25.000 kilomètres. Pour diminuer l'usure de ces bandages on a installé sur la ligne Tours à Vouvray un petit appareil qui permet d'arroser à la fois les rails et la route ; on diminue aussi, de cette façon, l'usure du mécanisme, en même temps que l'on préserve les voyageurs de la poussière. On peut estimer à 25 ou 30 % l'augmentation de durée des bandages et des articulations du mécanisme obtenue par ce procédé si simple.

Ajoutons qu'il existe actuellement dix-neuf types différents de voitures automobiles Rowan en exploitation sur diverses lignes, et tout récemment un type nouveau a encore été créé, qui paraît supérieur à celui que nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avons décrit. Le moteur peut développer de 50 à 150 chevaux ; il est à échappement libre lorsqu'il s'agit de voitures automotrices pour chemins de fer, pouvant marcher jusqu'à 40 kilomètres à l'heure ; il est au contraire à condensation et la vapeur est invisible quand il s'agit de voitures de tramways urbains. Le tableau ci-après donne les détails principaux du type de moteur le plus répandu.

DÉSIGNATION	ÉCARTEMENT DES VOIES		
	1m,44	1 mètre	0m,60
Vaporisation de l'eau, en litres à l'heure .	1,80	1,24	1
Pression de la vapeur, en atmosphères. .	14	16	16
Diamètre des roues motrices, en mètres. .	1	0,90	0,75
Puissance maximum de traction, en kilog.	3.200	2.750	2.400
Puissance de traction, contenue à 2/5 d'admission	2.450	2.100	1.850
Poids disponible pour l'adhérence . . .	16 tonnes	14 tonnes	12 tonnes
Plus petit rayon de courbe où la voiture peut passer, en mètres.	25	20	16
Rampe maximum pour la voiture automotrice seule, en charge	8 %	7,5 %	7 %
Rampe maximum pour la voiture automotrice avec remorque d'une voiture d'attelage de 120 voyageurs.	6 %	5,5 %	5 %

Ce type de voiture très économique est en usage sur les lignes de tramways de Copenhague à Klampenborg, du Jardin Zoologique au Grünevald à Berlin, sur le réseau des tramways d'Aix-les-Bains, et de Hillerod à Grasled, entre autres, et sur ces différents réseaux, le moteur Rowan a donné, paraît-il, les meilleurs résultats.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V

LES TRAMWAYS A TRACTION PAR L'AIR COMPRIMÉ

On peut assimiler l'air comprimé, tel qu'il est employé pour la traction, à l'électricité emmagasinée dans les accumulateurs ou à la vapeur dissoute dans l'eau bouillante (système Lamm et Francq). Dans un système comme dans l'autre, le véhicule ne porte qu'une provision limitée de force motrice, un magasin d'énergie accumulée; mais le principe est toujours le même. Nous examinerons, dans ce chapitre, ce mode de traction des voitures de tramways, entrevu par l'ingénieur Andraud dès 1840, mais réalisé seulement vers 1875, d'une façon réellement pratique par M. Mékarski, qui eut l'appréciation très nette du rôle qu'on pouvait faire jouer à ce fluide élastique.

157. — *Principe du système Mékarski.* — Dans ce procédé, les voitures à voyageurs peuvent être soit automotrices, soit remorquées par une locomotive spéciale, suivant les cas, les distances à parcourir et l'intensité du trafic. Dans les deux cas, elles fonctionnent au moyen d'un approvisionnement d'air comprimé emprunté périodiquement par elles à un établissement fixe et emmagasiné dans des réservoirs en tôle d'acier. Dans les automobiles, ces réservoirs sont suspendus sous un truck métallique, sur lequel repose la caisse de la voiture à voyageurs; tandis que, sur les locomotives, ils occupent la place de la chaudière à vapeur dont ils tiennent lieu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En dehors de cet approvisionnement d'air comprimé, la machine emporte une certaine quantité d'eau chaude dans un réservoir nommé bouillotte, rempli aux trois quarts environ et qui est placé sur le parcours que doit suivre l'air comprimé pour se rendre aux cylindres moteurs. Cette bouillotte caractérise le système Mékarski et forme la base des modifications que cet inventeur a fait subir à l'emploi de l'air comprimé. L'air arrivant à la partie inférieure de ce réservoir, traverse la colonne liquide en s'échauffant et se saturant de vapeur d'eau, puis traverse un détendeur qui amène automatiquement le mélange fluide à la pression qu'il doit avoir à l'admission dans les cylindres. Le mécanicien peut facilement régler cette pression à chaque instant suivant l'effort de traction à développer, ce qui donne à ce système une souplesse et une élasticité supérieures de beaucoup à celles du précédent système de traction et permet de franchir aisément de fortes rampes ou de remorquer de fortes charges.

Pour conserver jusqu'à la fin du trajet cette élasticité de puissance, les réservoirs d'air sont divisés de manière à constituer deux batteries distinctes ayant chacune leur tuyauterie indépendante : l'une pour la marche ordinaire; l'autre, dite de réserve, pour les coups de collier à donner vers la fin du parcours. Cette disposition a été partout adoptée malgré la petite complication qui en résulte. Lorsqu'une locomotive ou une automobile ont épuisé leur provision d'air comprimé et de vapeur, elles doivent revenir à l'usine fixe pour la renouveler avant d'effectuer un nouveau parcours.

158. — *Usine centrale.* — L'usine fixe nécessaire pour assurer le rechargement des réservoirs roulants comporte essentiellement un ensemble de générateurs et de moteurs à vapeur pour la production de la force motrice primaire; un nombre correspondant de compresseurs à air à haute pression ; une batterie de réservoirs en tôle d'acier où s'emmagasine l'air refoulé par les compresseurs; enfin la tuyauterie particulière pour la charge d'air comprimé et de vapeur dans les locomotives et voitures automobiles.

La production de la force motrice ne présente aucune particularité et s'effectue comme dans toutes les stations centrales, en cherchant à réaliser les meilleures conditions économiques compatibles avec les données de l'installation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les compresseurs opèrent en deux reprises de façon à atteindre plus facilement des pressions de refoulement très élevées et qui vont jusqu'à 80 kilogrammes.

Chaque compresseur est pourvu d'une injection d'eau pulvérisée dont, l'effet est de réduire notablement la température de l'air comprimé à sa sortie du cylindre. Le deuxième cylindre est, en outre, entouré d'une enveloppe à circulation d'eau. Entre les deux compressions, l'air est envoyé dans un réservoir intermédiaire où il achève de se refroidir et, après la deuxième compression, dans un réservoir-sécheur où il se débarrasse de l'excès d'humidité entraînée. Il est ensuite emmagasiné dans une batterie de réservoirs en tôle d'acier appelés *accumulateurs* et, en réalité, ces récipients jouent un rôle analogue à celui des piles secondaires ou des gazomètres des usines à gaz. Ils servent de volant entre la production continue de l'air comprimé et son utilisation discontinue. La pression maximum y est réglée par des appareils de sûreté.

Pour renouveler la provision d'un moteur, on l'amène dans la salle de chargement, où ses réservoirs sont mis en communication, par une tuyauterie convenablement disposée, avec les accumulateurs dont ils reçoivent la plus grande partie de leur chargement d'air comprimé. Le complément est fourni directement par les compresseurs d'air que l'on met en communication à la fin de l'opération avec les réservoirs de la voiture ou de la locomotive. Aussitôt que la pression est arrivée dans ces derniers à la valeur fixée, un appareil automatique coupe la communication avec les réservoirs de voitures et l'établit avec la batterie d'accumulateurs où l'air débité par les compresseurs continue à s'emmagasiner.

Pendant que s'effectue le chargement des réservoirs d'air comprimé, la bouillotte à eau chaude est mise en communication avec les générateurs de vapeur qui ramènent sa température et sa pression au taux nécessaire pour le service.

Le prix de ce matériel fixe : chaudières, moteurs, compresseurs, réservoirs, tuyauteries et appareils divers constitue une fraction très importante du coût total d'installation de la ligne de tramway.

159. — *Matériel roulant.* — Les automobiles ont plus particulièrement été employées dans les différentes installations de traction par l'air

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comprimé. Nous ne parlerons donc que de celles-là. D'ailleurs tout ce que nous dirons sur leur mode de fonctionnement s'applique à peu près intégralement à celui des locomotives.

Ainsi que nous l'avons dit, le châssis porte sous la caisse de la voiture les réservoirs, en nombre variable, où s'accumule l'air comprimé. Ces réservoirs ont de $0^m,500$ à $0^m,600$ de diamètre et la pression admise varie de 30 à 50 atmosphères (30 atm. à Nantes et de 45 à 50 aux tramways Nogentais).

La bouillotte est disposée verticalement à la partie antérieure du truck ; elle est surmontée du régulateur de pression ou *détendeur*, qui sert au mécanicien à régler à volonté la pression du mélange d'air et de vapeur admis dans les cylindres. La distribution est maintenue autant que possible fixe, et c'est au moyen du régulateur de pression que le mécanicien fait varier l'effort de traction suivant la résistance du profil et les charges à remorquer. Trois manomètres lui indiquent constamment la pression dans chacune des deux batteries de réservoirs et dans la boîte à tiroir; il a sous la main les appareils de commande des freins, le régulateur de détente et le levier du changement de marche.

C'était un problème peu facile à résoudre que d'arriver à condenser dans un espace disponible aussi étroit, les appareils moteurs, les appareils de suspension du châssis, les organes de réglage et de sécurité, les réservoirs d'air comprimé, d'eau chaude avec toute la tuyauterie et les accessoires nécessaires, et de faire de l'ensemble une voiture automobile apte à circuler sur une voie ferrée du genre des voies de tramway.

Ce problème a été résolu, mais au prix de quelques petits inconvénients inévitables avec l'emploi des automobiles. Les appareils multiples trop groupés et resserrés sont d'une surveillance et d'un entretien un peu difficiles ; d'autre part la voiture doit être assez allongée afin d'avoir une capacité convenable et son empattement est réduit par la nécessité d'accoupler les essieux et de les rapprocher pour leur permettre de s'inscrire aisément dans les courbes. Il en résulte des porte-à-faux exagérés, supportant à leurs extrémités des poids considérables : bouillotte, réservoirs d'air et cylindres moteurs. Aussi la voiture doit-elle être très solidement constituée.

Comme elles présentent un grand moment d'inertie par rapport à leur axe transversal, il peut en résulter en service des mouvements de tangage pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

noncés qui sont de nature à éprouver la voie, quand elle n'est pas assez solidement établie.

Ces inconvénients n'existent pas dans les locomotives où les conditions de bon équilibre des poids peuvent être bien mieux satisfaites.

160. — *Lignes de tramways Mékarski en fonctionnement.* — L'application des principes de M. Mékarski à la traction mécanique des voitures de tramways a été réalisée à Paris sur plusieurs lignes de la Compagnie générale des Omnibus, sur le réseau des *Chemins de fer Nogentais*, de Vincennes à Ville-Evrard, à Nantes et à Berne.

Le réseau actuellement exploité à Nantes, et qui est le premier où l'air comprimé ait prouvé sa valeur, se compose de deux lignes, l'une de 6 km. 200 de longueur, desservant les quais de la Loire, et l'autre de 2 km. 300, qui traverse plusieurs bras du fleuve et relie les faubourgs de la rive gauche au centre de la ville. Les rampes maxima sont de 45 millimètres par mètre, et la plus grande partie du parcours est en palier. Le matériel roulant comporte 22 petites automobiles à 32 places, sans impériale, et quatre voitures à impériale, de 46 places, pouvant être au besoin remorquées par les premières. L'exploitation se fait en semaine avec 16 voitures et 20 le dimanche ; depuis leur inauguration en 1879, ces tramways ont fonctionné sans accroc et d'une façon très satisfaisante surtout au point de vue de l'économie.

Les *Chemins de fer Nogentais* comprennent deux lignes, l'une de la porte de Vincennes à Ville-Evrard par Nogent-sur-Marne et la Maltournée, l'autre qui n'est qu'un embranchement, va de Nogent à Bry. Le profil de ces lignes est assez accidenté; surtout à la traversée de Nogent, où les rampes atteignent 45 millimètres par mètre, avec des courbes et des contre-courbes nombreuses et de faible rayon. La voie est très bien établie, une partie en rails saillants sur les accotements de la route, et l'autre partie, la plus importante à la traversée des villages, en rails à ornière sur chaussée. Il y a deux usines de charge, l'une au dépôt de la Maltournée, l'autre en face le fort de Vincennes. Les automobiles employées pèsent 10 tonnes à vide et 14 tonnes avec leur chargement complet de voyageurs ; elles sont assez puissantes pour remorquer à leur suite deux voitures de 50 places, les jours de grande presse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La ligne de Berne mesure 3 kilomètres de longueur environ, avec voie de 1 mètre et des rampes atteignant jusqu'à 52 millimètres par mètre. La puissance motrice primaire actionnant les compresseurs est fournie par une chute d'eau. Les voitures sont des automobiles de 30 places, très légères et sans impériale. Elles ne pèsent pas plus de 7 tonnes à vide, leurs essieux sont couplés ; elles peuvent au besoin remorquer à leur suite de petites voitures ordinaires sans impériale, à 25 places.

Le succès de ces tramways a engagé la Compagnie générale des Omnibus de Paris à remplacer, sur plusieurs de ses lignes de tramways, la traction animale par la traction à l'air comprimé système Mékarski et aujourd'hui le fait est accompli sur les trois lignes suivantes :

Du Louvre à Saint-Cloud, longueur 10 kilomètres.

Du Louvre à Sèvres et Versailles, longueur 19 kilomètres.

Du cours de Vincennes à Saint-Augustin, longueur 9 kilomètres.

Il y a trois usines de charge, une très importante à Boulogne-sur-Seine et deux autres moins considérables rue de Lagny et à la Villette. Les deux premières lignes sont exploitées par des locomotives, la ligne de Saint-Augustin n'a que des automobiles très puissantes et pouvant remorquer plusieurs autres voitures attelées à la suite. Ces voitures sont toutes à impériale.

Les principales innovations réalisées dans ces lignes consistent dans l'emploi de très hautes pressions de chargement : 80 atmosphères environ, ayant pour effet de permettre aux véhicules de plus longs trajets entre deux charges et l'adoption de canalisations d'air comprimé à haute pression pour le chargement à grande distance des locomotives. Les conduites, de 60 millimètres de diamètre, en tuyaux soudés à recouvrement avec joints au plomb, mesurent 2 kilomètres de longueur entre le dépôt de Boulogne et la porte du Point-du-Jour, et 4.200 mètres entre ce même dépôt et celui de Sèvres sur la route de Versailles.

Ces énormes pressions abordées pour la première fois ont nécessité des dispositions spéciales pour assurer la résistance et l'étanchéité des organes, sans accroître outre mesure le poids mort.

Les réservoirs des voitures sont en tôles d'acier embouties, sans autre rivure que celle d'un des fonds ; le joint correspondant à cette rivure unique a été

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

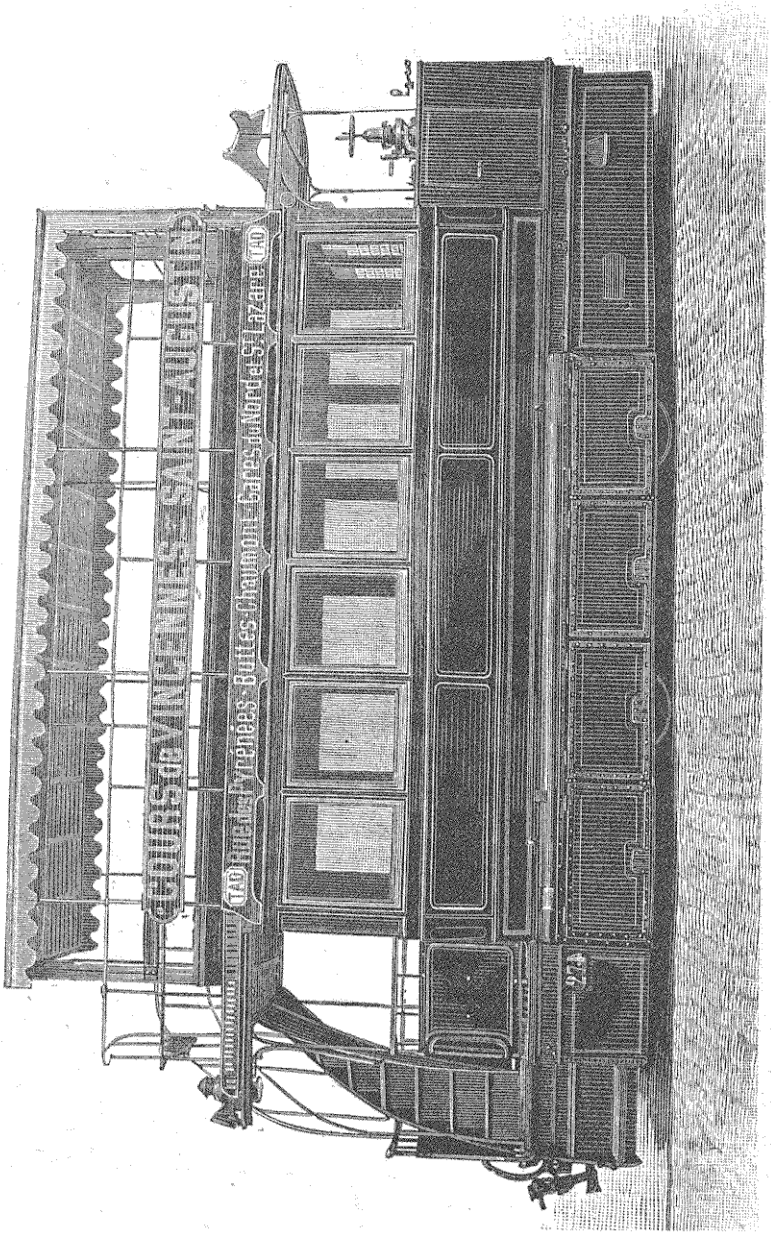


Fig. 413. — Automobile à air comprimé, système Mékarski
(En service sur la ligne de la Compagnie des Omnibus Cours de Vincennes-Saint-Augustin).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tourné pour avoir un contact parfait et les rivets ont été fraisés pour donner une étanchéité complète à la rivure.

L'épaisseur de ces tôles d'acier est de $13^{m},5$ seulement, pour un diamètre intérieur d'environ $0^{m},500$. Ces tôles travailleront donc à plus de 14 kilogrammes par millimètre carré. Elles sont faites avec un métal d'une qualité exceptionnelle ayant donné aux essais : 55 kilogrammes de résistance par millimètre carré à la rupture, 28 kilogrammes de limite d'élasticité et 22 % d'allongement.

Les accumulateurs des usines fixes sont faits du même métal ; ils n'ont pas de rivure longitudinale ; les deux extrémités de chaque virole sont soudées à recouvrement et les fonds seuls sont rivés.

Le métal des bouillottes est plus doux : 38 kilogrammes de résistance à la rupture et 30 % d'allongement ; aussi l'épaisseur des tôles est-elle proportionnellement plus forte.

Les voitures automobiles de 50 places pèsent environ 11 tonnes à vide dont 8.500 pour le truck et tout le mécanisme. Les réservoirs d'air, d'une capacité de 2.400 litres à 80 atmosphères, ne pèsent pas plus de 2.800 kilogrammes grâce à l'excellence du métal employé.

Le prix du truck, avec tout le mécanisme et les réservoirs, est de 20.000 fr.

Les appareils de compression ont été établis avec tous les derniers perfectionnements permettant d'obtenir le maximum d'effet utile avec la moindre dépense.

Des machines à vapeur compound, commandent directement des compresseurs à triple compression. Ces compresseurs verticaux comportent quatre cylindres : les deux inférieurs à simple effet aspirent l'air extérieur et le refoulent dans les deux autres qui le compriment successivement jusqu'à la pression définitive. Les soupapes d'aspiration et de refoulement sont horizontales et chaque compresseur est muni d'une injection d'eau pulvérisée opérant le refroidissement de l'air comprimé à sa sortie des cylindres. La consommation de vapeur des machines motrices n'est que de 7 kilogrammes par cheval indiqué, ce qui correspond à une production d'un kilogramme d'air par 2 kilogrammes de vapeur.

161. — *Rendement du système Mékarski.* — D'après M. de Marchena

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à qui nous empruntons les chiffres mentionnés ci-dessus (1), l'emploi de l'air comprimé comme agent de transmission de la puissance motrice, entraîne à des pertes considérables de force vive, surtout aux pressions élevées dont il est fait usage. La question a été longtemps débattue et a été l'objet de controverses très vives, cependant il résulte du calcul et de l'expérience que, quoique le rendement de l'air comprimé soit faible, on peut cependant en retirer un résultat satisfaisant à condition de produire à l'usine centrale la force première dans les meilleures conditions économiques, ce qui remédie dans une grande partie à ce défaut capital.

Ainsi, si l'on obtient un demi-kilogramme d'air comprimé par kilogramme de vapeur, ce kilogramme dépensé à l'usine permettra d'obtenir 8.000 kilogrammètres indiqués dans les cylindres moteurs de la voiture, ce qui correspond à une dépense de 34 kilogrammes de vapeur par cheval indiqué dans les cylindres moteurs, non compris la petite quantité de vapeur dépensée par la bouillotte. Ainsi donc, la transformation coûte le double de ce que coûterait l'usage direct de la vapeur appliquée à faire mouvoir les roues, car une bonne machine à vapeur de tramway ne consomme pas plus de 16 à 18 kilogrammes de vapeur par cheval indiqué. C'est là le point faible des tramways à air comprimé.

162. — *Frais d'établissement d'une ligne de tramways à air comprimé.* — Nous devons encore dire un mot, pour compléter cette étude, du prix de revient du mode de traction qui vient d'être détaillé, et nous nous reporterons encore aux chiffres donnés par M. de Marchena.

Les dépenses doivent être scindées en deux parties; la première afférente aux frais de premier établissement, installation de l'usine fixe, achat du matériel roulant, etc. La seconde partie est relative aux dépenses de l'exploitation, à la production de la puissance motrice primaire et à l'entretien du matériel.

Nous passerons donc successivement en revue ces divers points dans l'ordre où ils viennent d'être énumérés :

On peut employer à la traction soit des automobiles, soit des locomotives. Dans les deux cas, ce matériel n'est pas constamment utilisé, comme dans

1. *La traction Mécanique des Tramways*, op. cit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les systèmes concurrents ; il y en a toujours une certaine fraction en rechargement à l'usine fixe ; ces rechargements qui se succèdent à intervalles assez fréquents absorbant de 15 à 20 % de la durée totale du service de chaque automobile ou locomotive. Aussi, pour la même circulation, le même parcours kilométrique journalier et la même vitesse de régime, on devra mettre en service 15 à 20 % d'automobiles ou de locomotives en plus qu'avec les systèmes à fil aérien ou à accumulateurs, sans préjudice du supplément nécessaire pour les réserves et les réparations. Ainsi, en moyenne, pour 10 automobiles ou locomotives en circulation, on doit en avoir au total au moins 15, dont 2 en rechargement et 3 en réserve ou en réparations, c'est-à-dire une fois et demie davantage.

D'autre part, nous avons dit plus haut que la valeur du châssis d'une automobile, avec les réservoirs, le mécanisme et toute la tuyauterie et appareils accessoires nécessaires, était d'environ 20.000 francs, ce prix s'appliquant, bien entendu, à de grandes automobiles de 50 places, type de la ville de Paris. Si l'on déduit ce chiffre de la valeur du châssis de voiture ordinaire, on voit que la dépense afférente à la traction pour une automobile de ce genre peut être estimée à 17.000 ou 18.000 francs.

D'autre part, une locomotive susceptible de remorquer deux ou trois voitures de 50 places sur un parcours de 15 à 20 kilomètres coûte de 30.000 à 35.000 francs, soit 2 francs à 2 fr. 50 par kilogramme. Par suite, les frais du matériel roulant, en ce qui concerne spécialement la traction, peuvent s'évaluer à 27.000 ou 28.000 francs par automobile de 50 places en circulation et à 45.000 ou 50.000 francs par locomotive de 15 à 18 tonnes en circulation.

Ces chiffres ressortent à peu de chose près des installations en cours d'exécution à Paris.

Ainsi, pour avoir 15 locomotives en circulation sur les lignes du Louvre à Saint-Cloud, Sèvres et Versailles, la Compagnie générale des Omnibus en a acheté 23, coûtant ensemble 805.000 francs, d'où ressort une dépense, par locomotive en circulation, de 53.000 francs. (Ces locomotives sont des machines à trois essieux pesant 18 tonnes et pouvant effectuer 20 kilomètres d'une traite.)

En second lieu, pour avoir 16 automobiles en circulation sur la ligne de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vincennes-Saint-Augustin, elle en a acheté 24, coûtant ensemble 440.000 fr. d'aménagement mécanique, d'où ressort une dépense, par automobile en circulation, de 27.500 francs.

Il est intéressant de rapporter ces chiffres au parcours kilométrique à effectuer par heure.

Ce parcours est en moyenne de 10 kilomètres par automobile en circulation et de 30 kilomètres-voitures, par locomotive en circulation, en supposant que chaque locomotive remcrque en moyenne deux voitures.

La dépense de matériel roulant qui en résulte par kilomètre-voiture à effectuer par heure est :

De 2.700 à 2.800 francs avec l'emploi d'automobiles indépendantes ;

De 2.300 à 2.500 francs avec l'emploi des locomotives.

En particulier, pour les installations de Paris ces chiffres sont de :

3.300 francs par kilomètre-voiture-heure sur la ligne de Louvre-Versailles ;

2.800 francs par kilomètre-automobile-heure sur la ligne Vincennes-Saint-Augustin.

Usine. — L'usine de chargement doit comprendre : chaudières, moteurs, compresseurs, réservoirs, tuyauterie et accessoires, le tout revenant, y compris les bâtiments à 7 ou 800 francs par cheval-vapeur pour des installations d'importance moyenne, soit environ 180 à 200 francs par kilogramme d'air pouvant être débité par heure.

Or, chaque kilomètre d'automobile de 50 places en absorbe 13 ou 14 et nécessite une installation permettant, avec les réserves indispensables, d'en débiter 25 à 35 % en plus, soit en moyenne 18 kilogrammes d'air.

Les frais d'établissement de l'usine centrale ressortent donc à environ 3.500 francs par kilomètre d'automobile à effectuer par heure, soit 35.000 fr. par automobile en circulation.

Dans le cas de la traction par locomotives, les frais approximatifs peuvent s'apprécier de la même façon en prenant pour base qu'un train absorbe 1 kilogramme d'air par tonne kilométrique de locomotive, 0,700 par tonne kilométrique de train, et nécessite une installation permettant d'en produire de 30 à 35 % en plus. La dépense pour l'installation peut donc s'estimer à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

200 ou 220 francs par tonne kilométrique de train à effectuer par heure. Par exemple, les installations fixes et la ligne Louvre-Saint-Cloud-Sèvres-Versailles coûtent environ 700.000 francs pour un service horaire de 120 à 125 kilomètres-trains, de 240 voitures-kilomètres avec 15 trains en circulation. Ainsi, en résumé, les frais de premier établissement peuvent s'évaluer à :

60.000 francs environ par automobile de 50 places en circulation ;
100.000 — par train de 2 ou 3 voitures en circulation ;
5.000 à 7.000 francs par voiture-kilomètre à effectuer par heure.

Ces chiffres ne s'éloignent pas sensiblement de ceux obtenus par l'emploi des tramways électriques à fil aérien ou accumulateurs, la plus grande dépense de matériel roulant et de force motrice se trouvant compensée par l'économie de la ligne et des batteries d'accumulateurs.

163. — *Frais d'exploitation.* — Si nous nous rapportons aux chiffres accusés par la Compagnie des Chemins de fer Nogentais, les frais ont été pour la traction, pendant l'exercice de 1889, les suivants, par kilomètre-voiture :

Frais de personnel.	Personnel des dépôts	0,0735
	Mécaniciens-conducteurs	0,0694
Force motrice	Combustible, graissage et eau	0,178
Entretien	Entretien du matériel fixe	0,028
	Entretien du matériel roulant	0,052
	Outillage et divers	0,008
	Total. Fr.	0,4089

Nombre total de kilomètres-voitures : 233.841.

Les frais d'exploitation des tramways de Nantes, pendant l'exercice 1891, ont été les suivants :

1° Frais de personnel	Personnel des dépôts	0,040
	Mécaniciens-conducteurs	0,061
2° Combustible, eau et graissage		0,118
3° Entretien	Entretien du matériel fixe	0,013
	Entretien du matériel roulant	0,058
	Outillage et divers	0,002
	Total. Fr.	0,292

Nombre de kilomètres-voitures : 682.852.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les frais de traction à Nantes ont varié de 0,412 franc le kilomètre-voiture à 0,265 franc, depuis l'année 1879 à l'année 1892, le nombre annuel de kilomètres-voitures variant lui-même de 199.610 à 694.791.

La moyenne des dix dernières années est de 0,294 franc le kilomètre-voiture. Il faut remarquer que les voitures de Nantes sont plus petites et plus légères que celles de Nogent, que la main-d'œuvre est meilleur marché dans cette ville et le parcours kilométrique journalier plus grand. C'est ce qui explique la différence dans les résultats constatés.

Ces dépenses ne comprennent pas l'amortissement du matériel fixe et roulant. En supposant cet amortissement pratiqué en dix ans, ce qui est une limite raisonnable pour un matériel de ce genre, cet amortissement grèverait le kilomètre-voiture d'environ 0 fr. 10 à 0 fr. 15. Cet amortissement est donc un facteur important du prix de revient, et qu'il ne faut pas oublier de faire entrer en ligne de compte.

164. — *Tramways à air comprimé Popp-Conti.* — Ce système diffère du précédent en ce que l'on y emploie des pressions beaucoup plus basses. Il en résulte forcément un meilleur rendement, puisque l'on n'a pas besoin de détendre autant l'air avant de l'introduire dans le moteur, que lorsque l'on emploie des pressions très élevées. Le poids du réservoir d'air monté sur la voiture est également diminué de ce chef, et l'usine de compression peut être notablement réduite.

Comme la puissance emmagasinée est moindre qu'avec le système Mékarski, on a dû songer à recharger la voiture en route tous les 2 ou 3 kilomètres ; pour cela il a fallu avoir recours à une canalisation d'air tout le long de la voie et installer des prises automatiques aux divers arrêts du tramway. C'est là un des inconvénients — et il est capital — du système Popp-Conti.

165. — *Description de la voiture.* — Les voitures sont à double suspension. Le châssis du truck est suspendu à des ressorts à lames prenant leur point d'appui sur les boîtes à graisse, directement au-dessus des essieux. La caisse vient ensuite reposer sur un châssis supérieur suspendu sur d'autres ressorts placés aux extrémités du châssis du truck.

L'usage de ce dispositif permet d'obtenir une suspension très douce. Il a également l'avantage de se prêter à l'emploi d'essieux très rapprochés, même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour le cas de voitures de grande longueur, ce qui donne une grande commodité pour aborder les courbes de faibles rayons.

Les deux essieux sont reliés entre eux au moyen de bielles d'accouplement. L'un d'eux seulement est attaqué par le moteur à air comprimé, par l'intermédiaire de deux roues d'engrenages noyées dans un réservoir d'huile entièrement clos.

Dans ce système, le moteur est placé au centre de la voiture, ce qui supprime tout mouvement de lacet et toute oscillation de la caisse. Ce moteur est compound et à détente variable, avec bâti en acier coulé très solide. Il est très facilement accessible de l'intérieur de la voiture, ce qui rend sa visite commode, et peut même être changé et remplacé en quelques instants, ce qui évite d'immobiliser le véhicule pendant la durée de la réparation. Enfin, il peut, suivant l'état de la route, marcher à double expansion ou à admission directe dans les deux cylindres.

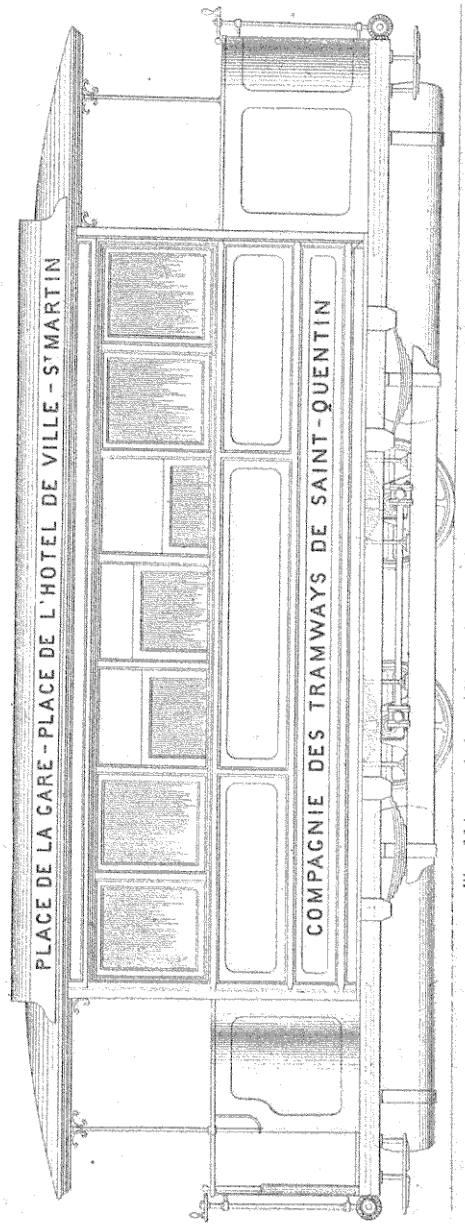


Fig. 114. — Automobile à air comprimé, système Popp-Conti.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La commande du mécanisme, qui peut s'effectuer des deux plateformes, s'opère au moyen d'un volant et de trois robinets placés devant le mécanicien. Le premier de ces robinets commande le changement de marche, car les coulisses Stephenson, au lieu d'être actionnées par bielles et leviers, sont commandées directement par de petits pistons à air comprimé. Les coulisses ne pouvant ainsi occuper que leurs positions extrêmes, elles ne règlent pas la détente, l'admission au petit cylindre est réglée par une détente Meyer commandée directement par le grand volant placé devant le machiniste. Le troisième robinet sert à la commande du frein de sûreté; il permet d'introduire directement la pression derrière les pistons qui actionnent les freins.

Les machines pouvant marcher dans les deux sens, les lignes ne comportent pas de plaques tournantes à leur terminus, ce qui est une économie.

166. — *Fonctionnement.* — L'emploi des pressions modérées étant adopté en principe, il était nécessaire de prévoir l'alimentation en cours de route, la voiture emportant une moindre provision d'air obligeant par suite à des rechargements fréquents. Là était la difficulté, car on ne pouvait songer à avoir, comme cela se fait sur les lignes de tramways à accumulateurs d'air aux stations de rechargement, des ouvriers en permanence sur la voie, vissant des raccords, manœuvrant des robinets, puis dévissant les raccords après le rechargement. Toutes ces manœuvres se traduisent par des stationnements prolongés (jusqu'à 3 ou 4 minutes). Ces pertes de temps sont inadmissibles dans un tramway à traction mécanique qui doit toujours chercher à effectuer son parcours dans un temps aussi court que le permettent la prudence et les règlements de police. MM. Popp et Conti se sont donc posé le problème suivant : Etant données des prises d'air comprimé installées de distance en distance sur une voie de tramway, tous les deux à trois kilomètres par exemple, arriver à faire que la voiture renouvelle son chargement d'air automatiquement et en quelques secondes, à chacune de ces prises placées près des bureaux d'arrêts, sans qu'aucune manœuvre sur la voie publique soit nécessaire, sans que le mécanicien ait besoin de descendre de sa voiture. Or, la solution qu'ils ont trouvée est fort simple, et constitue la partie la plus originale de leur système.

Les appareils qui permettent aux voitures de renouveler leur provision

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'air en cours de route se nomment *prises automatiques*. Ces prises sont établies près des bureaux de contrôle où la voiture est obligée de s'arrêter.

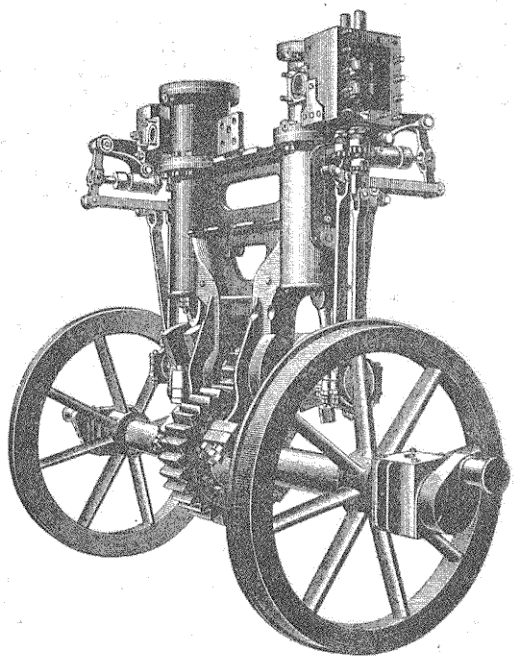


Fig. 115. — Moteur à air comprimé des tramways de Popp-Conti.

Après comme avant le passage, une simple petite plaque rectangulaire de fonte bitumée, située au niveau de la voie entre les deux rails et fermée, est le seul signe extérieur accusant l'existence de la prise d'air.

La prise automatique se divise en deux parties : le *distributeur*, placé sous la voie publique en des points déterminés et le *récepteur* que porte la voiture.

Le distributeur se compose d'un couteau creux, de section lenticulaire, relié à un corps de pompe, et qui peut monter et descendre sous l'action de l'air comprimé.

Dans sa position inférieure, ce couteau se trouve enfermé dans une boîte dont on n'aperçoit que le couvercle qui présente l'aspect d'une plaque d'égout ordinaire. Dans sa position supérieure, ce couteau a ouvert deux petites portes noyées dans le couvercle de la boîte, et il dépasse le niveau des rails de 15 cen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

timètres environ ; dans cette position, il attend le récepteur pour s'y engager. La montée du couteau distributeur est commandée par une pédale composée d'un levier placé entre le rail et le contre-rail et actionné par les boudins des roues. Ce levier commande l'admission de l'air comprimé sous le couteau distributeur. Lorsque la roue d'avant passe sous la pédale, le poids de la voiture agissant sur le levier fait monter le couteau qui redescendra de lui-

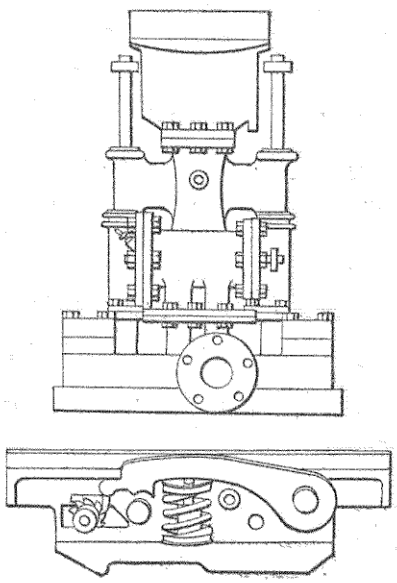


Fig. 116 et 117 *bis*. — Appareil distributeur et pédale des tramways Popp-Conti.

même une fois l'alimentation terminée. Cet effet, bien entendu, ne peut être produit que par le boudin de la roue du tramway et non par le bandage de la roue d'une autre voiture, qui est toujours plus large que la gorge où se trouve la pédale. Une voiture très légère, dont les roues ont des jantes étroites pourrait porter sur le levier, mais, cette fois encore, aucun effet ne serait produit, le poids considérable de la voiture automobile étant nécessaire pour provoquer le déclenchement.

Le récepteur se compose d'une boîte en bronze, fermée à sa partie inférieure par deux boudins souples placés l'un à côté de l'autre. Lorsque ces boudins sont sous pression, ils se serrent l'un contre l'autre et forment un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

joint hermétique. Quand la pression n'agit pas, ils permettent à un corps étranger de pénétrer entre eux, et c'est sur ce principe qu'est basé le système d'alimentation automatique de Popp-Conti.

L'opération du ravitaillement s'effectue donc à chaque arrêt de la voiture au-dessus d'une prise d'air comprimé. La liaison de la voiture à la conduite étant opérée, l'air comprimé arrivant dans le récepteur, ouvre un clapet de retenue et pénètre dans le réservoir ; aussitôt celui-ci arrivé en équilibre de pression avec l'air de la conduite, le clapet retombe et se referme ; il en est de même du clapet différentiel du couteau. Le mécanicien est averti que l'alimentation est terminée, d'abord par l'aiguille du manomètre qui demeure immobile, ensuite par un coup de sifflet automatique. Il referme donc le robinet de communication qu'il avait ouvert, le joint se dégonfle et le couteau retombe ; l'opération ne demande pas plus de 15 secondes à s'accomplir, et la voiture est prête à repartir.

167. — *Comparaison entre les systèmes de traction à air comprimé.* — L'emploi de pressions moyennes dans les réservoirs permet d'obtenir un meilleur rendement qu'avec des pressions plus élevées, et, à ce point de vue, le système Popp-Conti est plus économique que celui de Mékarski. Mais, en revanche les frais d'établissement sont beaucoup plus élevés, puisqu'il faut installer une canalisation très résistante et étanche, et des prises d'air automatiques échelonnées le long de la voie. Il semble donc que, si le système Mékarski est avantageux pour un service fréquent sur une ligne de faible longueur, le système Popp-Conti lui est préférable pour un parcours plus étendu.

M. Farman, comparant ces deux procédés, en a calculé le rendement. Voici le raisonnement très juste que tient cet ingénieur :

« M. Mékarski comprime l'air à 80 kilogrammes par centimètre carré, et MM. Popp-Conti à 25 kilogrammes seulement. Or, on peut admettre qu'avec les compresseurs actuels, la compression s'effectue sensiblement suivant la loi de Mariotte. Si nous désignons par n le degré de compression, le travail effectué sera :

$$W_c = p_o V_o \log' n$$

p^o est égal à une atmosphère, soit 10 000 kilogrammes par mètre carré

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et comme point de comparaison, nous supposerons qu'il s'agit d'un mètre cube d'air.

Nous aurons donc :

Mékarski, travail de compression $W_c = 10.000 \log' 80$
Popp-Conti, — — $W_c = 10.000 \log' 25$
Mékarski . . . . . $W_c = 45.200$ kilogrammètres.
Popp-Conti . . . . . $W_c = 32.270$ —

Si nous admettons que le rendement des compresseurs est de 0,75, le travail que devront développer les machines à vapeur pour comprimer 1 mètre cube d'air sera :

$$\text{Mékarski} \quad \frac{45.200}{0,75} = 53.600 \text{ kilogrammètres.}$$

$$\text{Popp-Conti} \quad \frac{32.270}{0,75} = 43.000 \quad —$$

Entre le réservoir d'air comprimé et le compresseur il n'y a presque aucune perte dans le système Mékarski ; dans celui de Popp-Conti, l'air doit parcourir toute la canalisation pour arriver à la prise d'air automatique. Il y a de ce chef une perte de charge proportionnelle à la longueur de la canalisation, que nous estimerons à 5 %, de sorte qu'on aura :

$$\text{Popp-Conti,} \quad W_c = \frac{43.000}{0,95} = 45.400 \text{ kilogrammètres.}$$

Si l'on ne réchauffait pas les gaz avant ou pendant leur détente dans le moteur, la température baisserait d'une façon considérable, ce qui pourrait amener la congélation des vapeurs d'eau contenues dans l'air, ainsi que celle des huiles de graissage. Le rendement serait en outre très mauvais, de sorte qu'à tous les points de vue, il est recommandable de réchauffer les gaz. Presque toute la chaleur communiquée aux gaz avant leur introduction dans le cylindre se trouve intégralement transformée en travail utile, et c'est même ce mode d'utilisation de la chaleur qui permet de relever beaucoup le rendement des systèmes à air comprimé. Il est évident, en effet, que tout le travail que l'on a dépensé pour amener les gaz de la pression d'admission dans le cylindre (10 atmosphères environ) à la pression initiale qui peut varier de 25 à 80 kilogrammes par centimètre carré, est complètement perdu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le rendement de l'ensemble de cette transformation serait donc très mauvais si l'on n'avait pas songé à réchauffer les gaz de façon à augmenter leur détente. En un mot, c'est l'utilisation presque complète de la chaleur destinée à réchauffer les gaz qui compense le mauvais rendement du système à air comprimé proprement dit. MM. Mékarski et Popp-Conti ont compris le rôle capital que joue le réchauffage de l'air, et ils ont disposé sur leurs voitures des appareils à eau chaude (250° environ), destinés à réchauffer fortement l'air comprimé avant de l'envoyer dans le moteur.

C'est ainsi qu'ils sont arrivés à faire rendre 22 000 kilogrammètres à 1 kilogramme d'air comprimé, alors que, sans réchauffement, ils n'auraient pu obtenir au plus la moitié de ce chiffre.

En supposant que le rendement organique du moteur soit, en moyenne, de 0,65, on peut calculer facilement le travail utile fourni par 1 mètre cube d'air.

$$W_v = 22.000 \times 1^k,23 \times 0,65 = 17.600 \text{ kilogrammètres.}$$

Ce qui donne, comme rendement mécanique :

$$\text{Mékarski} \quad \frac{17.600}{53.600} = 0,39.$$

$$\text{Popp-Conti} \quad \frac{17.600}{45.400} = 0,39.$$

C'est seulement au point de vue du poids mort à traîner, que le système Popp-Conti offre quelque avantage sur celui de l'ingénieur polonais. Le châssis, le moteur, le réservoir, sont beaucoup plus légers, en sorte qu'une voiture automobile de 50 places ne pèse que 10 tonnes environ, tandis qu'une voiture Mékarski de même contenance pèse 4 tonnes de plus. Il résulte de ce fait que, pour transporter le même nombre de voyageurs, s'il faut n chevaux-heures avec le système Popp-Conti, il faudra 1,4 n chevaux-heures avec les automobiles Mékarski. Ces chiffres ne sont pas absolus mais ils varient suivant la distance que doit parcourir l'une ou l'autre des voitures considérées.

Pour conclure sur la traction par l'air comprimé, disons que ce système nécessite des installations mécaniques importantes, qu'il a un rendement assez médiocre, et qu'il exige une consommation de combustible considérable. Mais, par contre, c'est un des rares systèmes dont l'inocuité soit absolue et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont l'emploi à l'intérieur des villes ne prête absolument à aucune critique. Il possède une grande élasticité qui lui permet de desservir des profils très accidentés et de se prêter à un trafic très irrégulier : il est sûr, propre, confortable, rapide et permet à volonté l'emploi d'automobiles ou de locomotives. Pour toutes ces raisons, ce procédé de traction paraît devoir trouver des applications rationnelles dans beaucoup de villes, concurremment, et même souvent de préférences aux différents systèmes de traction par l'électricité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VI

LES TRAMWAYS ÉLECTRIQUES A FIL AÉRIEN

168. — *Considérations générales.* — Le problème de la traction mécanique des tramways a trouvé dans l'utilisation de l'électricité une solution à la fois pratique et économique, et il existe plusieurs procédés en vigueur pour tirer de cette forme d'énergie tous les avantages dont elle est susceptible. Les plus usités sont ceux qui comportent l'envoi du courant produit dans une station centrale aux voitures en circulation par l'intermédiaire d'une ligne de conducteurs enterrés dans le sol ou tendus sur des poteaux, et ceux où les voitures portent une provision d'énergie emmagasinée dans des accumulateurs. Nous ne nous occuperons dans ce chapitre que des réseaux de tramways de la première catégorie, où l'énergie motrice, engendrée dans une usine fixe, est envoyée aux véhicules par une ligne aérienne.

Dans ce système, une station centrale de puissance convenable, possédant des dynamos couplées en quantité et de puissance supérieure à la puissance utile, pour fournir les intensités nécessaires aux démarrages, alimente une série de lignes ou de *feeders* qui alimentent à leur tour des câbles de distribution aériens sur lesquels viennent rouler les *trolleys* ou frotteurs qui établissent les communications avec les moteurs des voitures. Le conducteur de retour, dans beaucoup d'installations, est supprimé et remplacé par les rails, bien que cette disposition soit défectueuse en raison des effets d'électrolyse qui se produisent par suite des dérivations inévitables dans le sol. Nous étudierons plus loin ces effets, qui ont jeté dans ces derniers temps un certain

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

discrédit sur ce mode économique, sinon bien pratique, de retour du courant à l'usine.

Une autre difficulté non moins sérieuse est également survenue du fait du *trolley* lui-même. Ce frotteur doit appuyer constamment sur la ligne, passer sur les points servant de support, etc., et ce frottement continuel ne tarde pas à dégrader le fil par l'influence des petites étincelles résultant d'un contact imparfait. Aussi a-t-on cherché à améliorer ce mode de connexion, mais sans obtenir des résultats absolument satisfaisants.

L'étude des moteurs et de leur transmission aux roues motrices a également donné lieu à de longues recherches. On a examiné s'il était préférable soit d'adopter sur les voitures un seul moteur en faisant varier le couplage des inducteurs et en introduisant des résistances variables, soit deux moteurs en les couplant entre eux suivant les besoins de la marche, les différentes manœuvres étant effectuées à l'aide d'un appareil mis à la disposition du conducteur et auquel les Américains ont donné le nom de *controller*.

169. — *Historique.* — La plupart des installations de traction électrique ont été faites par le système à 2 fils à courants continus, avec une différence de potentiel élevée de 500 volts. Dans quelques installations, on a essayé le système à 3 fils avec le fil neutre à la terre. On a également cité quelques exemples, peu nombreux du reste, de traction électrique par courants alternatifs : En 1893, MM. Siemens et Halske avaient exposé à Chicago un tramway avec moteurs à 3 phases à 4 pôles, à 500 volts.

D'après les quelques renseignements qui précèdent, on peut comprendre que le nombre des systèmes de ce mode de traction est considérable.

En consultant divers journaux et statistiques, nous avons relevé les indications suivantes :

En France, les tramways du système Oerlikon, de la Compagnie de l'Industrie électrique, et de Thomson-Houston, sont les plus répandus.

En Angleterre, on trouve un grand nombre de systèmes : Mather et Platt, Ellwell Parker, Hopkinson, *The Electricat Engineering*, Siemens Brothers, etc.

En Allemagne, les tramways appartiennent aux systèmes : Union E. G.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(Thomson-Houston) *Allgemeine Elektricitâts Aktien Gesellschaft* (Schuckert et Cie), Siemens et Halske, Kümmer et Cie.

En Suisse, la construction des tramways est confiée aux ateliers d'Oerlikon et à la Compagnie l'Industrie électrique.

En Amérique, ce sont principalement les systèmes Thomson-Houston, Westinghouse, Sprague, Brush, etc., que l'on rencontre le plus fréquemment.

Nous ne pouvons établir ici de statistiques, nous les trouverons plus loin. Mais, dans ce qui va suivre, nous donnerons la description de quelques-uns des différents systèmes dont il a été question plus haut.

A la fin de l'année 1893, la maison Sautter, Harlé et Cie et la Société d'Oerlikon ont installé une ligne allant du cours Belzunce à Saint-Louis à Marseille, sur une longueur totale de 6.120 mètres. Les dynamos construites par la maison Sautter, Harlé et Cie sont du type Oerlikon et donnent 66 kilowatts à 550 volts et 275 tours par minute. La distribution est effectuée par feeders et ligne aérienne. Le pôle + est relié à la terre, et le pôle — à la ligne, pour éviter les actions électrolytiques. Le trolley consiste en des roulettes à gorge, qui sont portées à l'extrémité

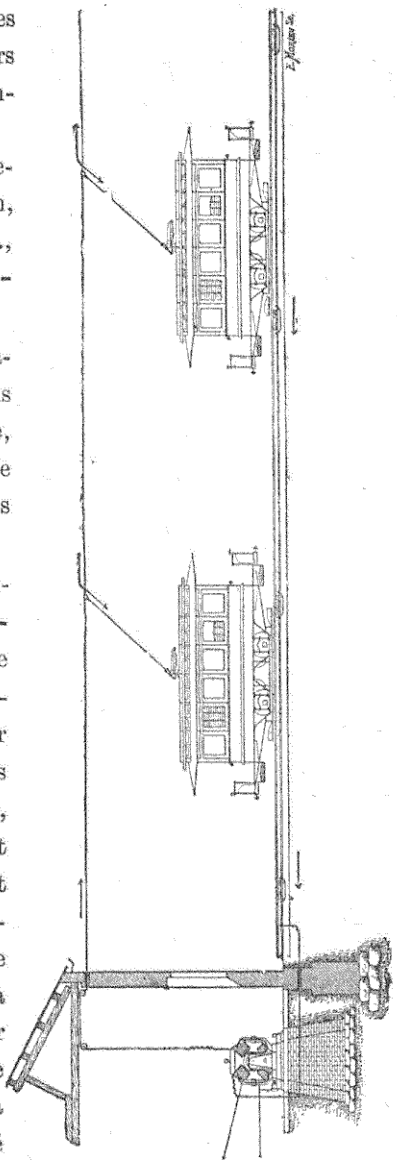


Fig. 117. — Disposition schématique d'une ligne de tramways électriques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une perche fixée sur le toit de la voiture. A l'aide de ressorts, cette perche est continuellement pressée contre le conducteur. Les moteurs excités en série ont une puissance de 15 kilowatts ; l'axe du moteur porte un pignon qui engrène avec une roue dentée calée sur l'essieu ; les nombres de dents sont dans le rapport de 1 à 4.

En 1894, à Lyon, la *Compagnie de Fives-Lille* avait exposé un modèle de tramway électrique dont les moteurs, au nombre de 2 par voiture, étaient enroulés en série, avaient chacun une puissance de 10 chevaux et tournaient à la vitesse angulaire de 500 tours par minute. L'induit était en forme d'anneau et les inducteurs étaient constitués par un cadre fermé en acier coulé d'une seule pièce. Ces moteurs étaient supportés par des paliers et commandaient l'essieu par un solide engrenage. La voiture avait une longueur de caisse de $6^m,2$ et une longueur totale de $7^m,7$; elle pouvait contenir quarante personnes et avait un poids total de 4.800 kilogrammes.

La *Compagnie de l'Industrie électrique de Genève* a fait plusieurs installations de tramways électriques. Nous citerons d'abord le tramway de Standstadt à Stans. La petite ville de Stans se trouve à peu de distance du lac des Quatre-Cantons, et elle est desservie par le port de Standstadt. La Compagnie de l'Industrie électrique a installé dans la station de force motrice du Buochs, une dynamo Thury à 6 pôles, de 35 kilowatts à 550 volts, et une ligne aérienne de 2.000 mètres de longueur. La prise du courant est faite sur un conducteur aérien en acier, supporté en dessous par des consoles en tubes de fer fixées sur poteaux en bois à l'aide d'une semelle portant une pièce de métal anti-friction. Les voitures automobiles portent chacune un moteur bipolaire de 15 chevaux tournant à 900 tours par minute et commandant l'essieu par un double train d'engrenages. Les variations de vitesse sont obtenues en ajoutant ou en enlevant des résistances dans le circuit du moteur.

La même Société a fait ensuite l'installation des tramways électriques de Clermont-Ferrand, qui comportent deux lignes : l'une allant de Montferrand à Royat et dont la longueur est de 5.800 mètres avec rampes de 5 millimètres ; l'autre allant à la gare de Clermont-Ferrand et ayant 1.500 mètres de longueur.

L'usine possède 2 chaudières multitubulaires alimentant une machine à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur compound de 400 chevaux, une machine horizontale de 150 chevaux et deux machines de 12 chevaux. Les machines entraînent deux dynamos Thury tétrapolaires : l'une de 165, l'autre de 105 kilowatts avec excitatrice de 3 kw. 5 à 550 volts. La prise du courant sur le conducteur s'opère à l'aide d'une espèce de navette en fer, glissant à l'extrémité d'un tube carré formé de trois parties assemblées par des rivets. Les voitures automobiles, au nombre de 22, peuvent recevoir 40 personnes ; chacune d'elles possède un moteur de 25 chevaux.

Ces dispositions ont été reproduites par la Compagnie de l'Industrie électrique dans toutes les installations qu'elle a réalisées par la suite.

170. — *Système Thomson-Houston.* — Ce système étant actuellement le plus répandu, non seulement aux Etats-Unis mais encore en Europe, nous consacrerons un paragraphe spécial à l'examen de ce dispositif très bien étudié.

La station centrale renferme les chaudières, machines à vapeur et dynamos; celles-ci sont compound, qu'elles soient bipolaires ou multipolaires ; leur puissance varie de 50 à 1,500 kilowatts. On utilise cependant le plus souvent des dynamos à 4 pôles de 500 kilowatts, à 500 volts, tournant à 350 tours par minute. Suivant les installations, le mode de suspension des lignes aériennes varie. Pour une voie unique établie sur le côté d'une rue, on n'emploie, pour supporter le câble, que des bras simples fixés sur des poteaux plantés de distance en distance. Si la voie est établie au centre de la rue, on a recours à des fils d'acier tendus en travers des rues et maintenus par des poteaux sur les côtés. Il existe également des poteaux établis entre les deux voies et munis de deux bras les desservant l'une et l'autre. La communication est établie avec le conducteur aérien à l'aide d'un trolley composé d'une roue à gorge appuyant par le bas et reliée à la voiture par une perche montée sur ressorts et pouvant suivre toutes les sinuosités des voies.

Les moteurs des voitures présentent des dispositions particulières, et le type *Waterproof* est bien connu. Sa puissance est de 25 chevaux et son poids de 660 kilogrammes. Il est entièrement enfermé dans une boîte en fonte qui le met à l'abri des chocs et de la poussière. L'induit attaque l'es-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sieu moteur par une seule paire d'engrenages en fonte et acier baignant dans l'huile.

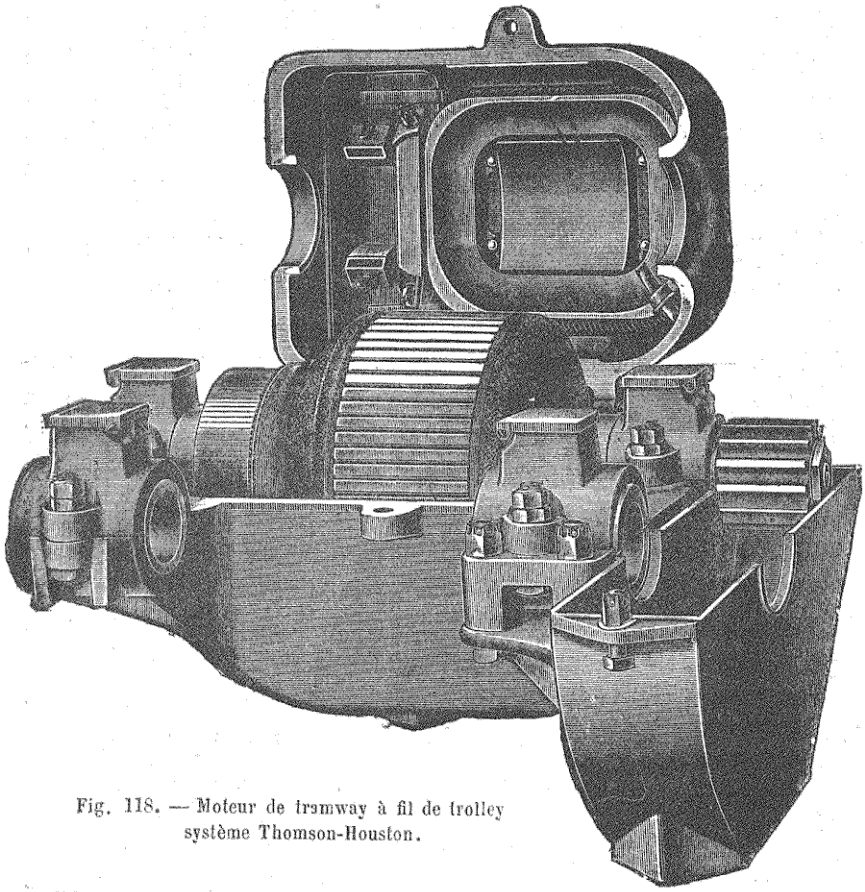


Fig. 118. — Moteur de tramway à fil de trolley système Thomson-Houston.

L'appareil est suspendu de telle sorte qu'une partie de son poids est supportée directement par l'essieu. Le circuit magnétique inducteur est formé par la boîte, qui se compose de deux parties en acier coulé portant deux pièces polaires entourées de bobines excitatrices et deux épanouissements polaires à 90 degrés des premières. Il y a donc en réalité 4 pôles. L'induit est composé de disques de tôle de fer découpés, puis recuits et vernis.

Ces disques sont montés sur l'arbre de la machine et maintenus à l'aide de clavettes. L'enroulement de l'induit est composé de bobines élémentaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on introduit dans les encoches du noyau où elles sont également fixées à l'aide de clavettes, Le collecteur est en cuivre rouge ; on ne fait usage que de balais en charbon parce qu'ils permettent de faire tourner l'induit dans un sens ou dans un autre. Tous les organes sont facilement visibles, et la visite en est des plus aisées.

Toutes les manœuvres sont effectuées à l'aide de l'appareil appelé *controller*, qui permet d'effectuer tous les couplages nécessaires pour le fonctionnement.

Les installations effectuées par la Compagnie Thomson-Houston sont très nombreuses ; parmi les principales, en Europe nous citerons la ligne de Lyon à Oullins ; la ligne du Havre ; la ligne de Bordeaux-Bouscat au Vigean ; la

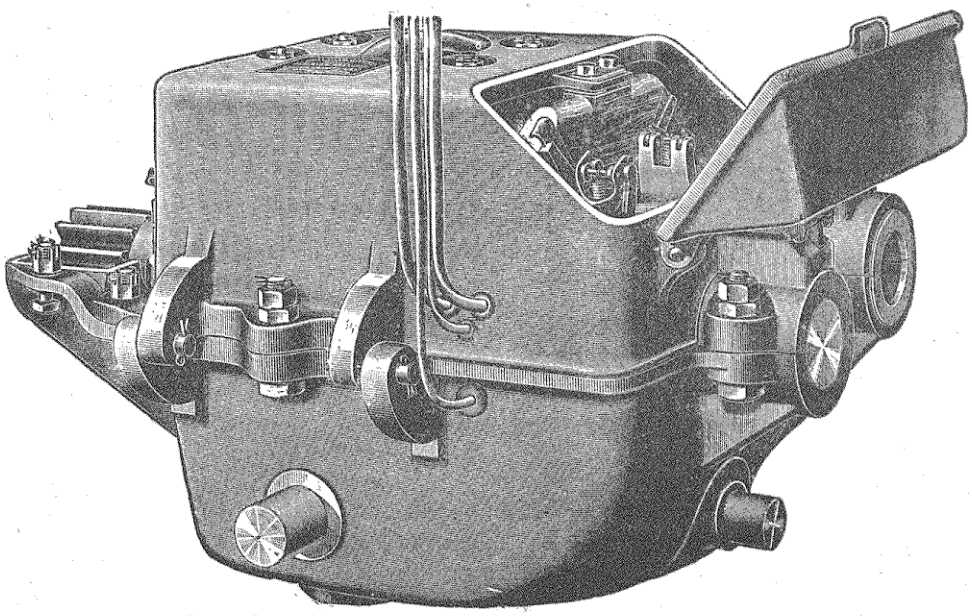


Fig. 119. — Moteur pour tramway électrique type G. E. 800 fermé.

ligne de la place Rouppe à Bruxelles à la petite Espinette ; la ligne de Reimscheid, etc. Parmi les dernières lignes en installation au 1er mai 1897, nous citerons les lignes de Bristol, Dublin, Roubaix-Tourcoing, Lyon-Saint-Fons, Rouen, Rome, Bordeaux-Poussac, Bouscat-Eyssines, Porto-Varèse et le Raincy à Montfermeil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Afin de fixer plus complètement les idées, nous donnerons quelques renseignements généraux sur quelques installations en exploitation.

La ligne de Bordeaux-Bouscat au Vigean, établie en 1893 et mise en service le 20 novembre de la même année, a une longueur totale de 4.820 mètres. Après un parcours de 220 mètres en ville, la voie suit l'axe de la route du Médoc pendant 1.730 mètres et les côtés sur 3.090 mètres. La voie est à écartement de 1 mètre entre bords intérieurs des rails ; elle appartient aux types Humbert et Vignole. Les rampes sont faibles et varient de 2 à 15 millimètres par mètre. La station centrale renferme 2 chaudières Babcock et Wilcox de

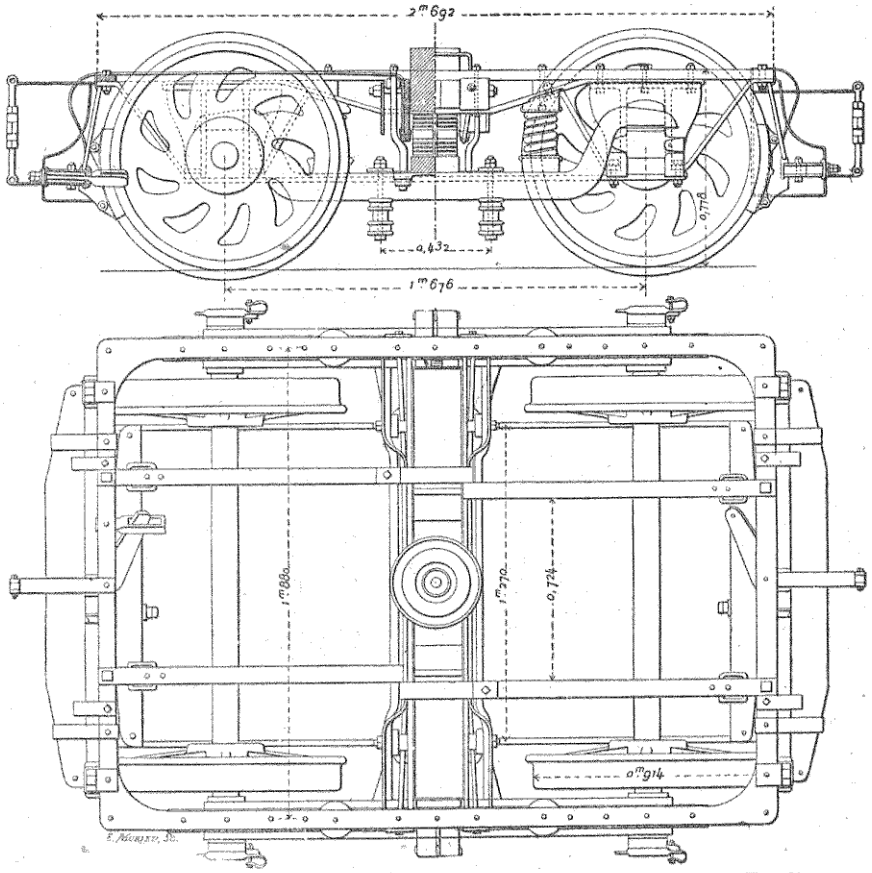


Fig. 120 et 121. — Coupe et plan d'un truck à bogie d'un tramway Thomson-Houston.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

132 mètres carrés de surface de chauffe, pouvant fournir 1.850 kilogrammes de vapeur par heure, 2 machines à vapeur Intosch et Seymour compound sans condensation de 150 chevaux à 235 tours par minute. Chaque machine à vapeur commande par courroies une dynamo multipolaire hypercompound

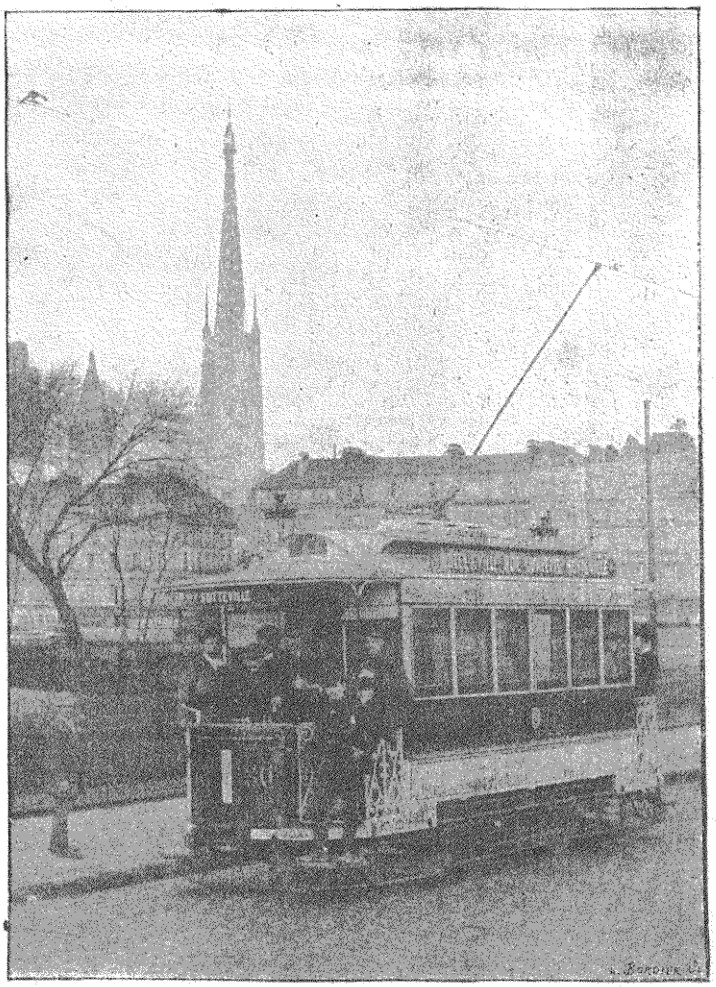


Fig. 122. — Tramway à trolley, de Thomson-Houston, employé à Rouen

Thomson-Houston de 100 kilowatts à 550 volts et à 600 tours par minute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une première installation de tramways électriques a été faite de Lyon à Oullins, le 17 avril 1894.

La station centrale, établie dans l'ancien dépôt des tramways à chevaux d'Oullins, comprend 2 chaudières semi-tubulaires d'une surface de chauffe de 140 mètres carrés, timbrées à 8 kilogrammes par centimètre carré, 2 machines à vapeur à un cylindre et à condensation, d'une puissance pouvant varier de 97 à 233 chevaux en faisant varier l'admission, et de 2 dynamos à 4 pôles de 100 kilowatts à la vitesse angulaire de 659 tours par minute.

Quelques mois après la première installation, le 7 octobre 1894, avait lieu l'inauguration d'un prolongement de ce réseau jusqu'à Saint-Genis, qui avait été établi en raison des résultats satisfaisants obtenus avec la première installation. De Lyon à Oullins, la ligne, d'une longueur totale de 6 kilomètres, rencontre, après avoir traversé la Saône, des rampes sensiblement continues de 23 millimètres sur 1 kilomètre, ensuite des pentes comprises entre 18 et 55 millimètres par mètre sur une longueur de 600 mètres, et enfin, pour arriver au point terminus, des rampes moyennes de 25 millimètres par mètre sur 1 kilomètre, avec un maximum de 45 millimètres par mètre sur un parcours de 200 mètres. Les courbes ont des rayons supérieurs à 50 mètres; la vitesse moyenne est d'environ 15 kilomètres par heure. De Oullins à Saint-Genis, la longueur de la ligne est de 2.400 mètres et les rampes maxima atteignent 65 millimètres par mètre sur une longueur de 300 mètres.

171. — *Elektricitats Aktien Gesellschafft*. — Cette Compagnie, autrefois Schuckert et Cie de Nuremberg, a déjà installé plusieurs lignes de tramway. Nous citerons en particulier celui d'Aix-la-Chapelle à Burscheid. L'énergie électrique est fournie par la station centrale de la ville. La longueur totale de la voie atteint 23 kilomètres; la route présente un grand nombre de rampes de 50 millimètres par mètre; la voie n'a que 1 mètre de largeur. La canalisation est aérienne et est formée d'un fil nu de bronze siliceux de 8 millimètres de diamètre. La tige qui porte le trolley est placée au milieu de la voiture afin de rester toujours parallèle à la ligne. Les moteurs employés fonctionnent à 500 volts et sont au nombre de deux par voiture, soit de 15, soit de 10 chevaux. Ces moteurs sont enfermés dans une caisse pour les soustraire à la poussière et à l'humidité. La transmission du mou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vement aux roues de la voiture se fait à l'aide d'engrenages simples plongeant dans l'huile. Tous ces appareils sont fixés sur le châssis sur lequel se monte la caisse de la voiture.

172. — *La maison Siemens et Halske*, de Berlin, que nous retrouverons plus loin pour ce qui concerne les canalisations souterraines, a également fait plusieurs installations avec trolley aérien. Nous citerons entre autres le tramway électrique de Barmen.

173. — *Allgemeine Elektricitats Gesellschafft.* — Le système adopté par cette compagnie est un système à distributeur aérien à trolley avec feeders aériens ou souterrains suivant les cas. Les dynamos du modèle de celles construites par la Société sont à plusieurs pôles. La différence de potentiel est de 500 volts, et la puissance varie suivant les installations. Les câbles souterrains sont des câbles sous plomb et armés. Les câbles aériens sont portés par des poteaux disposés dans les rues, soit au milieu soit sur les côtés. Les rails sont utilisés comme conducteurs de retour. Les moteurs, excités en série, tournent à 400 tours par minute, et cette vitesse est réduite à l'aide d'engrenages placés sur le côté de la voiture. Le bâti extérieur du moteur forme une caisse entièrement fermée. Il y a deux catégories de moteurs : les uns sont bipolaires et d'une puissance de 12 kilowatts ; les autres sont à 4 pôles et développent 18 kilowatts. Les trucks des voitures se composent de deux supports longitudinaux réunis à l'avant et à l'arrière par des traverses portant des boîtes dans lesquelles se meuvent les axes des roues motrices.

Le moteur est fixé à l'arrière et commande ces dernières par les engrenages dont nous avons parlé. Le corps de la voiture repose sur quatre ressorts.

174. — *Les tramways électriques aux Etats-Unis.* — Le nombre de kilomètres exploités par la traction électrique en Amérique dépasse tout ce qu'on peut imaginer ; le développement a été aussi rapide que soutenu ; non seulement on a construit un très grand nombre de lignes, mais on a remplacé, sur beaucoup de réseaux, la traction animale par l'électricité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais un revirement semble se produire depuis quelque temps, et les partisans du trolley se sont quelque peu refroidis devant les accidents résultant de la multiplicité des conducteurs aériens produisant des effets très énergiques d'électrolyse et d'induction sur les fils téléphoniques, car on a pris presque toujours les rails comme fil de retour, pour faire les installations plus économiques et avec moins de frais de premier établissement.

En règle générale, tous ces tramways dérivent d'un même type. Ils comprennent une ligne presque toujours à double voie, posée sur rails de 35 à 40 kilogrammes le mètre courant, toutes les solutions de continuité entre les rails étant reliées par des éclisses en cuivre, et chaque file de rails étant reliée à sa voisine. Au-dessus de chaque voie court un fil de 10 à 12 millimètres de diamètre en cuivre rouge ; ce fil est maintenu en position par des fils de fer ou d'acier attachés, d'un côté à des poteaux placés de part et d'autre de la voie, de l'autre à un support isolant auquel le fil de cuivre vient se souder en laissant sa partie inférieure lisse. Dans les courbes, le câble forme une ligne brisée obtenue en rapprochant les poteaux de support ; dans les courbes de plus de 15 mètres de rayon, par exemple, les côtés du polygone n'ont pas plus de $1^{m},50$ de longueur.

Si la ligne est longue, les poteaux reçoivent des supports sur lesquels viennent reposer les feeders, qui viennent se rattacher aux deux lignes à des

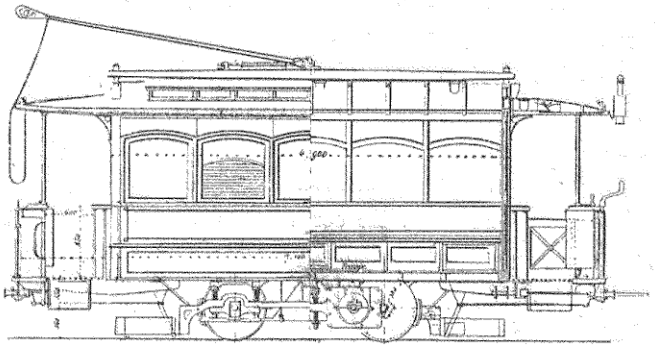


Fig. 123. — Voiture automotrice des tramways à trolley américains.

distances déterminées, les deux conducteurs sont au reste réunis entre eux de distance en distance.

Les voitures portent presque toujours deux moteurs, un par essieu, on a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autant que possible conservé le car à deux essieux pour profiter de tout le poids adhérent, ce qui est indispensable dans un car moteur.

Les moteurs sont en général à quatre pôles, et se rapprochent d'un type courant dans lequel les noyaux et le bâti sont coulés en deux pièces pouvant

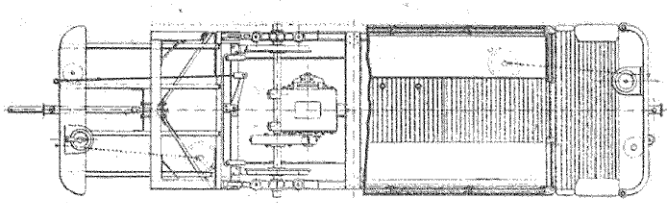


Fig. 124. — Plan.

se réunir deux à deux, l'ensemble forme une boîte creuse, dont une extrémité vient former palier sur l'essieu, pendant que l'autre est suspendue au châssis par l'entremise de ressorts; l'induit est à l'intérieur de la boîte qui porte également les paliers; un jeu d'engrenages, dont les diamètres sont en général dans le rapport de 1 à 3, transmet le mouvement de l'induit à l'essieu.

Dans certains types, le moteur est unique et son arbre est placé suivant l'axe de la voiture, il agit alors sur deux pignons coniques agissant sur deux roues d'angle calées en sens inverse sur les deux essieux.

Le réglage de la vitesse peut être obtenu de deux manières différentes, soit en modifiant l'intensité du champ magnétique, soit en intercalant des résistances dans le circuit.

Dans le premier cas, les bobines des inducteurs sont formées par des enroulements différents qui peuvent être différemment accouplés, on peut donc faire varier dans d'assez grandes limites l'intensité du champ magnétique, et par conséquent la vitesse de l'induit; ce procédé a été appliqué dans diverses installations faites par Edison.

Mais le système le plus répandu est celui qui consiste à employer un rhéostat permettant d'intercaler des circuits de résistance; enfin on peut ou accoupler les moteurs en série, ou bien les faire marcher isolément.

On dispose donc des moyens nécessaires pour régler la vitesse des voitures, ce sont des moyens connus mais c'est dans la disposition des appareils que le génie pratique des américains s'est fait jour.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

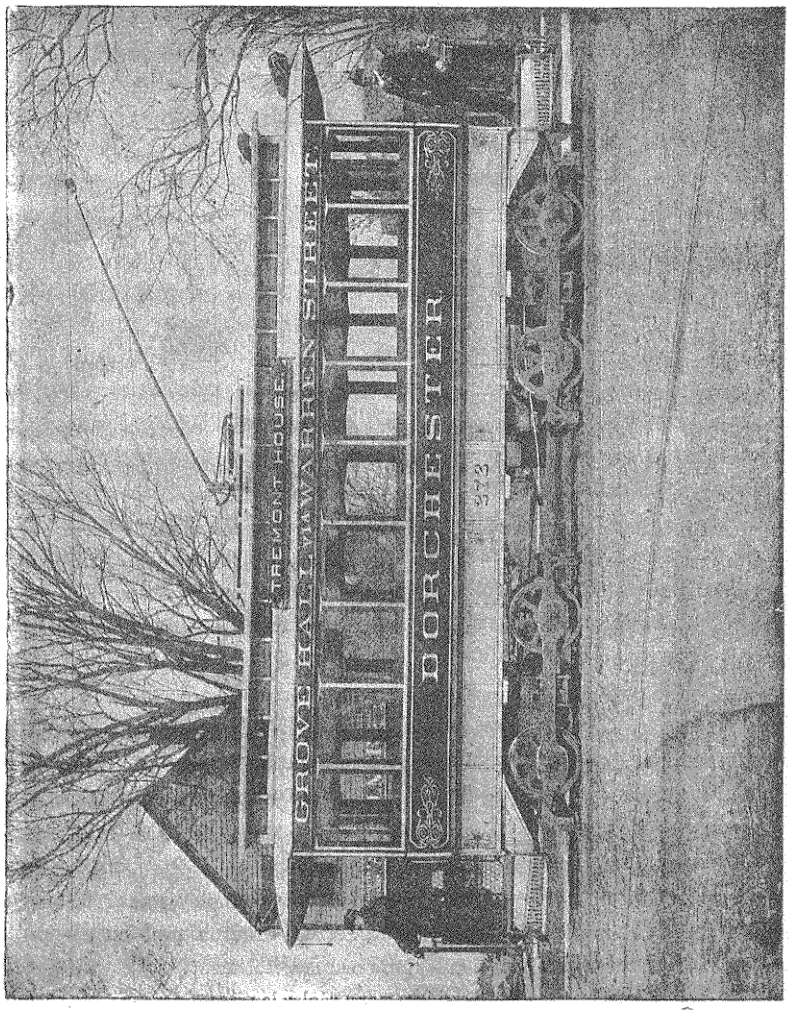


Fig. 125. — Vue prise sur le réseau de tramways électriques de Boston. (Truck à bogies de la Compagnie Thomson-Houston).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les lignes des tramways sont exploitées à une tension de 500 volts ; on n'a pas voulu descendre au-dessous de ce chiffre, pour ne pas accroître le poids des appareils et du cuivre employé dans le conducteur, ni monter au-dessus à cause du danger.

Les usines de force sont très diverses, comme chaudières, comme moteurs, comme dynamos, mais parmi cette diversité plus apparente que réelle, des caractères communs se retrouvent dans toutes les bonnes installations, et un type général se dégage de l'ensemble.

Peu à peu, les commandes par courroies, qui sont si répandues en Amérique, font place à des commandes directes par machines à grande vitesse.

Certains constructeurs préconisent de placer au-dessus de la voie un conducteur aérien, dans ce cas, le fil est tout simplement relié à chaque rail.

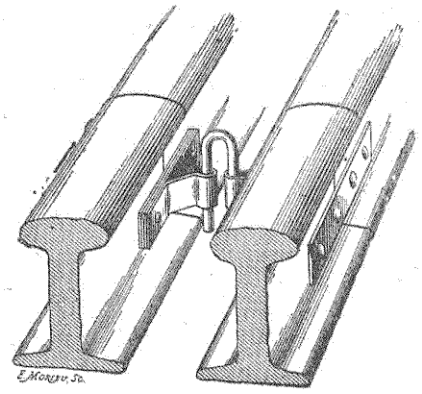


Fig. 126. — Méthode de connexion des rails de contact et d'alimentation des lignes de tramways système Thomson-Houston.

Lorsque les conducteurs de retour sont insuffisants, il se produit des phénomènes d'électrolyse dans les canalisations voisines des rails, et de nombreux ennuis se sont présentés.

On a beaucoup fait pour combattre ce grave inconvénient, mais pas encore assez de l'avis des électriciens ; en effet, on arrive souvent à des résistances qui se traduisent par des pertes très élevées. M. Wattson, dans une conférence faite devant l'Electric Club de Cleveland, a même été jusqu'à demander l'isolation du câble de retour principal, en l'enfermant dans une boîte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remplie d'asphalte, ce câble étant réuni à chaque rail par deux conduites également isolées jusqu'au rail lui-même. C'est peut-être aller un peu loin, on n'a sans doute pas considéré que beaucoup de tramways qui ne donnent pas entière satisfaction au point de vue de la résistance du circuit sont d'anciens tramways à chevaux auxquels on a appliqué la traction électrique ; les rails sont légers, la conductibilité des joints a été établie sur la voie déjà montée. Le calcul a bien indiqué que la section était suffisante, mais le trafic a augmenté, comme cela se produit partout où la traction mécanique est substituée à la traction animale; on a rajouté des feeders, mais on n'a point songé à augmenter la conductibilité de la voie.

Lorsqu'on établit au contraire des voies neuves avec des rails de 42 à 45 kilogrammes par mètre courant, que chaque joint est complété par un conducteur en cuivre d'une résistance au plus égale à celle du rail, il faut que l'intensité du trafic soit bien grande pour que le retour du courant ne s'effectue pas dans de bonnes conditions.

Il est certain que si on doit en arriver, vis-à-vis d'un trafic considérable,

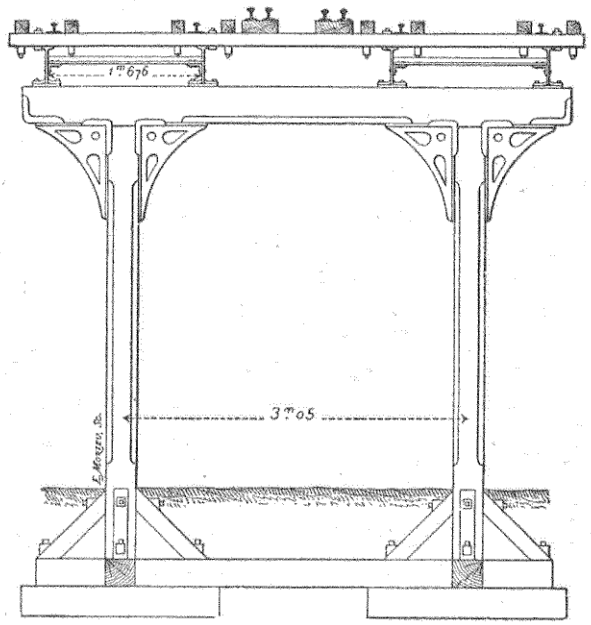


Fig. 127. — Coupe transversale de la voie aérienne des tramways de Chicago.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur des lignes très accidentées, à ajouter un conducteur continu en cuivre, il serait beaucoup plus naturel de le suspendre au poteau de support du câble aérien, en le reliant à la voie par des conducteurs verticaux isolés descendant contre ces poteaux. Mais en l'espèce, avec des voies bien établies, cela ne paraît pas nécessaire.

Les poteaux en bois sont moins cher et constituent par eux-mêmes un complément d'isolation. Le conducteur aérien doit être au moins à six mètres du sol; pour obtenir ce résultat les poteaux doivent avoir $6^{m},50$ de hauteur en dehors de terre. Dans certains endroits, pour la traverse des voies très larges, il faut donner plus de hauteur aux poteaux, on les fait souvent alors en tubes métalliques télescopiques ou en treillis en acier.

Dans certains cas, on a dû espacer les supports, pour ne pas soumettre le conducteur à des efforts trop considérables, on les fait supporter par un câble en acier, placé à une petite distance au-dessus de lui, et auquel il est relié de mètre en mètre. C'est le câble-support qui est fixé aux isolateurs.

En Amérique, où il y a de nombreux fils de télégraphe, de téléphone, d'éclairage, coupant et recoupant les voies publiques, on a été conduit à placer au-dessus des conducteurs, au-dessous des points où se trouvent ces fils étrangers, un fil ordinaire qui empêche les fils à basse tension de toucher, lorsqu'ils tombent, au conducteur à haute tension.

Ces ruptures sont assez fréquentes en hiver quand les fils se couvrent de glace.

175. — *Tramways électriques système Walker.* — Ce système, construit par la Compagnie Walker de Cleveland, est très perfectionné, aussi a-t-il reçu de nombreuses applications en Amérique et commence-t-il à se répandre en Europe et en France ; nous lui consacrerons donc une description.

Commençons par la description des dynamos génératrices de courant : elles ont été l'objet de perfectionnements successifs tous réunis dans deux génératrices de 800 kilowatts chacune, c'est-à-dire d'une puissance de plus de mille chevaux-vapeur, alimentant, à l'heure actuelle, le réseau de la « Détroit Railway Company », à Détroit (Michigan).

Les pôles de ces machines étant au nombre de douze, on comprend aisément que le diamètre total résultant de l'inducteur soit énorme. Pour ce diamètre ($4^{m},25$), des dispositions spéciales ont dû être prises: les pôles sont en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fer doux; ils sont feuilletés et encastrés dans la couronne au moment de la fusion. C'est dire que cette couronne est en fonte de fer. La perméabilité magnétique n'est pas, de ce fait, diminuée ; en effet, pour assurer la rigidité

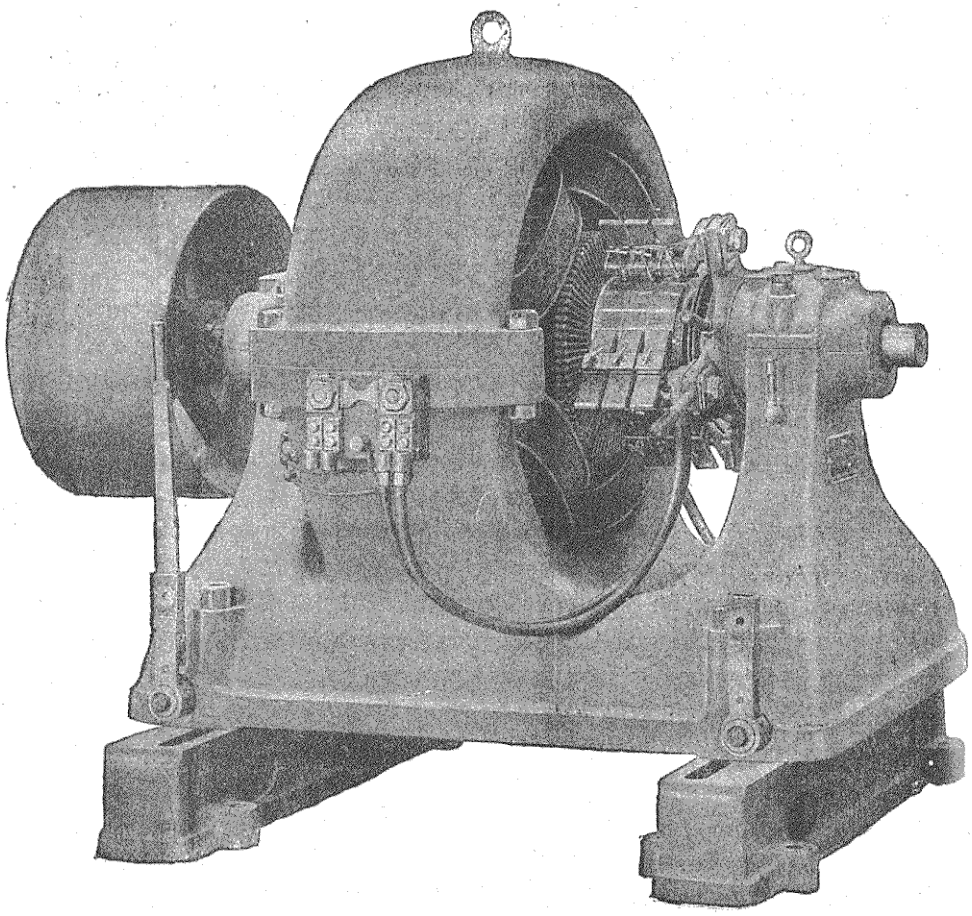


Fig 128. — Dynamo génératrice pour tramways système Walker.

d'une couronne d'un aussi grand diamètre, on a dû en exagérer la section. Les épanouissements polaires sont en acier fondu ; appliqués contre les pôles, ils servent en même temps à retenir les bobines inductrices. De chaque côté de l'inducteur sont fondus les patins supportant la machine; ceux-ci reposent sur des glissières horizontales, sur lesquelles l'inducteur peut être déplacé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

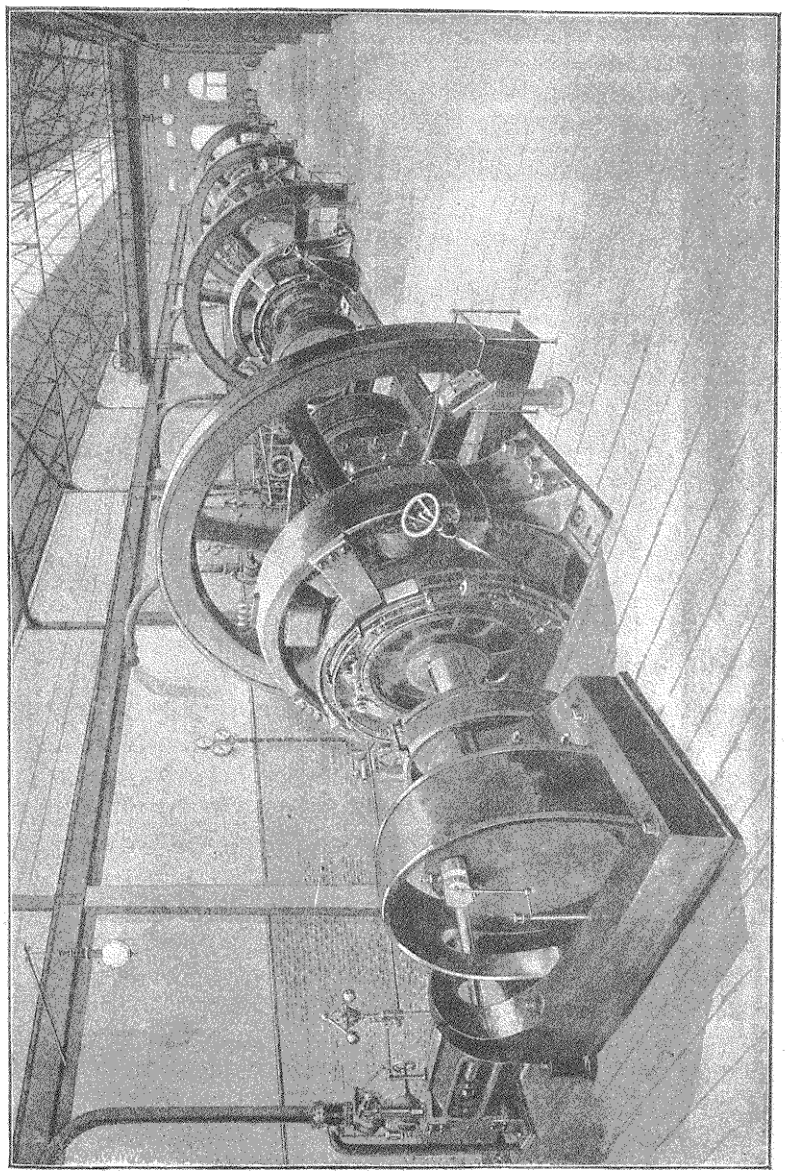


Fig. 129. — Salle des machines dans une usine de force motrice pour tramways système Walker.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

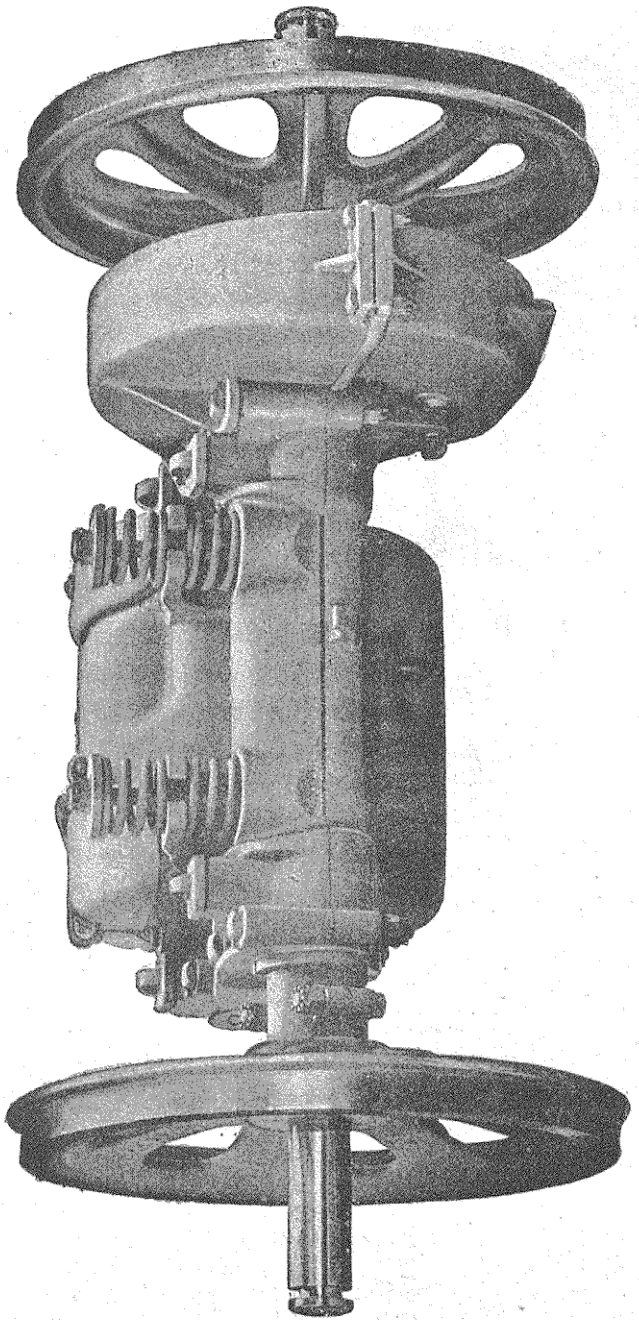


Fig. 130. — Moteur de voiture de tramways, système Walker, employé sur la ligne Romainville-Place de la République, à Paris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(dans un sens parallèle à l'axe), de façon à pouvoir dégager complètement l'induit, en cas de visite ou de réparation.

Le diamètre de l'induit est de $3^m,30$; sa longueur, suivant l'axe, de 94 centimètres, collecteur non compris. La longueur totale occupée sur l'arbre, en y comprenant le collecteur, est de $1^m,14$. Les tôles du noyau sont coupées par segments et fixées sur le croisillon par des entailles en queue d'hironde. Dans le sens longitudinal, elles sont serrées entre deux anneaux réunis par des boulons qui passent près de la surface intérieure. On a, en outre, mis à profit ces anneaux pour supporter la partie de l'enroulement qui sort à l'extérieur de la denture. Le croisillon du collecteur est monté sur le prolongement de la douille de l'induit. Pour assurer la ventilation de celui-ci, les tôles ont été divisées en un certain nombre de paquets, laissant entre eux des intervalles de 12 millimètres environ.

Enfin, pour terminer la description de l'induit, disons que l'enroulement de l'armature est formé de bandes de cuivre méplat ; elles sont pliées à la forme avant la mise en place dans la denture, et il n'y a de soudures que du côté du collecteur.

Pour ce dernier appareil, qui constitue, on le sait, un organe très important dans les dynamos, toutes les bonnes dispositions consacrées par la pratique ont été adoptées ; les lames sont retenues sur la surface cylindrique du croisillon par deux bagues réunies par des boulons. Quant aux lames qui amènent le courant à celles du collecteur, elles sont longues et flexibles ; elles sont rivées et soudées à leurs attaches. Le diamètre du collecteur est de $2^m,14$; sa largeur, de 28 centimètres ; aussi cette largeur permet-elle de marcher à très faible densité de courant aux balais de charbon : cette densité est de 5 ampères par centimètre carré.

Nous devons une mention spéciale aux porte-balais : ils sont disposés de telle façon que les charbons sont fortement serrés et le courant amené à la broche sans passer par des contacts glissants. Le déplacement du porte-balai est parallèle, de façon que, si le collecteur n'est pas exactement centré, le balai appuie toujours de la même manière.

Au point de vue électrique, proprement dit, les génératrices de tramways, très souvent mises en parallèle, doivent présenter des caractéristiques très

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voisines l'une de l'autre permettant à la charge totale de se répartir toujours entre ces machines proportionnellement à leurs puissances. Le calage des balais peut rester fixe jusqu'à 50 0/0 de surcharge sans que le régime des étincelles aux balais soit anormal. Le fait suivant montre jusqu'à quel point

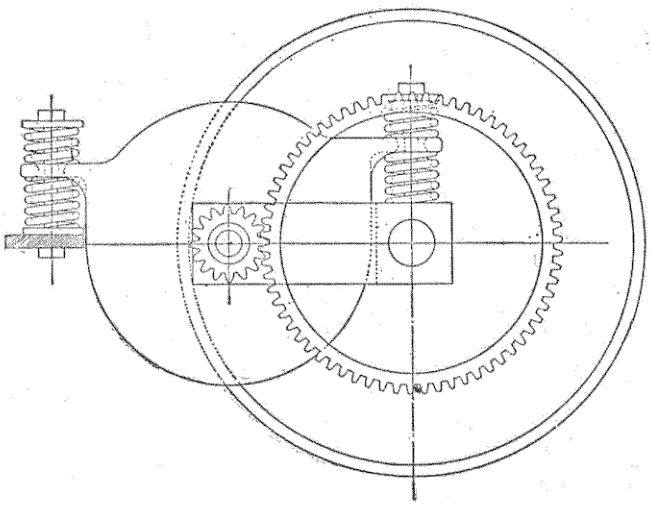


Fig. 131. — Connexion et suspension du moteur dans les tramways système Walker

ce desideratum a été réalisé : à la station de Détroit, au moment où il y avait deux machines de 400 et une de 800 kilowatts, il fut nécessaire, un jour, d'arrêter cette dernière pendant un court intervalle de temps ; la charge totale fut donc mise sur les deux génératrices de 400 qui supportèrent ce courant double de l'intensité normale sans qu'il fût nécessaire de changer le calage des balais. A peine vit-on quelques légères étincelles accuser, par leur présence, ce fonctionnement anormal.

Nous allons maintenant décrire les moteurs de voitures qui se font en cinq types d'une puissance de 25, 30, 50 et 125 chevaux ; l'induit est du type *tambour denté*, le seul que la pratique ait démontré assez fort et assez résistant pour la marche des tramways ; il est pourvu de bobines interchangeables enroulées à la machine et fixées au collecteur de façon à ce que le courant ait deux directions, permettant ainsi l'usage de deux balais seulement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

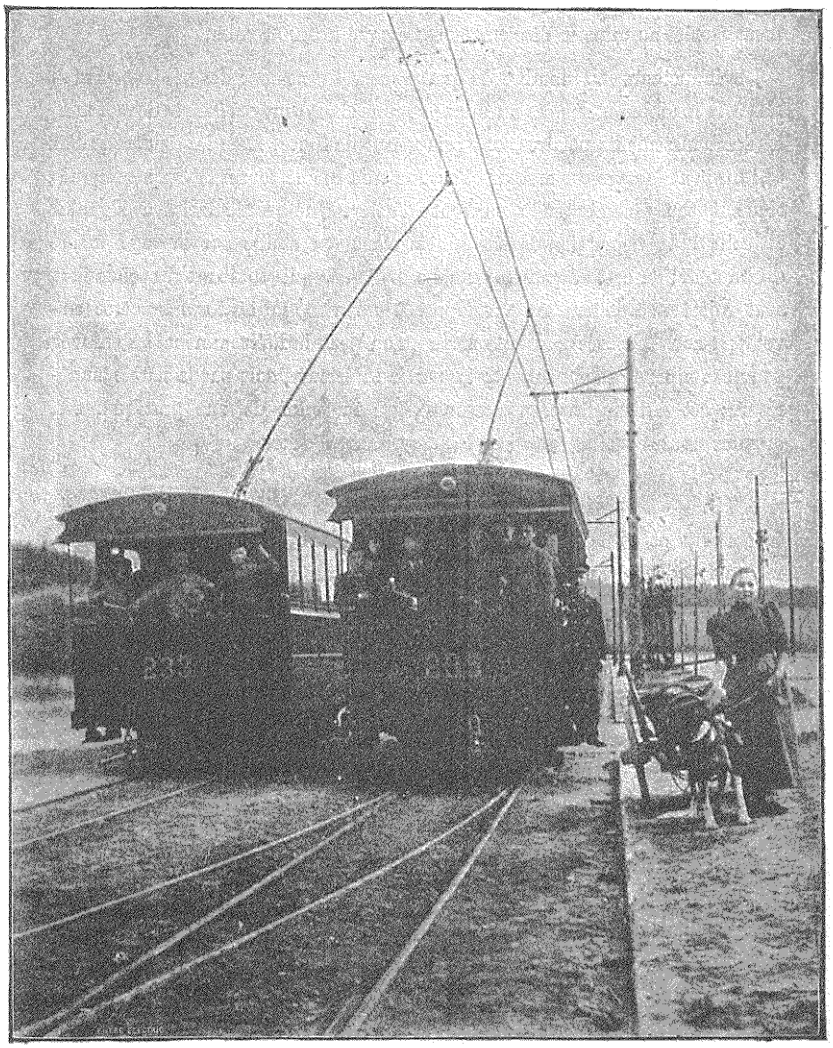


Fig. 132. — Tramways à trolley, ligne de Terueven,
installés par la Compagnie générale de traction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même avec l'emploi de quatre pôles inducteurs. Les bobines sont entièrement isolées au mica et l'isolement est essayé à 5.000 volts.

Les inducteurs, au nombre de quatre, sont formés par des bobines enroulées à la machine et isolées au mica ; comme dans tous ces genres de moteurs, les épanouissements polaires sont pris venus de fonte, avec les deux coquilles qui forment la cage du moteur et assurent en même temps le circuit magnétique, le tout, bien entendu, en fonte d'acier. Une particularité à signaler est celle de la disposition des coussinets placés en saillie sur la cage même du moteur; de cette façon la graisse et l'huile qui tombent du coussinet sont rejetées en dehors de l'enveloppe. Les deux coquilles formant cette enveloppe sont disposées de telle sorte qu'on peut indifféremment les enlever pour examiner l'induit, soit par la partie inférieure, soit par la partie supérieure; cette disposition, très avantageuse au point de vue pratique, est, croyons-nous, absolument spéciale au système Walker.

176. — *Exploitation des tramways à fil aérien.* — Un point très intéressant et qu'il est indispensable de connaître pour établir une comparaison avec les autres procédés de traction mécanique, réside dans les frais nécessités pour l'établissement des lignes à conducteur aérien et l'entretien de la force. Nous donnerons ici les chiffres relevés par la commission d'étude des divers systèmes de traction électrique et publiés dans son rapport de 1895 (1).

177. — *Frais de premier établissement.* — En Europe, on compte environ :

Usine . . .	10 à 12.000 francs par voiture en service.
Ligne aérienne.	30.000 fr. par kilomètre, avec poteaux en fer et feeders.
Matériel. . .	40.000 fr. par voiture en service.

Le tramway électrique de Marseille, dont la ligne mesure 6.120 mètres entre le cours Belzunce et Saint-Louis, a coûté 1 million 445000 francs, soit 235.000 francs le kilomètre de voie, et 8.000 francs par voiture automotrice.

1. *Association amicale des Ingénieurs-électriciens*, rapport de M. Laffargue, publié dans le numéro 4 de l'année 1895, du compte rendu des travaux de la Société.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

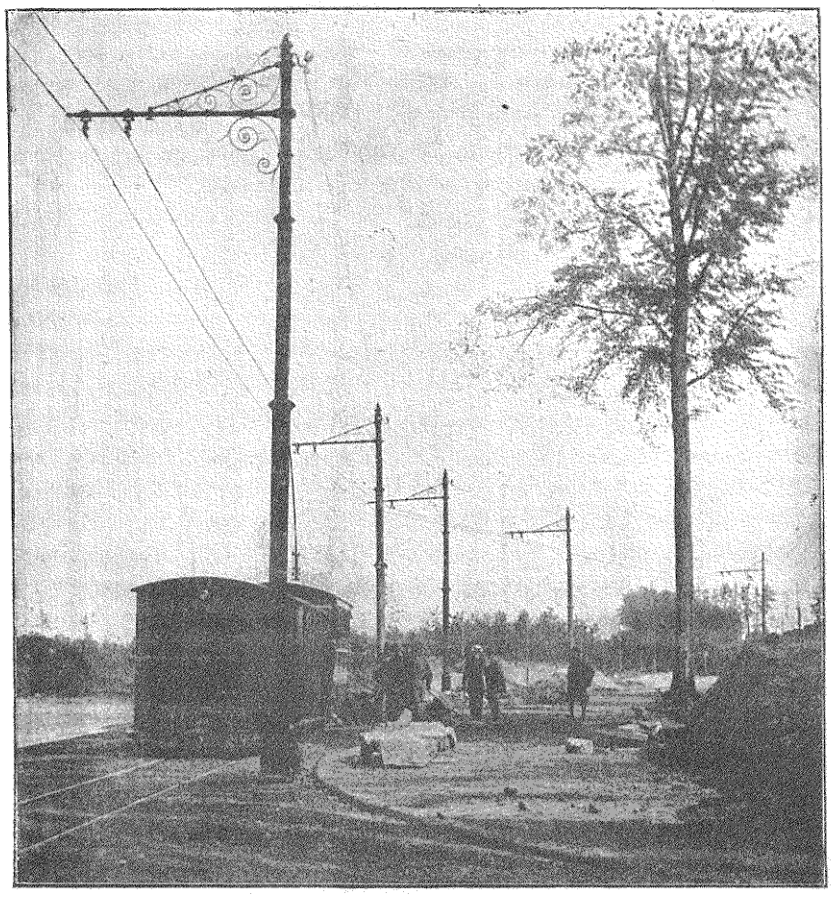


Fig. 133. — La ligne à trolley de Teruveren vue en alignement droit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

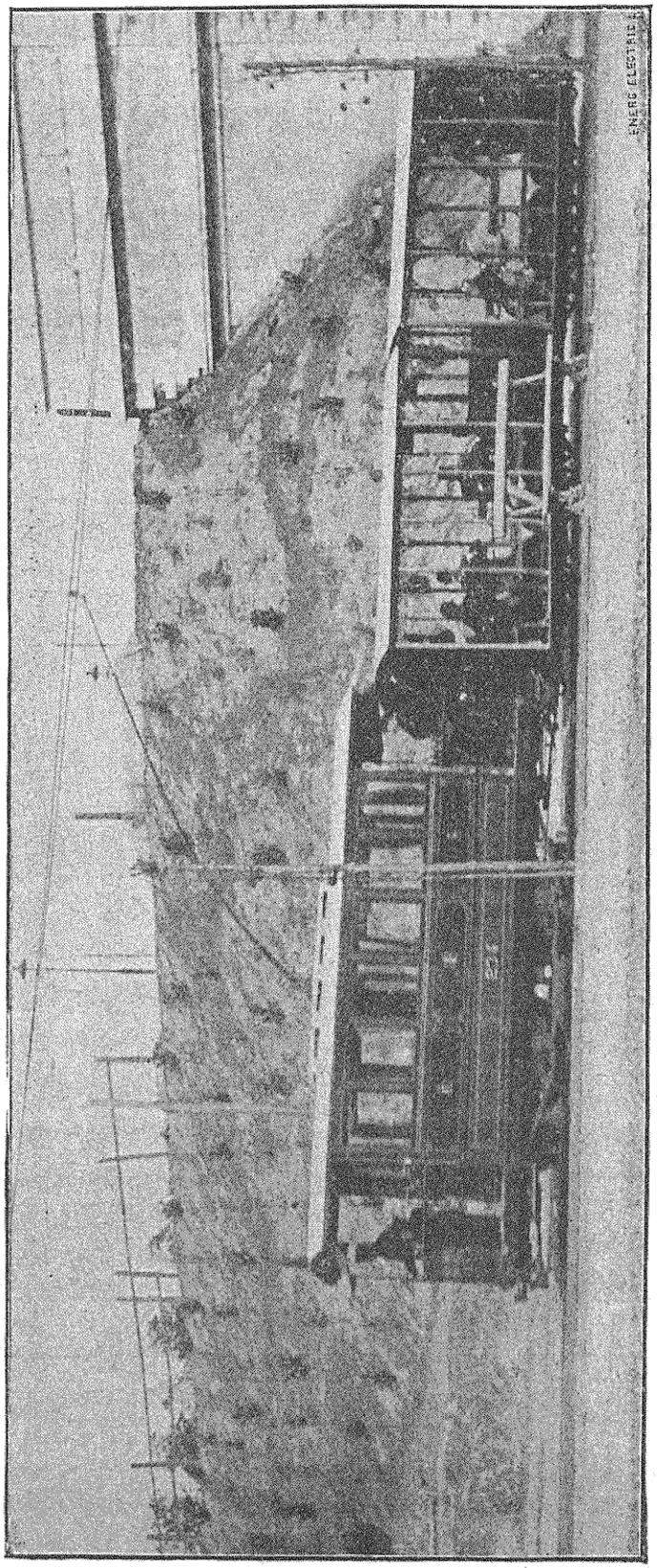


Fig. 134. — Voiture automotrice Walker remorquant une autre voiture de tramway.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1894, en Amérique, on admettait comme prix de premier établissement d'une ligne :

Ligne par kilomètre.	24.000 francs.
Retour par les rails	1.500 —
Poteaux en fer.	19.000 —
Voitures motrices, chacune.	18 000 —
Usine, chaudières et moteurs, par cheval indiqué.	250 à 500 francs.
Bâtiments, par cheval indiqué.	80 à 200 —

Pour desservir par tramways électriques à canalisations aériennes une ligne de 9 kilomètres 6 de longueur à Philadelphie, à l'aide de 60 voitures en service se succédant à 2 minutes d'intervalle, M. Haupt a prévu les dépenses suivantes :

Prix d'établissement :

Salle des machines, hangars, machines, chaudières, dynamos :

Machines à vapeur pour 600 chevaux . . .	1.066 000 francs.
Établissement de la voie (rails, canalisations).	1 792.315 —
Voitures (trucks, moteurs).	1.365.000 —
Divers.	208.000 —
Total. . .	3.431.315 francs.

Soit, par kilomètre, 461.595 francs.

En établissant les prix de revient dans les mêmes conditions, le même auteur, M. Haupt, a trouvé :

Prix d'exploitation :

DÉPENSES PAR JOURNÉE DE 16 HEURES

Charbon, eau, graisse	244fr,00	
Salaires	1.586 ,00	1.975fr,60
Dépenses pour machines	62 ,40	
Dépenses pour service de la voie. .	83 ,20	

Réparations

Machines, lignes.	135fr,20	
Voitures et moteurs.	728 ,00	
Voie et constructions	416 ,00	1.825fr,20
Divers.	442 ,00	
Accidents.	104 ,00	
Amortissement de l'installation.		405fr,60
Total. . . .		4.206fr,40

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Soit par voiture-kilomètre.	0fr,456
Intérêts à 6 % du capital d'installation par voiture-kilomètre	0 ,077
Total. . . .	0fr,533

D'après M. de Marchena, les frais de premier établissement d'un réseau de tramway électrique à conducteur aérien sont :

Ligne aérienne . 20 à 30.000 francs le kilomètre de voie.
Matériel fixe et roulant : 36 à 40.000 francs par voiture en service.

Chaque voiture peut faire, en 15 heures de travail, un service actif journalier, de 140 à 160 kilomètres, selon les conditions de vitesse imposées ou autorisées.

Il peut être intéressant de tout rapporter à la même unité : soit au kilomètre de voie, soit au nombre de voitures en service. Il faut alors faire une hypothèse sur l'activité du trafic. En supposant successivement que le nombre de voitures en service par kilomètre de voie soit 1, 2 et 3, nous avons trouvé les résultats moyens contenus dans le tableau ci-joint :

PAR VOITURE EN SERVICE :

DÉSIGNATION	Matériel fixe et roulant	FRAIS DE LA LIGNE			TOTAUX		
		1 voiture par kilom.	2 voitures par kilom.	3 voitures par kilom.	1 voiture par kilom.	2 voitures par kilom.	3 voitures par kilom.
Ligne aérienne. . .	38.000	25000	12500	8300	63000	50500	46300
Ligne souterraine.	38.080	100000	50000	33000	138000	88000	71000

Ce tableau montre que l'influence de la ligne diminue au fur et à mesure que le trafic augmente, ce qui permet de faire pour cette ligne des sacrifices plus grands.

A l'appui de ces chiffres, nous donnons ci-après les dépenses de premier établissement du tramway électrique de Marseille, ayant une longueur de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6.120 mètres entre le cours Belzunce et Saint-Louis, et dont l'installation électrique a été faite par MM. Sautter et Harlé.

Voie	360.000 francs
Etablissement de la ligne	180 000 —
Dépenses nécessitées par le téléphone	70.000 —
Bâtiments d'usine	85.000 —
Moteurs, Chaudières et Dynamos	195.000 —
18 voitures entièrement équipées	364.000 —
Remises et voies de service	46.000 —
Bâtiments d'administration et frais généraux	145.000 —
Total	1.445.000 francs.

Soit environ 235.000 francs le kilomètre et 80.000 francs par voiture automotrice.

L'installation à Bruxelles de la ligne allant de la place Rouppe à la petite Espinette, sur une longueur de 9.900 mètres dont 2.200 à double voie, a nécessité les frais suivants :

1° Achat de 12 voitures automotrices de 35 places	264.000 francs
2° Installations électriques fixes pour la traction	424.000 —
Total	688.000 francs.

Soit environ 70.000 francs par kilomètre de voie et 68.800 francs par voiture automotrice en service, en comptant 10 voitures mises à la fois en service sur les 12.

On prévoit, en général, un quart de voitures en plus que le nombre strictement nécessaire au service, pour les réserves et les réparations, ce qui porte les frais d'équipement électrique des voitures à 18 ou 20.000 francs par voiture en service de 50 places.

178. — *Frais d'entretien et d'exploitation.* — Les prix de revient par voiture-kilomètre ont été les suivants dans plusieurs pays pour des voitures de 40 places, en comprenant seulement les frais de traction proprement dits.

France	Marseille	0fr,26 à 0fr,28
	Le Havre	
	Clermont-Ferrand	0 ,185
Angleterre	Guernesey	0 ,386
	Besbrook-Newry	0 ,41
	Liverpool	0 ,286
	South-Staffordshire	0 ,2575 à 0, 294

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Allemagne	Halle	0 ,163
	Francfort	0 ,247 à 0 ,286
	Lichterfelde (près Berlin)	0 ,295
	Bremen	0 ,1012
	Remscheid	0 ,174
	Hambürg	0 ,948
	Erfurt	0 ,885
	Gotha	0 ,1326
Suisse	Murren	0 ,248
	Genève (petit Saconnex-Champel)	0 ,21
Autriche-Hongrie	Budapest (aérien)	0 ,27
	Mœdling-Vienne	0 ,172
Belgique	Bruxelles	0 ,1158
États-Unis	Pittsburg	0 ,831
	Chicago	0 ,423
	Rochester	0 ,344
	Marseille	0 ,415

Il aurait été intéressant de connaître en regard le prix de vente des voitures-kilomètres. A défaut de ce facteur, nous connaissons les dépenses en pour cent des recettes. Les dépenses, par exemple, ont varié pour les villes que nous avons citées entre 48, 62, et 71 % des recettes totales.

Dans un rapport récent à la Société Electrotechnique de Cologne, M. G. Kapp, secrétaire général de la Société des Electriciens allemands, a cité quelques chiffres intéressants. Il a d'abord établi une comparaison entre les villes de Boston et de Londres. La première exploite la traction électrique sur 430 kilomètres et la seconde sur 400 kilomètres. On a compté respectivement dans ces deux villes 30.000.000 et 35.000.000 voitures-kilomètres, soit 70.000 voitures-kilomètres par kilomètre de voie pour Boston et 87.500 pour Londres. La comparaison suivante a pu être établie pour ces deux villes :

	Londres	Boston
Dépenses totales d'exploitation en 1893.	22.250.000 fr.	23.000.000 fr.
Recettes totales	27.875.000	33.625.000
Dépenses en % des recettes	82,7	68
Capital fourni	88.750.000	111.250.000
Dividende	33 %	9 %

La consommation d'énergie électrique par kilomètre-voiture, au Havre, a varié de 0,704 à 0,805 kilowatt-heure pour le mois de novembre 1894, et de 0,707 à 0,816 pour le mois de décembre 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans un intéressant article de notre confrère G. Pellissier nous trouvons aussi quelques renseignements généraux intéressants sur les résultats d'exploitation de la *West end street Railway Company*, et de la *Line and Boston street railway C°*. Voici les chiffres donnés sur ces deux Compagnies :

	1895	1896
Nombre de voyages aller et retour effectués. .	2.303.432	2.319 377
Nombre de milles parcourus (traction animale).	4.448.962	2.445.525
— (traction électrique)	14.220.847	16.794.961
— au total. . . .	18.669.809	19 240.406
Nombre de voyageurs payants transportés . .	133.863.618	137.028.486
Voyageurs, traction animale, recette en francs.	6.506.707	3.310.625
— traction électrique, — .	26 567.330	33 060 930
Recette totale en francs. . .	33.083.037	33.671.555

	1895	1896
Recette moyenne par voyageur en francs	0,247	0,245
Recette par voiture-mille, traction animale, en francs. .	1,460	1,335
Recette par voiture-mille, traction électrique, en francs .	1,870	1,810
Recette par voiture-mille, moyenne en francs	2,2185	1,2495

Les résultats d'exploitation de la ligne Boston Railroad Company ont été les suivants :

	1891	1894
Longueur du réseau en kilomètres	100	238
Recettes brutes en francs.	2.959.518	6.182.865
Dépenses en francs.	2.424.737	3.731.350
Bénéfices en francs.	534.781	2.451.350
Recettes par kilomètre en francs	29,72	26,26
Dépenses — —	24,35	16,23
Bénéfices nets — —	5.750,50	10.962,50
Kilomètres parcourus	3.087.237	7.244.904
Recettes par voiture-kilomètre, en francs . .	0,958	0,854
Dépenses — — . .	0,785	0,515
Bénéfice net — — . .	0,173	0,338

179. — *Avantages et inconvénients de la traction électrique par fil aérien.* — La rapide faveur qui a accueilli l'apparition de la traction électrique des tramways, est évidemment méritée par les efforts intelligents des puissantes compagnies d'électricité qui ont monopolisé et lancé ce système, et par les avantages de ce mode de traction, cher de premier établisse-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment, mais souple, rapide et agréable, infiniment supérieur à tous les points de vue à la traction animale, qu'il est, en général, appelé à remplacer.

Ce système se prête admirablement à la circulation à l'intérieur des villes de voitures automobiles de toutes dimensions ; il possède une élasticité assez grande pour desservir presque toutes les rampes que les conditions d'adhérence permettraient d'aborder, c'est-à-dire jusqu'à 10 et 11 % pour les automobiles à deux moteurs.

Il est également très facile à ces automobiles de remorquer des voitures ordinaires quand l'intensité du trafic et les besoins du moment peuvent le demander.

Le parcours journalier, à égales conditions de vitesse maximum, est plus considérable qu'avec tous les autres systèmes, ce qui permet d'obtenir une très bonne utilisation du matériel et du personnel.

Enfin le prix de revient de la traction est faible ; on peut même dire que, dans beaucoup de cas, ce système paraît être le plus économique, surtout quand la puissance motrice est empruntée à une chute d'eau ou quand la même usine fournit la lumière et le courant nécessaire à la traction.

Mais ces avantages incontestables ne sont pas sans être balancés par quelques graves inconvénients dont la pratique n'a pu encore déterminer l'importance exacte, et qui ne laissent pas que d'être particulièrement embarrassant à l'intérieur des villes.

En premier lieu, l'aspect des réseaux de fils aériens est peu agréable à l'œil et n'en fera que bien difficilement admettre l'emploi dans la plupart des grandes villes soucieuses de leur esthétique. On peut éviter cet inconvénient par l'adoption de lignes souterraines ; mais alors les frais de premier établissement augmentent démesurément et la traction électrique n'a vraiment plus de raisons d'être plausibles. De plus, le bon isolement devient beaucoup plus difficile à obtenir et il faut renoncer aux tensions de 500 volts pour réduire le voltage à 250 ou 300 volts au plus. L'installation de Budapest, n'a donné de bons résultats qu'à cette condition. Il y a lieu de remarquer que la compagnie exploitante, perdant, à la fin de la concession, la propriété de tous les travaux effectués sur la voie publique, a intérêt à restreindre dans la mesure du possible cette catégorie de dépenses. Les autres inconvénients proviennent, pour la plupart, des actions électriques des courants circulant dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les conducteurs du réseau. La tension généralement employée est de 5 à 600 volts. Cette tension est déjà élevée et nécessite des isolants beaucoup plus efficaces que ceux employés dans les installations de lumière. Leur action, mortelle pour les chevaux, ne paraît pas l'être pour les personnes humaines bien constituées ; toutefois, on cite quelques accidents suivis de mort sans qu'on ait jamais pu déterminer, d'une manière précise si la mort était due ou non à l'action du courant. Rien n'est d'ailleurs plus variable et plus capricieux que l'action physiologique des courants à haute tension, et il est bien difficile de préciser la limite à laquelle ils perdent leur caractère meurtrier, cette limite dépendant beaucoup de l'organisme des individus, comme certains exemples d'électrocution l'ont trop bien montré.

De toute façon, il y a évidemment quelque inconvénient à disposer à quelques mètres au-dessus de la voie publique des réseaux de fils dont le contact ou seulement le mauvais isolement peut amener de fâcheux résultats pour la sécurité des passants ; on doit, toutefois, ajouter que l'isolement des lignes aériennes se maintient remarquablement bien.

Les perturbations causées par le passage du courant, dans les lignes téléphoniques voisines, constituent encore un troisième et sérieux inconvénient, car l'induction produite par ces courants très intenses sur les courants téléphoniques, suscite des bruits insupportables dans les récepteurs et rend les communications auditives totalement impossibles. Le seul remède à un tel état de choses consiste à éloigner autant que faire se peut les inducteurs servant au transport de la force, des fils téléphoniques, et de doubler ces derniers, ce qui entraîne malheureusement à de très grandes dépenses. Enfin, en dernier lieu, il faut signaler les dommages causés, comme nous l'avons dit plus haut, par les électrolyses dans le sol par suite des retours de courant par les rails. En Amérique surtout, on n'a installé qu'un seul conducteur aérien et le retour a été mis en communication avec les rails. Il en est résulté de tous côtés des dérivations de courant qui ont causé partout des actions électrolytiques désastreuses. On a essayé de remédier à cet état de choses en soudant électriquement bout à bout, les divres tronçons des rails, et en laissant juste la place nécessaire à la dilatation. Dernièrement encore on a eu recours au soudage par coulage sur place. Une triste expérience a montré aux Amé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ricains tous les inconvénients des retours par la terre des circuits des tramways électriques.

Ce n'est peut-être pas cependant aujourd'hui l'avis de tous les électriciens, car dernièrement, dans la *Revue technique*, M. G. Roux, qui a particulièrement étudié la traction aérienne, écrivait que les troubles produits par l'électrolyse avaient été beaucoup exagérés ; que ces troubles étaient dus à un trafic considérable sur des lignes dont l'installation première était absolument défectueuse ; que les différents systèmes essayés pour enrayer et annihiler le mal avaient déjà donné d'excellents résultats, que ces moyens étaient peu coûteux et que l'expérience acquise permettait d'installer les nouvelles lignes sans aucun danger.

L'expérience a montré que de très faibles différences de potentiel, des fractions de volt même, suffisaient à déterminer des attaques très énergiques : on a parfois relevé des différences de potentiel de plusieurs volts entre les tuyaux et les rails.

Le bureau des concessionnaires des voies souterraines de Brooklyn a présenté dernièrement au maire de cette ville un rapport qui jette une assez vive lumière sur ces curieux effets de corrosion : des faits analogues ont été observés dans beaucoup d'autres villes où la traction électrique a été installée : Cambridge, Indianapolis, Milwaukee, Boston, etc.

M. Fornham, ingénieur de la « New England Telephone Company », a fait des expériences très complètes et très intéressantes à Boston, desquelles il a pu tirer les conclusions suivantes que l'on trouvera assez inquiétantes.

1° Tous les tramways à trolley unique donnent lieu à une action électrolytique et, par conséquent, à une attaque des tuyaux et câbles dans leur voisinage immédiat ;

2° Une fraction de volt de différence entre les tuyaux et la terre humide qui les entoure suffit pour occasionner l'attaque ;

3° L'assemblage électrique des rails et l'établissement d'un conducteur de retour à forte section sont des moyens insuffisants pour conjurer le danger ;

4° Il est, de même, inutile et coûteux de munir les tuyaux à protéger de grandes plaques de terre, car la surface d'attaque est trop considérable ;

5° Un isolement, même soigné, des câbles et tuyaux au moyen de brai ne les préserve en rien des actions électrolytiques ; il n'est pas plus utile de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chercher à interrompre leur continuité électrique au moyen des joints mauvais conducteurs ;

6° Il est préférable de relier le pôle positif de la dynamo au fil de trolley. Le sens du courant ainsi déterminé est moins préjudiciable à la bonne conservation des tuyaux ;

7° Le procédé qui a donné les meilleurs résultats consiste à relier l'autre pôle de la dynamo à un fort conducteur, relié tous les 30 mètres aux rails et aux tuyaux menacés. Il est bon d'employer un conducteur séparé pour chaque groupe de tuyaux à protéger. Mais il n'est pas du tout suffisant d'établir une simple liaison à l'usine entre ces tuyaux et la dynamo ;

8° Enfin, les jonctions entre les tuyaux et les rails doivent être l'objet d'une surveillance active, et des mesures électriques fréquentes doivent être prises pour s'assurer de l'équilibre de potentiel entre les tuyaux à propager et les corps métalliques environnants (1).

1. De Marchena, *op. cit.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VII

TRAMWAYS ÉLECTRIQUES A FIL SOUTERRAIN

180. — *Raison d'être des canalisations souterraines.* — Les inconvénients que nous avons énumérés dans les pages précédentes et que l'on peut reprocher au système de la distribution de la puissance motrice par lignes aériennes, aux voitures en circulation ont incité les inventeurs à chercher le moyen de remplacer ces fils accrochés à des poteaux disgracieux, par un autre procédé supprimant ces divers défauts. De même que pour l'éclairage électrique, où les artères de distribution, d'abord posées sur des supports en plein air, ont été remplacées partout par des câbles très bien isolés et enfouis dans le sol, la transmission de l'énergie aux tramways tend à se faire par canalisations souterraines. Mais, pour cette application, les difficultés sont très considérables, et il faut reconnaître que, malgré de nombreuses tentatives faites, tant en Europe qu'en Amérique dans le cours de ces dernières années on n'a pas encore de solution satisfaisante de ce problème, à part peut-être les procédés Vuilleumier et Diatto, qui paraissent assez bien combinés.

Citons cependant, parmi les électriciens et ingénieurs qui ont travaillé à la question et l'ont fait progresser, MM. Holroyd Smith, Siemens et Halske, Love, Jenkins, Griffin, Munsie-Coles, Johnson Electric railway, Robert Pell de Baltimore, Universel électric C^{e}, Schefbauer de Paterson, Van Depoele, Magnetic surface contact system, Hœrde, etc. Nous ne pouvons étudier en détail les procédés préconisés par ces divers savants de tous pays, cependant nous donnerons la description de ceux qui ont reçu la sanction de la pratique,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et qui sont d'ailleurs fort peu nombreux jusqu'à présent. Ainsi il n'existe encore, en 1897, que six réseaux de tramways à trolley souterrain, qui sont : le réseau de Blackpool (Angleterre), établi en 1885, le réseau de Budapest installé par Siemens et Halske en 1887, les lignes de Clermont-Ferrand et de la place de la République à Romainville, montées d'après le système Claret et Vuilleumier, enfin les lignes de Love et de Hœrde.

181. — *Tramways de Blackpool, système Holroyd Smith.* — Pendant sept années, de 1885 à 1892, cette ligne a été exploitée par une compagnie particulière mais depuis lors son entretien est surveillé par la municipalité. La première installation a été faite avec le caniveau destiné à recevoir les conducteurs électriques entre les rails ; aujourd'hui, l'inventeur dispose ce

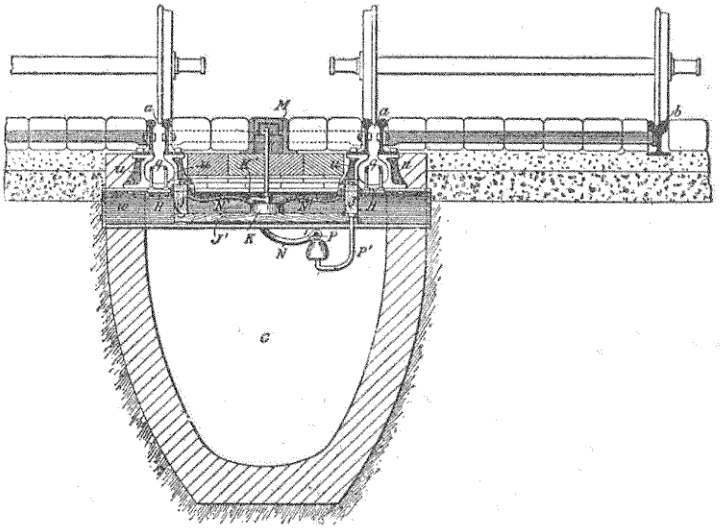


Fig. 135. — Coupe du caniveau, système Holroyd-Smith.

caniveau au-dessous de l'un de ces rails. Le rail repose sur une série de supports métalliques qui portent également le caniveau en tôle. Dans ce caniveau sont des traverses en bois sur lesquelles sont fixés de distance en distance (tous les 20 mètres environ) des isolateurs en porcelaine qui maintiennent le câble. Toute la partie inférieure du caniveau peut recevoir les eaux de pluie sans qu'il en résulte aucun dommage pour les conducteurs. Aux points

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bas de la canalisation se trouvent des poches de vidange. Un autre système de caniveau a été imaginé pour les rues très fréquentées à double voie, avec un grand égout central pour le passage d'un homme.

Des dispositions particulières, sur lesquelles nous ne pouvons insister ici, ont également été prises pour les croisements et aiguillages. Nous verrons plus loin les résultats de l'exploitation, mais qu'il nous soit permis de dire, en résumé, que ce système, le premier établi, a fonctionné avec plein succès depuis douze ans. C'est une preuve convaincante de sa valeur.

182. — *Tramways de Budapest*, construits par Siemens et Halske. — Le canal souterrain est formé d'un canal en béton à section ovoïde, avec une ouverture à sa partie supérieure, à l'endroit où les rails reposent sur le canal. Ce canal, de $0^m,28$ de largeur sur $0^m,33$ de hauteur, est constitué par des châssis en fonte formant l'ossature. Sur ces châssis sont fixés les isolateurs en porcelaine supportant les conducteurs. De distance en distance, on a ménagé des regards pour l'évacuation des eaux à l'égout.

La communication entre la ligne et le moteur de la voiture est faite par des frotteurs portés par la voiture et traversant la fente du rail. Il y a, actuellement à Budapest quatre lignes exploitées avec ce système, avec une usine centrale au centre du réseau des lignes. Sous chaque voiture est placé le moteur, enfermé dans une boîte protectrice, et transmettant le mouvement à essieux par une chaîne Galle. L'installation comprend trois machines à vapeur de 100 chevaux actionnant trois dynamos à l'aide de courroies, et 4 machines à vapeur de 200 chevaux avec dynamos accouplées directement sur l'arbre. Une machine de 300 chevaux suffit pour la marche de 30 voitures. Nous verrons plus loin les résultats d'exploitation fournis par cette ligne.

Dans ce système, les rails, solidement entretoisés entre eux, sont assemblés aux cadres en fonte, lesquels sont distants de $1^m,20$ et reliés entre eux par une maçonnerie soigneusement exécutée et formant les parois du chenal. Les conducteurs sont composés de deux cornières supportées par les isolateurs ; le retour du courant par les rails n'a pas été toléré.

Le caniveau est nettoyé de toutes les matières au moyen d'hérissons mobiles qui repoussent la boue, les immondices et la poussière jusqu'en des points fixes munis de regards par lesquels se fait l'enlèvement de ces matières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En résumé, cette voie qui a coûté fort cher a très bien fonctionné jusqu'à présent et donné pleine satisfaction. Toutefois, l'exemple n'a pas encore été imité, et malgré les bons résultats fournis, aucune autre application de ce système n'a été répétée, sans doute par suite des trop grands frais d'établissement et le capital énorme nécessité par ce genre de construction.

En 1894, l'ingénieur en chef de la ville de Newcastle, consulté sur la valeur de ce système, disait que la rainure pratiquée dans le sol pour laisser passer le collecteur de courant, atteignait dans beaucoup d'endroits parfois 50 milli-

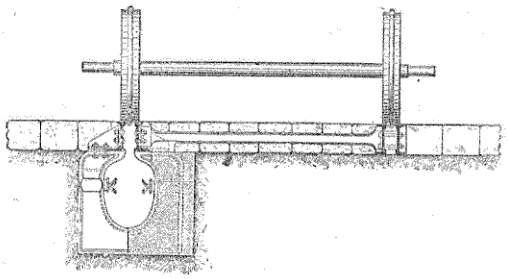


Fig. 136. — Coupe du caniveau des tramways de Budapest.

mètres et pas moins de 34 millimètres. Cette largeur serait la cause de graves accidents dans les rues ordinaires où les roues à bandage étroit tomberaient infailliblement dans l'ornière et causeraient un court-circuit arrêtant les tramways.

Tout le monde ne paraît pas partager entièrement l'opinion de l'ingénieur en chef de la ville de Newcastle, et M. Launay disait dernièrement que le conducteur souterrain, adopté par les tramways électriques de Budapest, paraît constituer une solution élégante et très heureuse du problème de la traction électrique des tramways dans les grandes villes.

183. — *Système Claret Vuilleumier.* — Nous arrivons à ce dispositif réellement original et qui a éveillé l'attention générale, lors de sa première application, à l'Exposition de Lyon de 1895. Les créateurs de ce procédé de transmission, frappés des multiples inconvénients du trolley courant sur des fils aériens, sont parvenus à donner une solution réellement pratique à ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

problème, et leurs tramways, qui fonctionnent également à Paris sur une ligne allant de la place de la République à Romainville, ont une marche très régulière, malgré l'inégalité du profil de la route.

Nous décrirons ici, avec quelques détails, l'installation faite à Lyon, d'après une communication de M. Vuilleumier à la Société des Electriciens.

La ligne, d'une longueur totale de 3.200 mètres, côtoie sur toute sa longueur les quais de la rive gauche du Rhône, elle est constituée en partie d'une voie simple, en partie d'une voie voie double, et part du dépôt, vaste construction pouvant servir de remise à 12 voitures automobiles, située près de l'Exposition et de l'usine centrale produisant la force motrice, qui est transmise ensuite, sous forme d'énergie électrique aux voitures en circulation.

Si, pour l'éclairage, la constance de la force électromotrice est capitale, elle peut, en matières de tramways électriques, subir impunément des variations de plus de 10 %. C'est ce qui a permis d'utiliser, un moteur très économique: le moteur à gaz pauvres. Dans le cas qui nous occupe, le moteur était du type *Simplex*, système Delamarre-Debouteville et Malandin, construits par la maison Matter de Rouen. Les gaz, produits par la décomposition de l'eau et une injection d'air sous la grille d'un gazogène de Buire-Lencauchez rempli d'anthracite porté à l'incandescence, renfermaient 55 % de parties inertes et leur pouvoir calorifique ne dépassait pas 1.500 calories. Mais il présentent le très grand avantage de coûter très bon marché à produire et la force motrice obtenue à l'aide des moteurs alimentés de ce mélange gazeux, soigneusement nettoyé et purifié à sa sortie du gazogène, revient à un prix inférieur à celui de la vapeur. Voici d'ailleurs qu'elle a été la consommation de combustible faite à Lyon avec le moteur *Simplex* de 100 chevaux de l'usine des tramways Claret-Vuilleumier :

PREMIER ESSAI.

Durée de la marche	10 heures
Tension moyenne	450 volts
Débit constant	135 ampères
Kilowatt-heures	607,500
Charbon total consommé	600 kilogrammes
— par kilowatt-heure	$0^{kg},9$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DEUXIÈME ESSAI.

Durée de la marche	10 heures
Tension moyenne	450 volts
Débit constant	75 ampères
Kilowatt-heures	307,5
Charbon total consommé	400 kilogrammes
— par kilowatt-heure	$1^{kg},18$

TROISIÈME ESSAI.

Durée de la marche	12 heures
Tension moyenne	475 volts
Débit moyen (10 voitures en service.)	82 ampères
Kilowatt-heures fournis	410,4
Charbon total consommé	650 kilogrammes
— par kilowatt-heure	$1^{kg},10$

QUATRIÈME ESSAI.

Durée de la marche	12 heures
Tension moyenne	475 volts
Débit moyen (5 voitures en service ; plus éclairage du dépôt.)	50 ampères
Kilowatt-heures fournis	285
Charbon total consommé	600 kilogrammes
— par kilowatt-heure	$2^{kg},10$

Dans les quatre essais ci-dessus, la consommation totale de charbon comprend :

a. Le charbon dépensé pendant la marche du moteur ;

b. Le charbon dépensé pendant l'arrêt du moteur, c'est-à-dire jusqu'à la mise en route du lendemain, soit environ 80 kilogrammes.

« La différence de consommation de charbon par kilowatt-heure produit, du reste très faible pour les premier et deuxième essais, s'explique par les 80 kilogrammes ci-dessus et le travail organique du moteur qui sont une dépense à peu près constante pour ces deux essais et qui, du moment où cette dépense est exprimée en kilogrammes par kilowatt-heure, donne un avantage en faveur du premier essai.

Le moteur à gaz pauvres tourne à 125 tours par minute et actionne directement par courroie une dynamo Thury type hexagonal de 500 volts à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

300 tours, et à excitation séparée au moyen d'une petite dynamo bipolaire de 78 volts 5 ampères, commandée soit par le même moteur soit par un moteur indépendant. Elle est munie d'un double enroulement : sur le fil fin, agit un régulateur de tension intercalant les résistances variables ; le gros fil est traversé par une partie de courant se rendant aux électromoteurs, fraction réglable une fois pour toute au moyen d'un shunt établi sur l'entrée et la sortie de cette bobine. Avec cette disposition, la tension de la dynamo principale est constante, malgré les variations du moteur.

Le tableau de distribution ne comprend, outre le régulateur automatique, que les appareils d'indication : voltmètres, ampèremètres. Absence de parafoudres, car l'installation ne comporte pas de lignes aériennes.

184. — *Transmission du courant aux électromoteurs.* — De la dynamo, le courant se rend, par conducteurs souterrains, à des distributeurs échelonnés sur le parcours de la voie et distancés les uns des autres d'environ 100 mètres. De ces derniers émergent, se bifurquant à droite et à gauche, une série de petits fils d'alimentation se reliant à une quantité correspondante d'éléments de contacts placés au milieu de la voie de roulage et isolés les uns des autres et des rails ordinaires par leur mode même de construction. La longueur approximative de ces contacts est de 2 mètres à 3 mètres ; ils sont séparés par des intervalles de même longueur. C'est sur cette succession d'éléments qui, par suite d'un mouvement automatique des distributeurs que nous décrivons plus loin, sont électrisés juste et seulement pendant le passage d'une voiture, que l'électromoteur prend son courant et ceci par l'intermédiaire de curseurs frottants ou roulants adaptés à la partie inférieure des véhicules. Ces curseurs sont au nombre de deux, reliés électriquement entre eux, disposés à l'avant et à l'arrière de la voiture de telle façon que celle-ci en se déplaçant, conserve toujours une communication avec le contact électrisé qui est celui recouvert par la voiture même. La voiture continuant sa marche, son curseur d'avant viendra toucher le contact suivant avant que le curseur d'arrière ait quitté le précédent. Or, comme ce contact est relié au distributeur par un fil, une minime partie du courant revient au distributeur, agit sur un électro-aimant de résistance électrique qui détermine immédiatement une communication directe entre le conducteur principal et ce nouveau contact.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A partir de ce moment, le courant ne passe plus dans le premier contact : c'est le nouveau seul qui est capable d'alimenter le moteur, et cela jusqu'à l'entrée en action du suivant.

Dans ce système, comme dans celui des prises de courant aériennes, l'électromoteur ne cesse pas d'être en communication avec la source d'électricité et ne prendque la quantité d'énergie nécessaire à la marche de la voiture, c'est-à-dire beaucoup, peu ou aucun courant, si on se trouve en rampe, en palier ou en pente. Le retour du courant à la dynamo se fait par les roues, les rails et la terre.

Voie. — La voie employée a un écartement de 10 mètres. Elle est du type Marsillon, avec rails et contre-rails de 1 mètre de longueur, mais le système peut s'adapter à toute autre voie existante. Le milieu de la voie est occupé par un ruban continu formé par des blocs d'environ 3 mètres de longueur sur $0^{m},20$ de largeur, constitués par des pavés agglomérés entre eux au moyen de bitume artificiel.

Les blocs sont de deux types : les uns sont formés exclusivement de pavés, les autres portent encastrée à leur partie supérieure et sur toute leur longueur une bande de fer (rail à patin renversé). C'est sur ces rails de contact, dont les patins affleurent la chaussée, que les frotteurs de la voiture viendront

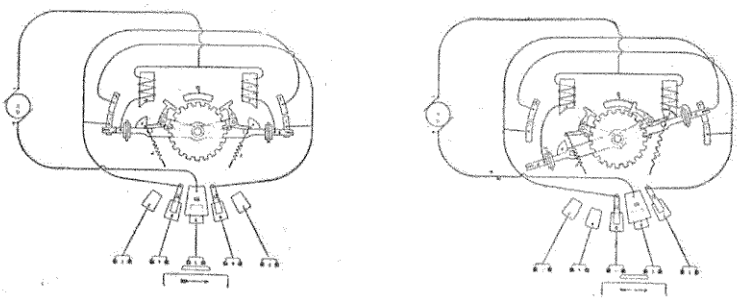


Fig. 137 et 138. — Distribution du courant aux électromoteurs.

recueillir le courant. Les pavés servant à former ce second type de blocs sont échancrés d'avance à la forme du rail, tout en conservant un certain jeu qui, lors du coulage, est rempli par le bitume artificiel. De cette façon, le rail est parfaitement isolé : des mesures d'isolement effectuées journellement, par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tous les temps, ont donné comme moyenne 3.000 ohms et, par les pluies les plus fortes et les plus persistantes, l'isolement n'est jamais descendu au-dessous de 800 ohms. La dépense de courant qui en résulte est par conséquent négligeable.

Au point de vue mécanique les blocs formés comme ci-dessus résistent, une fois en terre, d'une façon parfaite au roulage et au travail de dilatation.

Sur les côtés des blocs sont ménagées des rainures dans lesquelles seront placés les câbles destinés à l'alimentation des différents rails de contact. La pose s'effectue en même temps que celle de la voie, en plaçant alternativement un bloc de chaque type. Les fils conducteurs ont été au préalable soudés a chaque pièce de contact, il n'y a plus qu'à les étendre dans la rainure qui leur est destinée et à les relier au distributeur. Ces fils sont en cuivre et isolés au caoutchouc vulcanisé; ils offrent une section de 6 à 7 millimètres carrés : section plus que suffisante puisqu'ils ne sont parcourus par le courant que durant environ deux secondes, temps pendant lequel la voiture se trouve sur le contact correspondant. En admettant un régime maximum de courant de 30 ampères, l'échauffement ne serait que de

$$\Delta t = 2\left[0{,}0453\left(\frac{30}{7}\right)^2\right], \text{ soit : } 1°{,}66.$$

Dans les croisements, les rails de la ligne traversée sont, pour la partie comprise dans la voie électrique, remplacés par des rails spéciaux formés d'éléments de rails réunis entre eux et isolés électriquement les uns des autres par de la vulcanite, de façon à former un ensemble rigide.

Les rails ainsi obtenus ont le même aspect, le même profil, les mêmes qualités pour le roulage que les rails ordinaires. La pose s'en fait de même.

Citons encore le câble principal qui alimente tous les distributeurs et qui longe la voie sur toute sa longueur. Ce câble est enterré à une profondeur de $0^m,60$ et accuse un isolement kilométrique de 1.000 mégohms. Sa section est de 90 millimètres; il est muni d'une gaine de plomb et d'une armature en fer.

185. — *Distributeurs.* — On distingue deux catégories de distributeurs; toutes les deux peuvent desservir un nombre plus ou moins grand de rails-contacts. Dans la première catégorie, chaque distributeur réunit un nombre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'appareils, indépendants les uns des autres, égal au nombre de rails-contacts qu'il doit desservir, ce qui exige un nombre correspondant d'électro-aimants.

Dans la seconde catégorie, qui est celle adoptée à Lyon, un seul électro-

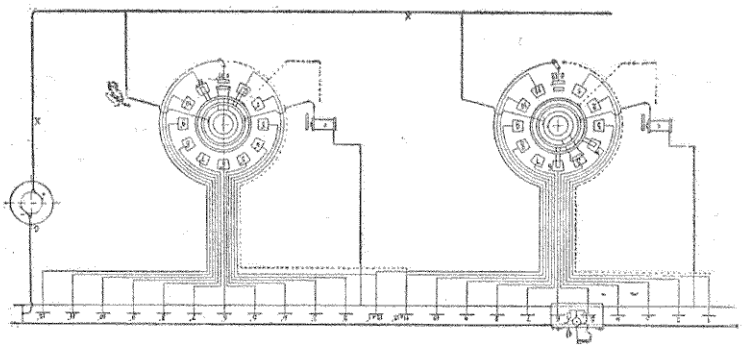


Fig. 139. — Distributeur Vuilleumier

aimant peut desservir un nombre donné de rails-contacts, soit environ 12 à 18. Le distributeur prend alors la forme d'un commutateur circulaire comprenant autant de plots de commutation ou touches qu'il y a de rails-contacts à alimenter de courant.

Sur ces touches, qui sont fixes et isolées les unes des autres, se déplacent trois manettes reposant sur trois touches consécutives et correspondant à des cercles concentriques adaptés sur un même plateau isolant. Ce plateau est sollicité à tourner dans un sens ou dans l'autre, au moyen d'un couple quelconque (électrique ou à poids). La manette du millieu distribue le courant qu'elle reçoit du câble principal. Elle est plus large que l'intervalle compris entre deux touches. Les deux autres sont plus petites, de façon à quitter complètement une touche avant d'engager la suivante, et sont placés symétriquement par rapport à la première. Elles communiquent avec l'entrée d'un électro-aimant dont la sortie est reliée aux rails.

L'armature de cet électro-aimant est munie d'un cliquet qui, lorsqu'il n'est pas attiré, forme frein sur une roue dentée fixée sur le même arbre que le plateau isolant, avec ses trois cercles et comportant à sa circonférence un nombre égal d'entailles qu'il y a de touches au distributeur.

Les balais, reposant sur les cercles concentriques, sont en charbon. Les touches peuvent être soit en laiton, soit en fer, soit même en charbon égale-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment. Dans ce cas, tout graissage est inutile et le distributeur ne réclame plus aucun entretien. Il serait à craindre que les enclanchements successifs donnent lieu à un matage entre le cliquet, qui est en acier, et la roue à entailles, qui est en fonte de fer. Mais il a été remédié complètement à cet inconvénient en assujettissant la couronne munie de ses entailles au corps de la roue au moyen d'un couplage élastique. En opérant de la sorte, tout choc au moment des arrêts successifs de l'appareil est supprimé. L'électro-aimant est formé par deux bobines enroulées avec du fil de $\frac{12}{100}$ à $\frac{15}{100}$ de millimètre.

Un dispositif permet la marche de l'appareil avec l'une quelconque de ces bobines ou avec les deux en série. La résistance est d'alors environ 5.000 ohms. Il est évident que, puisque la durée du courant correspondant à chaque actionnement de l'électro-aimant est des plus minimes, la densité du courant admise peut être considérable. Pour diminuer les effets de la self-induction, les bobines sont munies d'un amortisseur. On a effectué 115.000 voitures-kilomètre sur la ligne Pont-Lafayette-Exposition sans que les appareils distributeurs accusassent la moindre détérioration appréciable, et ceci dans les plus mauvaises conditions ; les distributeurs étant logés dans des puits maçonnés jamais exempts d'humidité. Au lieu de puits, on peut employer avec avantage des bornes, voire même des socles de réverbères.

186. — *Voitures.* — La perche du trolley des lignes aériennes est remplacée par un système de deux curseurs placés à l'avant et à l'arrière de la voiture et disposés de façon qu'il y en ait toujours un en communication des rails-contacts, quelle que soit la position de la voiture sur la voie. Reliés électriquement entre eux, ils communiquent avec l'un des pôles du moteur, l'autre étant réuni, par l'intermédiaire de l'appareil de mise en marche et de réglage, aux rails de roulage. Le courant de la dynamo de l'usine passe donc par le câble principal, de là au distributeur correspondant, au rail contact sur lequel se trouve la voiture et par les curseurs à l'électromoteur, puis retourne à l'usine par les rails de roulage. Les curseurs sont constitués par des plaques métalliques en fer travaillant de champ sur les rails-contacts, de façon à conserver un bon contact, malgré la boue, la poussière, etc. Leur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entretien est des plus économiques, puisqu'il n'y a qu'à changer de simples plaques de fer.

L'usure moyenne de ces frotteurs a été de $0^m,006$ par voiture-kilomètre effectué. La sécurité absolue peut être obtenue sur la voie ; pour cela, entre le câble principal et chaque distributeur, on intercale un fil fusible qui, avec l'adjonction aux voitures d'un simple galet supplémentaire, dont le but est d'établir, en cas de fonctionnement anormal, un court-circuit, coupe toute communication électrique sur la voie.

187. — *Système Diatto.* — Ce système exploité en France par la Compagnie de Traction électrique, est, comme le précédent, à prise de courant sur contacts séparés, disposés au niveau du sol ; il se distingue par une simplicité extrêmement grande des appareils chargés d'établir et de supprimer la communication des plots de contact avec la canalisation d'alimentation.

Le système distributeur du courant se compose d'un conducteur en cuivre isolé placé sous la chaussée entre les deux rails de roulement. Tous les 5 mètres environ, une dérivation du conducteur principal amène le courant à une boîte de contact noyée dans le sol, disposée dans l'axe de la voie et dont la partie supérieure présente une convexité insignifiante désaffleurant la chaussée de quelques millimètres seulement. Un fil de cuivre, de section assez faible pour former pièce fusible en cas de court-circuit, est relié d'une part à la dérivation pénétrant dans la boîte au moyen d'une pince à vis et de l'autre à un bouchon métallique scellé dans le fond d'un vase en porcelaine. Ce vase, supporté verticalement dans l'axe de la boîte de contact, contient du mercure dans lequel flotte une cheville en fer doux.

Le couvercle de la boîte de contact porte en son milieu un tampon en fonte, muni, suivant son axe, d'un noyau en fer doux, dont la surface inférieure arrive, en temps ordinaire, à quelques millimètres de la tête de la cheville mobile. Ce tampon est ajusté dans un couvercle isolant, en bois créosoté, porté par la boîte en fonte. Un mode de fermeture spécial assure l'étanchéité des joints en exerçant une forte pression.

Une barre de fer flexible, aimantée au moyen d'un électro-aimant est suspendue sous la voiture automotrice et dans son axe ; on peut à volonté

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

régler la hauteur de cette barre au-dessus de la chaussée, ainsi que la pression qu'elle exerce sur les boîtes de contact. La longueur de cette barre est supérieure à la distance comprise entre deux boîtes, de manière qu'elle se trouve toujours en contact au moins avec l'une d'elles.

Le fonctionnement du système est des plus simples et se comprend aisément : la barre arrivant au contact d'une boîte, aimante la tige cylindrique du tampon, laquelle attire la tige flottant dans le mercure. La barre étant reliée électriquement à l'une des bornes du moteur de la voiture, le courant venant du conducteur souterrain pénètre dans le mercure, traverse la cheville en fer doux, le tampon en fonte, la barre en fer méplat et arrive au moteur qu'il traverse, passe ensuite par les appareils de réglage, de sûreté et d'interruption, puis aboutit au châssis de la voiture ; de là il retourne à l'usine génératrice par les rails auxquels, dans certains cas, on adjoint un conducteur de retour. Au moment où la barre est près d'abandonner la boîte considérée, elle touche la boîte de contact suivante : la connexion du circuit de la voiture au conducteur souterrain se trouve donc toujours assurée.

Lorsque la barre abandonne la boîte, la cheville n'étant plus attirée retombe immédiatement, et par suite rompt la communication entre le tampon et le conducteur souterrain ; dès lors, aucun courant ne peut plus passer. Afin d'éviter que le magnétisme rémanent ne maintienne, même pendant un temps très court, la cheville en contact avec le noyau en fer doux, les surfaces correspondantes de ces deux pièces sont recouvertes d'une feuille de cuivre ou de tout autre métal non magnétique.

On voit donc que, lorsque les prises de courant sont reliées au conducteur souterrain, elles sont toujours recouvertes par la voiture, et, par suite, inaccessibles ; la sécurité pour les piétons et les chevaux est donc complète.

La boîte de contact est, comme on le voit, d'une très grande simplicité et ne comporte aucun mécanisme susceptible de se déranger ; elle est très robuste et résiste sans déformation au passage des lourds fardeaux.

188. — *Tramways électriques a courants alternatifs* (1). Tous les systèmes de tramways à canalisation aérienne que nous avons décrits

1. Ce paragraphe est extrait de la « *Revue scientifique et Industrielle de l'année* », par J. L. Breton. Ce magnifique ouvrage, comprenant 650 pages et 790 gravures, contient la description de toutes les applications les plus récentes de la science. — Prix : 15 fr. — Bernard et Cie, éditeurs, Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'ici emploient pour la transmission de l'énergie aux voitures automotrices un courant électrique continu d'une tension de 5 à 600 volts et l'on a pu voir qu'ils ne diffèrent entre eux que par des points de détail, le mode de suspension de la canalisation, la forme et la disposition des électromoteurs étant pour tous presque identiques. Cette adoption presque unanime de systèmes semblables de traction démontre indiscutablement leur côté pratique ; toutefois, ils présentent tous un inconvénient commun en ne se prêtant pas facilement à l'alimentation d'un réseau de tramways d'une grande longueur. En effet, la tension du courant utilisé ne pouvant guère dépasser 600 volts par suite des difficultés d'isolement et des dangers qui en résulteraient, ces systèmes nécessitent, dans ce cas, une énorme dépense de cuivre dans les canalisations d'alimentation qui doivent être de grandes sections pour canaliser sans trop de pertes à une grande distance un courant de tension relativement basse, ou encore une multiplication coûteuse des stations génératrices le long du réseau. Si, d'autre part, on se trouve forcé pour des raisons quelconques de placer la station génératrice à une distance importante du centre d'utilisation ou que l'on veuille utiliser une force hydraulique éloignée, il devient très difficile d'employer le courant continu, qui se prête mal à une production sous haute tension en courant au voltage voulu pour l'alimentation de la ligne de tramways.

Les courants alternatifs simples, au contraire, se prêtent admirablement bien aux transformations successives de tensions nécessaires au transport à grande distance, mais ils sont de beaucoup inférieurs aux courants continus pour la production de la force motrice, par suite des difficultés de démarrage des moteurs qu'ils actionnent. Les courants alternatifs polyphasés et principalement triphasés surmontent cette nouvelle difficulté et, tout en présentant la facilité de transformation des courants alternatifs ordinaires, ils peuvent transformer l'énergie électrique ordinaire en énergie mécanique avec une facilité au moins aussi grande que les courants continus ; les moteurs à champ tournant alimentés par les courants polyphasés présentent même de grands avantages sur les courants à courant continu, par suite d'une plus grande simplicité de construction et surtout de l'absence complète de collecteur. Ces précieuses qualités, qui rendent inévitables le développement de l'application des courants polyphasés à la traction, permettent d'installer la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

station génératrice à une très grande distance du centre d'utilisation et d'alimenter des réseaux de très grande longueur en échelonnant le long des voies des sous-stations ramenant le courant distribué à haute tension au voltage voulu pour l'alimentation du fil de travail ; si l'on utilise le courant alternatif polyphasé lui-même à l'alimentation de moteurs à champ tournant placés sur les voitures automotrices, les sous-stations ne comportent que des transformateurs immobiles ne demandant aucune surveillance et diminuant simplement la tension du courant sans en changer la nature ; mais, si l'on préfère garder le courant continu pour l'alimentation des moteurs des voitures, on doit employer des transformateurs rotatifs transformant le courant alternatif polyphasé à haute tension en courant continu au voltage voulu et qui, quoique très simples, exigent néanmoins une certaine surveillance pour la lubrification des paliers.

Nous allons successivement examiner ces deux solutions en décrivant les installations des tramways de Lowell et de Dublin, où les courants alternatifs triphasés ne sont employés que pour le transport de l'énergie à longue distance et transformés en courant continu avant l'utilisation à la traction des tramways, et l'installation de Lugano, réalisée par la maison Brown, Boveri et Cie, dans laquelle les courants triphasés simplement ramenés à la tension voulue sont directement utilisés à l'alimentation des électromoteurs à champ tournant actionnant les essieux des voitures automotrices.

189. — *Tramways de Lowell.* — Le problème posé à la Compagnie Américaine Thomson-Houston par la Compagnie des Tramways de Lowell était le suivant : prolonger la ligne de tramways électriques allant de Lowell à Lakeview, magnifique endroit situé à 7^km^,5 de Lowell, jusqu'à Nashua, distant de 25 kilomètres, de façon à faciliter les communications entre les deux villes et amener en grand nombre les touristes à Lakeview.

La solution adoptée consiste en principe à disposer le long de la ligne des sous-stations desservant chacune une section, chaque sous-station comprenant un générateur à courant continu à 500 volts commandé par un moteur triphasé alimenté par un poste de transformateur branché sur une canalisation à courants triphasés à haute tension. En réalité, les choses furent même simplifiées : les dynamos génératrices à courants triphasés furent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

construites de manière à fournir également du courant continu, de façon à desservir la section voisine de la station et, au lieu d'employer dans les sous-stations des moteurs et des générateurs séparés, on fit usage de convertisseurs de courants triphasés en courant continu. Cette élégante solution a donné les meilleurs résultats.

Les génératrices à courants triphasés et continu établies dans la station centrale de Lowell sont au nombre de 3 ; elles sont tétrapolaires et donnent 120 kilowatts à 900 tours par minute sous 360 volts à courants triphasés et 500 volts à courant continu. Ces machines sont commandées par un arbre de transmission muni de manchons d'embrayage, de sorte que l'on peut actionner une dynamo quelconque par une machine à vapeur quelconque. Des transformateurs élèvent le potentiel de 360 volts a 5.500 volts ; ils sont du type à insufflation d'air.

La première sous-station est située à 10 kilomètres de Lowell et à 3 kilomètres de Lakeview, à un endroit appelé Eayr's Mills, sur les quais de la rivière de Merrimac ; cette sous-station est une simple petite cabane en bois comprenant deux salles ; dans la première se trouvent les transformateurs-réducteurs de tension, le ventilateur-automoteur pour refroidir les transformateurs et le tableau de distribution d'où sortent 3 câbles amenant le courant à basse tension dans la seconde salle. Les convertisseurs, au nombre de deux, sont analogues aux génératrices à courants triphasés et continus de la station de Lowell ; ils sont reliés à un tableau ordinaire de tramway, d'où partent des feeders, les uns allant vers Lakeview, les autres vers Nashua. Ces convertisseurs sont des appareils tout à fait remarquables, démarrant aussi facilement qu'un moteur à courant continu, fonctionnant sans étincelles et pouvant être surchargés du double de leur puissance normale pendant un certain temps. Ils ne dépensent qu'une très faible quantité d'énergie lorsque aucune voiture n'est engagée sur la section qu'ils desservent ; leurs paliers sont larges et sont à graisseur automatique, de sorte qu'ils ne requièrent aucune attention. La seconde sous-station établie à Nashua est identique à celle de Eayr's Mills.

190. — *Tramways de Dublin.* — Le succès du nouveau mode de traction employé à Lowell se répercuta jusqu'en Irlande et aussitôt la Com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

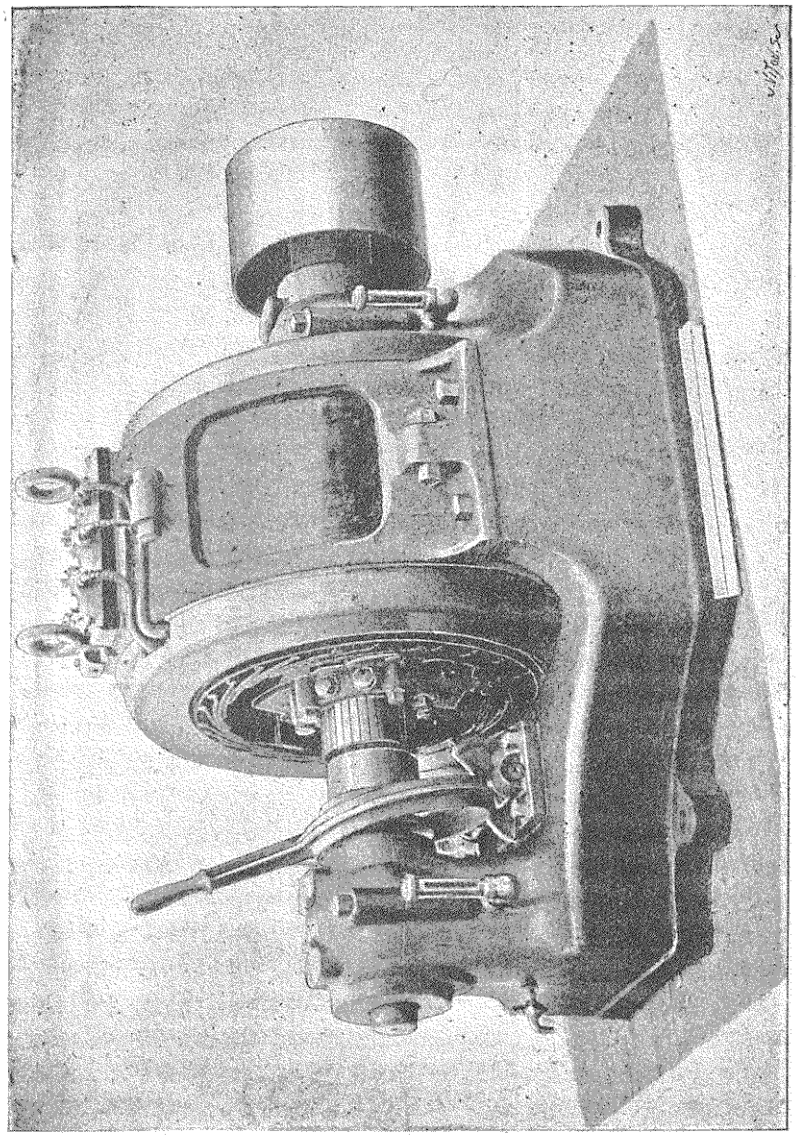


Fig. 140. — Moteur à courants triphasés, Thomson-Houston, pour tramways.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

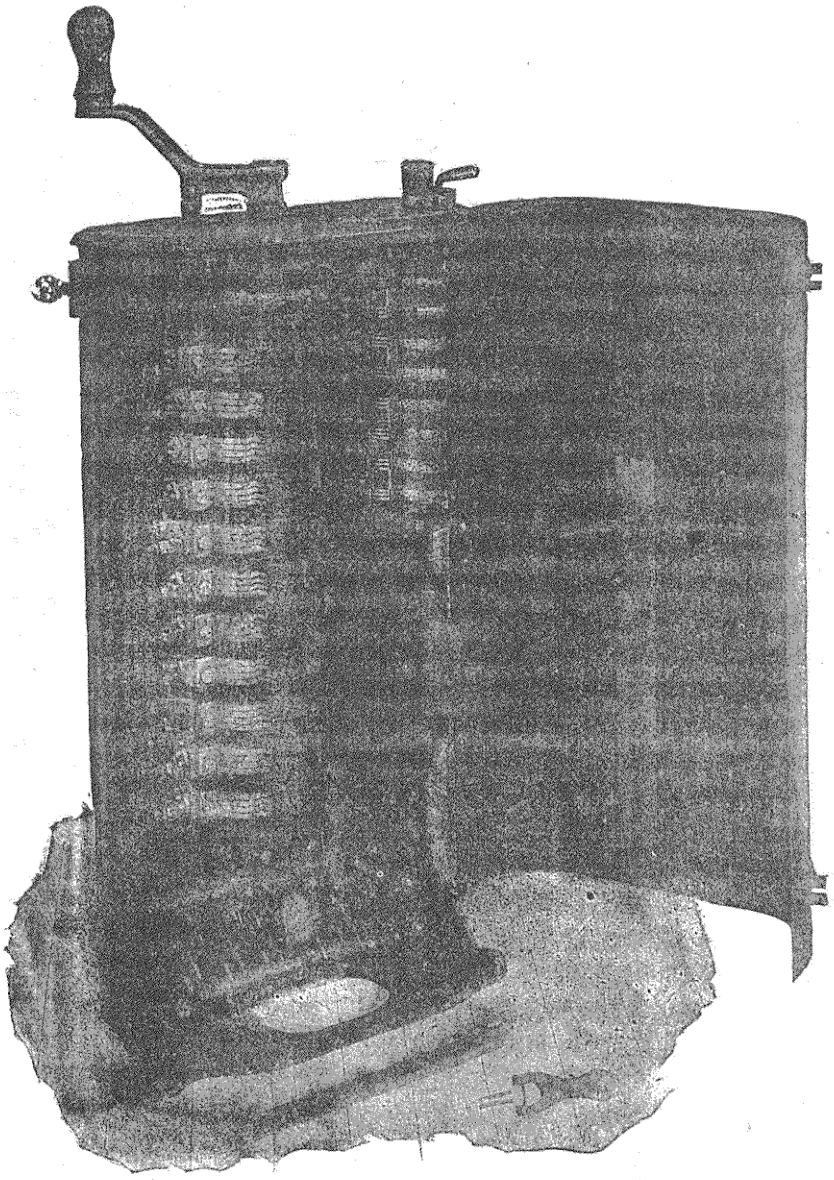


Fig. 141. — Contrôleur automatique système Thomson-Houston, pour voiture de tramways.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pagnie des Tramways de Dublin traita avec la Compagnie Anglaise Thomson-Houston pour l'établissement d'une ligne reliant Dublin avec Pembroke, Blackrock et Dalkey.

D'autres considérations, en dehors de celle de la longueur de la ligne qui est de 13 kilomètres, dictèrent l'emploi d'un système analogue à celui de Lowell ; ce sont, d'une part, la prescription du Board of Trade d'après laquelle la chute du potentiel entre les rails et la terre ne doit pas dépasser 7 volts et, d'autre part, la commodité des terrains et des locaux dont on pouvait disposer. En effet, l'un se trouvait voisin du dépôt de la Compagnie, à Balls Bridge, merveilleusement disposé pour se procurer l'eau nécessaire à l'alimentation et à la condensation, et les bâtiments existants étaient parfaitement appropriés pour des bureaux et des magasins. Enfin, la Compagnie possédait des bâtiments utilisables pour des sous-stations à Blackrock et à Dalkey.

Pour toutes ces raisons, l'emploi combiné des courants triphasés et continus permit seul d'arriver à une solution simple et économique. Le dispositif employé diffère cependant en quelques points de celui de Lowell ; on résolut d'actionner les parties des lignes suffisamment proches au moyen de génératrices ordinaires de tramways établies à la station centrale et de transmettre l'énergie à des sous-stations situées à Blackrock et Dalkey, au moyen de courants triphasés engendrés par des alternateurs spéciaux, comme l'indique la figure 141.

Les génératrices fournissant directement le courant continu ont une puissance de 100 kilowatts chacune. Les génératrices triphasées sont de 120 kilowatts à 3.000 volts et à la fréquence de 30 périodes par seconde. Aux sous-stations se trouvent deux moteurs synchrones de 60 kilowatts chacun actionnant, par l'intermédiaire d'un accouplement isolé, une dynamo à courant continu de la station centrale fournissent le courant d'excitation nécessaire aux génératrices triphasées. Les moteurs synchrones, dans les sous-stations démarrent soit directement au moyen des courants triphasés, soit au moyen des dynamos à courant continu.

En admettant une consommation de 1 kilowatt-heure par voiture-kilomètre (voiture automotrice et voiture remorquée) la perte dans les con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ducteurs triphasés ajoutée à la perte dans le trolley donnerait un total inférieur à 8 0/0 ; au contraire, avec un même poids de cuivre et un courant continu de 500 volts, la perte monterait à 30 0/0. La perte maximum du retour par terre, dans des conditions normales de service ne doit pas dépasser 2 volts.

Les deux applications du nouveau système que nous venons de décrire suffisent pour montrer le rôle important qu'il est appelé à jouer, puisqu'il apporte une solution simple, élégante, pratique et économique au problème de l'intercommunication des villes et des villages non desservis par des chemins de fer dont le coût d'exploitation serait trop élevé.

191. — *Tramways électriques à courants triphasés de Lugano.* — Cette remarquable installation, réalisée par la maison Brown, Boveri et Cie, a démontré d'une manière éclatante la possibilité de l'emploi direct des courants triphasés à la traction et les nombreux avantages que l'on peut en tirer ; le succès de cette installation rend inévitable le rapide développement d'un mode de traction qui a eu et a encore de nombreux adversaires, mais qui s'imposera forcément par sa seule valeur dans tous les cas où le grand développement du réseau où l'éloignement de l'usine génératrice rendra difficile, sinon impossible, l'usage des courants continus.

Vers le milieu de l'année 1894, la maison Bucher-Durrer chargea MM. Brown, Boveri et Cie, d'une étude pour les tramways de Lugano. A 12 kilomètres de Lugano, près de la commune de Maroggia, MM. Bucher-Durrer possédaient une force hydraulique qui, depuis quelques années déjà, fournissait par courants alternatifs ordinaires l'éclairage de la ville de Lugano ; c'est l'excédent de la force hydraulique qui devait être utilisé à alimenter le réseau de tramways de Lugano, ainsi qu'à fournir un supplément de force motrice au chemin de fer du San Salvatore et à quelques établissements industriels.

Dans ces conditions, il est clair que l'emploi direct du courant continu sous 500 à 600 volts de tension, tel qu'on l'utilise habituellement pour les tramways, était impossible ; en outre, l'installation d'une station de transformateurs à courant continu eût été trop coûteuse et aurait occasionné de trop grandes pertes de force, de sorte que l'on songea tout de suite à l'utili-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sation directe de courants alternatifs pour l'alimentation des moteurs des tramways.

MM. Bucher-Durrer acceptèrent la solution que leur proposa la maison Brown, Boveri et Cie et lui remirent la commande en février 1895 ; cette solution, à part les frais d'installation réduits assurait, dans ce cas, de nombreux avantages.

L'application des courants polyphasés aux tramways présente, en effet, une certaine supériorité et certains inconvénients comparativement au système à courant continu. L'objection principale qui pourra être faite est que l'emploi des courants di ou triphasés nécessite au minimum l'emploi de deux fils aériens ; toutefois, en examinant de plus près cette question, on se rendra facilement compte que ce désavantage n'est pas aussi sérieux qu'il le paraît au premier abord. En effet, ce qui dépare principalement les rues dans les installations de tramways à conducteur aérien : les mâts, les consoles et les attaches restent absolument les mêmes, attendu que le poids de cuivre à employer pour les deux fils aériens de la conduite di ou triphasée n'est que peu supérieur à celui qu'on est forcé d'employer pour le courant continu. Les croisements et bifurcations des fils, qui dans le cas de deux lignes aériennes sont naturellement plus compliqués, peuvent être simplifiés en n'utilisant qu'un seul fil à ces endroits et en utilisant les points de croisement, ce qui peut se faire en se basant sur ce fait que des moteurs polyphasés, une fois le démarrage accompli, peuvent continuer à marcher en moteurs monophasés. La canalisation double présente d'ailleurs une importante propriété due à la présence de deux trolleys pour la prise de courant ; en effet, lorsque ces derniers sont convenablement disposés, il est presque impossible, aux passages des points de croisement ou de courbes, que les deux trolleys perdent leur contact en même temps ; la production d'étincelles sera, par conséquent, presque complètement évitée, et, comme cette dernière est déjà considérablement amoindrie par l'emploi du courant alternatif, il s'ensuit que l'usure du fil et des trolleys sera réduite au minimum possible et sera bien moins importante qu'avec le courant continu.

Mais les principaux avantages des courants alternatifs appliqués aux tramways sont les suivants : ils permettent de desservir des réseaux très étendus, avec des pertes insignifiantes et des conduites peu coûteuses. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

courant alternatif pouvant être facilement transformé et les transformateurs ne nécessitant aucune surveillance, il est en effet possible de produire à la station centrale un courant de haute tension, qui est distribué à différents points du réseau, où des transformateurs en réduisent la tension à la valeur qui convient le mieux pour les conditions locales de la voie. Cet avantage permet non seulement de supprimer complètement les lourds feeders, mais aussi de maintenir tout le réseau plus léger. On déduira également de ce qui précède que ce système donne la possibilité d'utiliser pour la traction des tramways des chutes d'eau sises à des distances considérables du lieu d'exploitation.

L'emploi du courant continu n'exclut pas entièrement, il est vrai, une utilisation de ce genre, en ce sens qu'il est possible de conduire un courant continu ou alternatif à haute tension depuis la chute au centre du réseau, où une station de transformateurs rotatifs le transforme en courant continu à la tension voulue. Ces dernières tensions ont cependant l'inconvénient de donner un rendement inférieur, d'exiger des frais d'installation assez considérables et, comme il s'agit de machines en mouvement, de demander un entretien et une surveillance continus.

En ce qui concerne les moteurs, l'expérience démontre qu'un moteur polyphasé par sa construction plus simple et plus robuste présente, comparé à un moteur à courant continu, une plus grande sécurité de fonctionnement. Ces moteurs peuvent, en effet, être plus facilement construits pour des tensions élevées et leur plus grand avantage consiste dans l'absence du collecteur qui se trouve remplacé par des bagues.

Quoi qu'on soit parvenu à construire des moteurs à courant continu pour tramways, dont les collecteurs n'occasionnent pas de trop grandes difficultés, on conviendra facilement que la préférence doit être donnée à une machine ne possédant pas de collecteur, principalement pour la traction des tramways, où de fortes variations de charges viennent à chaque instant troubler la marche du moteur et où une surveillance de ce dernier devient impossible, par suite de la place qui lui est assignée sous la voiture.

L'opinion souvent émise que des moteurs à courants polyphasés ne sont pas aptes à produire le même couple de démarrage que des moteurs à courant continu est absolument inexacte ; au contraire, à poids égal, il est possible

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de construire des moteurs à champ tournant ayant un couple de démarrage bien supérieur au couple normal, attendu que la densité magnétique du fer de ces moteurs est bien plus faible que celle des moteurs à courant continu, et qu'il est par conséquent possible d'augmenter pendant quelques instants considérablement leur couple moteur.

Le réglage de la vitesse s'effectue en intercalant des résistances dans le circuit induit, dont la tension peut être rendue aussi faible qu'on le voudra ; il s'ensuit que ces résistances seront plus faciles à faire et seront moins sujettes à des détériorations que les appareils de réglage à haute tension pour courants continus. Ce moyen de réglage permet de faire varier la vitesse du moteur, depuis celle qui correspond à la marche synchronique jusqu'à zéro.

D'ordinaire, les résistances sont complètement retirées du circuit et le moteur présente alors l'avantage de conserver une vitesse approximativement constante, quelles que soient les variations de sa charge. A la montée comme à la descente, la voiture gardera, par conséquent, sa vitesse normale, sans qu'un réglage devienne nécessaire, ce qui facilite la conduite du véhicule.

Le freinage se fait de lui-même, en ce sens que le moteur actionné renvoie du courant dans la conduite sans qu'il soit besoin de changer aucune des connexions. Enfin, grâce à l'emploi des courants alternatifs, les extra-courants qui se produisent aux commutations sont évités, ainsi que les phénomènes d'électrolyse qui constituent un inconvénient sérieux des tramways à courant continu et retour par les rails de roulement.

L'usine génératrice des tramways de Lugano, située à Maroggia, contient une turbine à haute pression de 300 chevaux, à axe horizontal, actionnant directement par l'entremise d'un accouplement élastique une génératrice à courants triphasés de 150 chevaux. Cette génératrice marche à une vitesse de 600 tours avec une fréquence de 4.800 périodes par minute ; sa tension est de 5.000 volts. L'armature ainsi que tous les bobinages qu'elle contient sont fixes, de sorte que seul le fer des inducteurs se trouve en mouvement. A l'encontre des constructions ordinaires de ce genre, les deux rangées de pôles tournants sont disposées en quinconce, ce qui présente l'avantage de permettre d'exécuter le bobinage de l'induit comme dans une machine à une seule rangée de pôles, c'est-à-dire que les conducteurs traversent directement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les deux parties de l'armature et ne nécessitent par conséquent qu'un seul bobinage. Les fils d'armature passent dans des trous ménagés dans le fer de l'armature et en sont isolés par de forts tubes en matière isolante. La machine excitatrice est calée en porte-à-faux sur l'arbre de la dynamo génératrice et son collecteur est placé en face du palier de cette dernière.

La ligne réunissant l'usine génératrice à Lugano se compose de trois fils de cuivre de 5 millimètres de diamètre aboutissant à une station unique de transformateurs qui réduit la tension à 400 volts. Plus tard, quand un nombre plus grand de véhicules sera mis en circulation, d'autres stations de transformateurs seront reparties sur le réseau.

La longueur totale de la ligne de tramways est de 4.900 mètres ; elle possède sur de grands parcours des pentes de 3 0/0 ; à différents points et sur de faibles longueurs seulement, la pente atteint 6 0/0. Les deux fils aériens ont un diamètre de 6 millimètres et sont placés à une distance de 25 centimètres l'un de l'autre. Le fil de retour manquant complètement et étant remplacé par les rails de roulement, les éclisses de ceux-ci sont doublées de bandes de cuivre qui leur assurent une conductibilité suffisante.

Pour le moment, quatre véhicules pouvant contenir 24 personnes font le service. Chaque voiture est munie d'un moteur de 20 chevaux, actionnant par engrenage (rapport 1 : 4) l'un des essieux de la voiture. La vitesse est de 15 kilomètres à l'heure. La prise de courant est effectuée par l'entremise de deux trolleys, dont les tiges sont distantes de 1 mètre l'une de l'autre, mesuré dans le sens de la longueur du véhicule.

Le moteur à champ tournant est protégé de la poussière et de l'humidité par une boîte en fonte hermétiquement close. Son bobinage consiste en fils passant par des ouvertures de l'assemblage de tôle qui compose la carcasse magnétique du moteur. Trois bagues recueillent le courant de la partie tournante du moteur et l'envoient par l'entremise de leurs balais à l'appareil de réglage. Afin de pouvoir inspecter le moteur, la boîte qui le contient et qui lui sert en même temps de bâti possède dans le haut une ouverture fermée hermétiquement par un couvercle. Les bagues et leurs balais sont construits de manière à permettre au moteur de marcher des semaines sans surveillance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moteur et les résistances de réglage sont montés sur le truck des voitures, le moteur, suspendu de la même manière que la plupart des moteurs à courant continu décrits plus haut, commande un des essieux à l'aide d'un train d'engrenages réducteurs de vitesse.

Le moteur peut être commandé des deux plateformes de la voiture. A la droite du conducteur se trouve la poignée du frein, à gauche le levier de réglage par l'entremise duquel le véhicule peut être mis en marche et maintenu à une vitesse quelconque entre l'arrêt et la marche synchronique correspondant à une vitesse de 15 kilomètres à l'heure. Un commutateur placé à gauche sert au changement de marche ainsi qu'à l'interruption complète du courant.

Ainsi que cela a déjà été dit, la tâche qui incombe au conducteur pour le réglage de la vitesse de la voiture est des plus simples : il aura, dans la plupart des cas, simplement à amener son levier dans la position qui correspond à la plus grande vitesse, vitesse qui, à la montée comme à la descente, se maintiendra sensiblement constante. C'est un précieux avantage que possèdent seuls les tramways à courants alternatifs.

Dans les cas où des lignes de tramways conduisent hors ville et où, par conséquent, une plus grande vitesse est désirable, il est possible, au moyen d'une disposition spéciale, de diminuer par une simple commutation le nombre des pôles du moteur, ce qui entraîne une augmentation de vitesse correspondante ; le même effet peut également être obtenu en travaillant sur ces parcours avec une fréquence plus élevée.

Dans le cas de très fortes pentes, il est possible en augmentant la densité du champ, soit par commutation des bobinages, soit par la mise en circuit d'un appareil d'induction, d'augmenter considérablement la puissance du moteur. Le même but peut également être atteint en travaillant sur ces parcours avec une tension plus élevée, ce qui, étant donnée la simplicité de transformation du courant alternatif, ne présente aucune difficulté. Lorsque sur des parcours de ce genre on désire marcher plus lentement et par conséquent avec une plus faible dépense d'énergie, la vitesse peut être réduite soit par l'emploi sur le parcours en question d'un courant de moindre fréquence, soit comme précédemment, par un changement du nombre des pôles du moteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour des voitures munies de deux moteurs, il existe encore une autre solution qui consiste à coupler les deux moteurs par leurs parties induites, l'un d'eux recevant le courant de ligne ; la vitesse ainsi que la puissance des moteurs sont alors réduites de moitié.

La mise en marche de l'installation des tramways de Lugano eut lieu en décembre 1895, et réussit à merveille. Par de nombreuses insinuations, la Société des Tramways était devenue très inquiète au sujet du bon fonctionnement de son installation ; des personnes, en apparence compétentes, allèrent même jusqu'à prétendre qu'il ne serait jamais possible de faire fonctionner une installation de ce genre et notamment qu'il ne serait pas possible d'obtenir des moteurs un couple de démarrage suffisant ainsi que de régler leur vitesse. L'étonnement fut d'autant plus vif que, dès les premiers essais, le fonctionnement, jusque dans ses moindres détails ne laissa rien à désirer.

A propos du démarrage, il est d'un certain intérêt de mentionner ici un résultat d'essai qui démontre qu'à la plus grande pente de 6 0/0 il est possible de démarrer facilement avec une voiture surchargée et ce sans qu'il soit besoin de recourir à un artifice quelconque.

Comme la ligne sur toute sa longueur suit des conduites téléphoniques, on devait s'attendre à ce que le fonctionnement du tramway occasionnerait des perturbations dans ces dernières. Des essais démontrèrent qu'en employant pour ces conduites des fils de retour isolés, les perturbations n'avaient plus lieu ; ce qui mena à une entente avec l'administration des téléphones pour l'exécution immédiate de ces fils de retour.

Nous espérons que de nouveaux essais de cet intéressant mode de traction par courants triphasés seront tentés d'ici peu et que leurs applications iront sans cesse se développant, car nous croyons fermement que là se trouve la véritable solution de la traction électrique sur les longues lignes de tramways et de chemins de fer ; aussi, ne peut-on trop louer MM. Brown, Boveri et Cie de la si heureuse initiative qu'ils ont prise et qu'ils ont menée à si bonne fin.

192. — *Systèmes divers.* — Le système Love consiste en une conduite souterraine analogue à celle qui est employée pour les funiculaires, mais fermée par des plaques en fonte démontables. Deux fils de trolley sont soute-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nus par des isolateurs. Le frotteur consiste en un chariot à deux roues à gorge pressant sur les fils. Dès que la vitesse est un peu grande, les roues de trolley quittent les fils et brisent les isolateurs. Ce système avait été établi à Chicago en juillet 1893 ; mais après trois mois de service, il a dû être abandonné. On vient cependant d'en établir une ligne nouvelle à New-York il y a peu de temps.

Un autre système, désigné sous le nom *de système Hœrde*, construit par les forges et aciéries de Hœrde, en Westphalie, a été également dernièrement mis en avant ; il consiste en une modification des systèmes Love et Siemens et Halske. — Il se distinguerait cependant en ce que toutes ses parties seraient démontables et remplaçables.

Nous mentionnerons aussi les effets faits dans cette voie, mais encore sans grands résultats pratiques, par la Metropolitan Railway C° à New-York ou par le système Lineff en Amérique.

Depuis l'année 1894, MM. E. Chabeault et Cattori avaient imaginé un système de canalisation souterraine ; nous n'avons pu savoir si des expériences sérieuses avaient été faites avec ce système.

D'après l'*Electrical Engineer* de New-York, la *General Electric C°* expérimente en ce moment un modèle de canalisation souterraine. Une sorte de caniveau est établi dans le sol entre les deux rails et laisse au centre une ouverture assez réduite. — Les câbles conducteurs, au nombre de deux pour éviter le retour par les rails, sont placés de chaque côté, et une tige centrale, portée par la voiture, maintient les frotteurs qui viennent glisser sur les câbles. Ces essais ont eu pour but de déterminer si ce mode de canalisation souterraine pouvait convenir au climat de New-York.

193. — *Prix d'établissement et de revient.* — Nous n'avons pu nous procurer que les renseignements ci-après sur les dépenses relatives à l'établissement et à l'exploitation des tramways électriques à canalisation souterraine dont nous venons de parler :

Les cinq lignes actuelles de Budapest comportent une longueur totale de 35 kilomètres, et le prix d'établissement a été de 40.000 francs le kilomètre.

En 1893, 12.019.637 personnes ont été transportées avec 2.291.372 voitures-kilomètres. La recette totale a été de 1.772.003 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tramway électrique de Blackpool, qui a une longueur totale de voie de 3.200 mètres, a coûté environ 100.000 francs le kilomètre. Le prix de la voiture-kilomètre a été et est encore de 0 fr. 20 ; dans ce chiffre la dépense de charbon est encore de 0 fr. 031. Les prix d'établissement de la ligne de la place Cadet à Montmartre ne seront connus qu'après exécution mais on peut compter qu'ils seront notablement plus élevés.

A Lyon, le prix d'établissement de la voie du tramway Claret a été de 19 fr. 05 par mètre ; à Paris, ce prix atteint 21 francs d'après les inventeurs. Quant au prix du kilomètre-voiture par ce système, on peut l'établir comme suit, en prenant pour base 10 voitures en service, effectuant 100 kilomètres par jour. Soit, par an, un total de kilomètres-voitures de

$$10 \times 100 \times 365 = 365000 \text{ kilomètres-voitures.}$$

Les prix unitaires de personnel et de charbon sont ceux de Paris (charbon 30 francs la tonne) :

PERSONNEL.

		Par an.	Par voiture-kilomètre.	Totaux.
Usine	1 mécanicien	3.000 fr.	0fr,0082	0fr,0202
	1 chauffeur-mécanicien	2.400	0 ,0064	
	1 chauffeur	2.100	0 ,0057	
Dépôt	1 électricien	3.600	0 ,00686	0 ,0279
	1 ajusteur	3.000	0 ,0032	
	1 manœuvre	1.800	0 ,00492	
	1 nettoyeur	1.800	0 ,00492	

MATÉRIAUX A EMPLOYER.

		Par an.	Par voiture-kilomètre.
Usine	Combustible	18.250 fr.	0fr,05
	Machines et chaudières : huile, graisse, déchet, fournitures, eau, etc.	1.825	0 ,005
	Ligne électrique comprenant : câbles, distributeurs, éclissage électrique des rails, etc.	3.650	0 ,01
Matériel roulant	Petites fournitures : graisse, huile, déchets, etc.	3.650	0 ,01
	Outillage	730	0 ,002
	Amortissement	5.000	0 ,0136
	Traction : Wattmans (à raison de 12 pour les dix voitures) à 1.800 francs	21.600	0 ,06
	Totaux	72.405 fr.	0 fr. 1988

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VIII

TRAMWAYS ÉLECTRIQUES A ACCUMULATEURS

194. — *Raison d'être des lignes de tramways à accumulateurs.* — Parvenir à supprimer les canalisations aériennes ou souterraines avec tous les embarras et complications que ce mode de transmission de l'énergie entraîne avec lui, supprimer en un mot tous les inconvénients de la traction électrique tout en conservant ses avantages et ses agréments, c'est là une idée séduisante et qui a tenté bien des inventeurs. Aussi a-t-on cherché à libérer les voitures de l'obligation d'être constamment en relation avec la conduite lui amenant sa force motrice, et l'apparition des accumulateurs électriques, qui permettaient d'emmagasiner une certaine quantité de force vive, ont dès leur apparition, été employés dans ce but.

Signalons tout d'abord la similitude que présente ce principe avec d'autres procédés de traction, tels que l'air comprimé et la locomotive sans foyer que nous étudierons dans la troisième partie de cet ouvrage. Dans ces trois systèmes, la force primaire est générée dans une usine fixe, et les voitures ne portent qu'une réserve déterminée d'énergie, accumulée et emmagasinée sous une forme quelconque, d'emploi plus ou moins commode. Il n'y a pas de générateur à bord de ces véhicules ; ce sont des magasins roulants chargés dans une station fixe.

Pour en revenir aux tramways à accumulateurs, il faut reconnaître que ce procédé présente, sur ceux que nous avons étudiés dans les deux précédents chapitres, les avantages indéniables suivants : Il assure l'indépendance absolue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des voitures, supprime tout embarras sur la voie publique, : poteaux, supports, fils, etc. Il permet la production de l'énergie à l'usine centrale, d'une manière régulière, et sans les fluctuations et les à-coups qui se produisent avec les canalisations. L'usine centrale peut même fonctionner sans interruption pendant vingt-quatre heures consécutives, ce qui donne une meilleure utilisation du matériel. Enfin, les voitures sont indépendantes, puisqu'elles portent leur moteur et leur provision de force, et leur ravitaillement étant assuré, elles sont douées d'une grande mobilité.

Malheureusement, ce système séduisant pèche par la base, car les accumulateurs électriques, bien qu'ils aient été notablement améliorés dans le cours de ces dernières années, sont encore loin d'être parfaits, et ils sont très lourds, très volumineux et assez délicats.

C'est ce qui explique pourquoi les premières tentatives faites pour créer des réseaux de tramways desservis par des automobiles électriques, ont échoué, en raison des difficultés d'entretien sans cesse renaissantes auxquelles on se heurtait. Rappelons les exploitations commencées à Bruxelles, rue de la Loi, au moyen d'accumulateurs Julien, et à Paris sur la ligne de la Madeleine à Levallois au moyen d'accumulateurs Philippart, et qui ont dû interrompre leur service au bout de peu de temps. Actuellement, on ne peut citer que cinq ou six exploitations de ce genre fonctionnant en Europe : celle de la Haye-Scheveningue en Hollande, celle de Birmingham en Angleterre, les trois lignes de *Saint-Denis à Neuilly, à l'Opéra et à la Madeleine*, et les lignes de *Puteaux* et *Asnières*, à Paris. Nous étudierons plus spécialement ces dernières lignes, de manière à avoir une idée exacte sur le mode d'exploitation.

195. — *Station centrale de chargement.* — La station centrale des lignes de Paris à Saint-Denis est établie à Saint-Denis, au dépôt des tramways, route de Gonesse. Elle a été construite en 1891, et au fur et à mesure de l'extension du service, d'importantes améliorations lui ont été apportées, notamment en ce qui concerne le mode de chargement des batteries et l'équipement des voitures.

La force motrice est produite par trois chaudières semi-tubulaires à deux bouilleurs, système Girard, dont la surface de chauffe est de 120 mètres carrés, et qui fonctionnent à une pression de 6 kilogrammes. Ces générateurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fournissent la vapeur à deux machines Corliss à condensation, construction Lecouteux et Garnier, l'une de 125 chevaux à 70 tours par minute, et l'autre de 150 chevaux, à 160 tours par minute. Ces machines actionnent, par transmission intermédiaire ou par commande directe par courroie, trois dynamos Desroziers, de 230 ampères à la tension de 260 volts, à l'allure de 600 tours par minute. Il faut ajouter pour l'éclairage du dépôt, une machine Edison de 75 ampères sous 110 volts et une dynamo à 4 pôles, donnant 75 ampères à la tension de 150 volts à 1000 tours par minute. On a également ajouté, depuis l'année 1895, deux dynamos Desroziers de 200 ampères sous 35 volts, ayant pour but de jouer le rôle de survolteur à un moment donné. On peut commander à volonté l'une quelconque de ces dynamos par l'intermédiaire d'accouplement par plateaux avec les machines motrices. Le tableau de distribution comporte trois circuits : un pour chacune des dynamos, avec interrupteur, disjoncteur, coupe-circuit fusible, ampèremètre et voltmètre. Le couplage des survolteurs en tension avec les dynamos se fait très simplement au tableau par la manœuvre d'un interrupteur.

196. — *Accumulateurs.* — Les batteries d'accumulateurs sont placées sous les banquettes des voitures; ces batteries, du système Laurent-Cély, sont construites par la Société pour le Travail électrique des Métaux. Elles se composent, pour chaque voiture, de 108 éléments à 11 plaques, enfermés dans des boîtes en ébonite et ayant les dimensions suivantes : *surface des plaques* $0^m,20$ sur $0^m,20 = 400$ centimètres carrés; *épaisseur* 6 à 8 millimètres; *poids* 18 kilogrammes par élément. Ces 108 éléments sont répartis en quatre sous-batteries comprenant chacune trois caisses de 9 éléments, les éléments de chaque caisse et les trois caisses de chaque sous-batterie étant groupées en série, de telle sorte que, chaque sous-batterie contient en définitive 27 éléments en tension, donnant, à circuit fermé, une différence de potentiel d'environ 50 volts. L'introduction des caisses dans les voitures établit automatiquement les connexions entre tous les éléments des sous-batteries. Trois couplages différents de ces sous-batteries peuvent être obtenus par la manœuvre d'un commutateur :

1° Groupement en quantité des quatre batteries, force électromotrice 50 volts.

2° Groupement des sous-batteries par deux en tension, force électromotrice 100 volts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Groupement en tension des quatre batteries, force électromotrice 200 volts.

Il est donc possible de faire varier, suivant le besoin, la force électromotrice aux bornes des moteurs, et, par suite, leur vitesse de rotation du simple au quadruple, suivant l'effort de traction à développer. On peut également renverser le sens de la marche, en intervertissant le sens du courant dans les inducteurs des moteurs, et mettre en cas de nécessité, l'un ou l'autre des moteurs hors circuit. Le service de chaque voiture est assuré par deux batteries, pesant chacune 3.000 kilogrammes et dont l'une est à la charge, tandis que l'autre est en travail sur un véhicule. Chacune de ces batteries peut fournir sans recharge un parcours de 55 à 60 kilomètres sur voie Broca ou Marsillon.

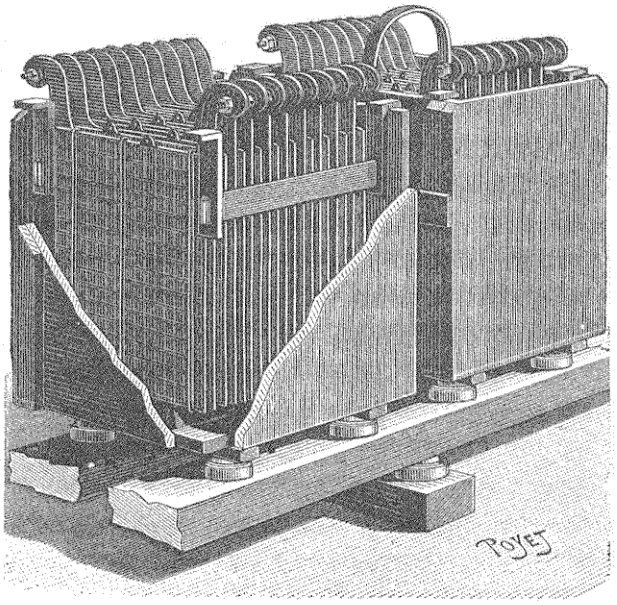


Fig. 142. — Type d'accumulateur de la Société pour le Travail électrique des métaux.

La charge des batteries se fait sur des bancs formés de madriers goudronnés, supportés au moyen d'isolateurs en verre sur des piles en briques. Le manque de place n'ayant pas permis de disposer une voie de garage le long de chaque banc de charge, ainsi qu'à Birmingham, on effectue la manu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tention des batteries au moyen de wagonnets roulant sur des voies Decauville, le long des bancs et des voies de garage, et ayant leur plateforme mobile de manière à pouvoir être amenée exactement au niveau de l'intérieur des voitures et des bancs de chargement. Une opération de chargement nécessite sept wagonnets; la manutention et le transbordement se font au moyen de six manœuvres qui effectuent 34 chargements et déchargements par jour et parfois même davantage.

Il y a pour la charge 24 emplacements de batteries, desservis chacun par un circuit spécial ayant son ampèremètre et son indicateur de sens de courant avec sonnerie avertisseuse.

La charge des batteries se fait sous potentiel constant de 260 volts, soit 2,4 volts par élément. Aussi l'intensité du courant de charge varie-t-elle énormément depuis le commencement jusqu'à la fin de chaque charge; au début elle atteint jusqu'à 10 ampères par kilogramme de plaque, diminue ensuite rapidement, puis plus régulièrement au fur et à mesure que l'élément approche de sa saturation. L'intensité moyenne est de 2 à 2,5 ampères par kilogramme de plaque. On arrête la charge quand la batterie a absorbé un nombre d'ampères-heure supérieur d'environ 17 à 18 0/0 à celui qu'elle a débité en service. L'indicateur de sens de courant prévient, au moyen de sa sonnerie, aussitôt que le sens tend à se renverser, ce qui permet de mettre la batterie hors circuit.

Au point de vue du rendement, comme à celui de la durée des batteries, on a tout intérêt à ne pas les laisser épuiser leur capacité entre deux charges, mais à multiplier, au contraire, le nombre de ces dernières. La durée de la charge est d'environ six heures pour une batterie ayant donné toute sa capacité qui est d'environ 230 ampères-heure.

Les dynamos peuvent débiter chacune 230 ampères sous 260 volts, et chaque dynamo est actionnée par courroies par une machine à vapeur de 125 chevaux-vapeur. Deux des unités fonctionnent pendant vingt-trois heures par jour, et la troisième pendant six heures.

Le courant de décharge est naturellement très variable suivant la résistance du profil : sur la ligne de Neuilly, où les rampes maxima sont de 24 millimètres par mètre, son intensité atteint jusqu'à 62 ampères, soit 3,5 ampères par kilogramme de plaque, et sur les lignes de la Madeleine et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'Opéra, où les rampes maxima sont de 36 millimètres par mètre, jusqu'à 80 et 90 ampères, soit près de 5 ampères par kilogramme de plaque. Sa valeur moyenne, sur ces dernières lignes est d'environ 35 ampères, correspondant à un peu moins de 2 ampères par kilogramme de plaque.

Des intensités aussi élevées, avec de pareilles variations du débit, venant se joindre aux trépidations continuelles du mouvement et aux transbordements fréquents, constituent un régime excessivement défavorable à la bonne conservation des accumulateurs.

La Société pour le Travail électrique des Métaux a entrepris l'entretien et le renouvellement des siens à forfait, à des conditions restées secrètes. Toutefois les sommes portées à l'article « Manutention et entretien des accumulateurs » dans l'établissement du compte d'exploitation de la Compagnie des Tramways-Nord, nous édifient à cet égard et il résulte du compte rendu de M. Sarcia (1897), que les frais ont diminué de plus de 40 % depuis l'adoption de nouveaux types d'accumulateurs.

197. — *Équipement et conduite des voitures.* — Les lignes de Saint-Denis-Madeleine et Opéra-Saint-Denis sont desservies chacune par sept voitures à impériale couverte contenant 50 places ; la ligne Saint-Denis-Neuilly ne comporte que trois voitures. Les accumulateurs sont placés sous les banquettes et peuvent être facilement enlevés en soulevant les plaques de revêtement. Des contacts extérieurs permettent d'établir la communication par simple pression.

Chaque voiture, pèse en ordre de marche, de 10 à 11 tonnes à vide et 14 tonnes 5 avec les voyageurs. La caisse de la voiture repose sur deux trucks articulés à ressorts.

Sous chaque tramway sont adaptées deux dynamos Manchester, soit à induit Siemens, soit à induit Gramme, excitées en série et commandant par engrenages les roues du véhicule. Les moteurs électriques prennent 50 ampères sous 200 volts, à la vitesse angulaire de 1.350 tours par minute. L'engrenage ramène le nombre de tours au douzième, soit à 108 tours par minute.

Les variations de marche nécessitées par les difficultés plus ou moins grandes du profil du parcours exigent des variations de vitesse. Des maxima de 12 kilomètres par heure dans Paris et de 16 kilomètres hors des fortifica-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions ont, du reste, été imposés. Toutes ces variations de vitesse sont obtenues à l'aide de couplages des accumulateurs et des moteurs entre eux. Trois couplages d'accumulateurs correspondent au démarrage, à la vitesse maximum et à la petite vitesse. Pour le démarrage, les quatre batteries de 27 accumulateurs sont couplées en quantité ; la différence de potentiel utile est alors de 25 volts. Pour la vitesse intermédiaire, deux batteries sont montées en tension et deux en quantité ; enfin, pour la petite vitesse ou régime de marche ordinaire, les quatre batteries sont couplées en tension. Pour ce dernier régime, les inducteurs et les induits des moteurs sont en tension. les induits sont couplés en quantité, et les inducteurs en tension pour les démarrages de la vitesse maximum. Si pour une raison quelconque un des moteurs était mis hors de service, des appareils permettent d'établir des courts-circuits sur l'inducteur et l'induit. Un commutateur permet également de faire marche en avant ou en arrière, en renversant le sens du courant dans les inducteurs des moteurs.

Sur les lignes dans Paris, où les rampes maxima atteignent 36 millimètres par mètre, l'intensité de décharge monte au maximum, c'est-à-dire à environ 5 ampères par kilogramme de plaques avec une moyenne de 2 ampères par kilogramme. — Sur la ligne de Neuilly-Saint-Denis, les rampes ne dépassent pas 24 millimètres par mètre, l'intensité maximum de décharge est alors de 3,5 ampères par kilogramme de plaques.

Dans le dernier modèle de voiture mis en circulation, les accumulateurs sont logés dans une caisse unique suspendue au châssis de la voiture entre les deux essieux du truck. Cette caisse, pour une même énergie, ne renferme plus que 1.800 kilogrammes d'accumulateurs au lieu de 3 tonnes. Elle est suspendue par des cornières, à quatre crochets en acier fixés au truck. Entre les crochets sont des glissières en bois qui portent les contacts qui sont mis en communication avec les deux pôles de la batterie par d'autres contacts portés par la caisse elle-même. La manœuvre pour la mise en place de la caisse sous la voiture est des plus faciles : cette caisse est amenée sur un wagonnet spécial, bas, qui peut pénétrer sous la voiture. — On soulève la caisse avec des vérins, elle glisse alors au-dessus des crochets qui doivent la supporter et ensuite on la laisse descendre. Le wagonnet est enfin retiré. Cette manœuvre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exige à peine deux ou trois minutes avec trois hommes : avec l'ancienne disposition, la mise en place des batteries exigeait six hommes et six minutes.

Le châssis et le truck sont rigides; l'empattement est de $1^{m},90$; le poids total de la voiture, les voyageurs compris, n'est que de 12 tonnes; la voiture n'a qu'un seul train d'engrenages à chevrons. Les moteurs sont excités en dérivation, ont une puissance de 10 kilowatts, et tournent à la vitesse angulaire de 500 tours par minute. Chaque essieu est commandé par un moteur à l'aide d'un seul harnais d'engrenages à chevrons.

Le rapport des vitesses angulaires du moteur et de l'essieu est de 5 à 1. Le freinage électrique est obtenu en intercalant des résistances de moins en moins grandes et jusqu'à mettre l'induit en court-circuit : On dispose ainsi d'un frein puissant qui peut dispenser de l'emploi de freins mécaniques. Enfin, les moteurs shunt permettent aux descentes de récupérer dans les accumulateurs une certaine quantité d'énergie électrique. D'après les chiffres fournis à la suite de série d'expériences faites avec des wattmètres enregistreurs, la récupération atteint un chiffre qui ne serait pas inférieure à 18 % sur les lignes de Paris.

Nature des lignes desservies. — Voyages. — Les lignes de La Madeleine-Saint-Denis et Opéra-Saint-Denis ont des longueurs respectives de 8km,4 et 9km,2 ; l'écartement de voies est de $1^{m},44$. Les rampes maxima atteignent environ 36 millimètres par mètre sur des longueurs de 300 mètres.

Le service journalier comprend 52 voyages aller et retour. Les voitures font en moyenne, par jour, 148 ou 162 kilomètres. La ligne Saint-Denis-Neuilly a une longueur totale de 6 kilomètres et ne présente que fort peu de rampes, la rampe maximum ne dépasse pas 24 millimètres par mètre.

198. — *Ligne de Birmingham, en Angleterre.* — La ligne des tramways à accumulateurs de Birmingham est exploitée par la Birmingham Central Tramways C° depuis 1890. Elle a une longueur de 4.800 mètres et présente des rampes maxima de 30 millimètres par mètre et des courbes d'un rayon minimum de $12^{m},2$. L'usine de charge renferme deux moteurs à vapeur Davey-Paxmann de 30 chevaux et deux dynamos Elwell-Parker de 60 kilowatts à 200 volts. Les accumulateurs sont du système Epstein et au nombre de 96, d'une capacité totale de 90 ampères-heure. On compte douze voitures

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

automobiles et deux remorquées. Chaque voiture automobile comporte deux moteurs de 11 kilowatts. Enfin, comme nous le verrons plus loin les résultats économiques n'ont pas été très brillants.

199. — *Tramways de la Madeleine à Courbevoie et Neuilly.* — Cette ligne, qui a été mise à la disposition du public depuis le mois de mars 1897, présente un intérêt tout particulier, en raison de l'usage qui s'y trouve réalisé d'accumulateurs du système dit *à charge rapide*, déjà usité dans quelques villes d'Allemagne, à Dresde et Hagen instamment. Cette ligne, unique jusqu'aux fortifications, se divise ensuite en trois sections, l'une se dirigeant sur Courbevoie, l'autre vers Levallois-Perret ; la troisième, après un détour jusqu'à la porte Maillot monte au pont de Neuilly et à l'avenue de la Défense. Quelques rampes de 13 et même de 20 millimètres par mètre se rencontrent sur ce parcours d'une longueur totale de 18 kilomètres environ.

La Société Industrielle des Moteurs, qui a fait l'installation de ce réseau avait tout d'abord songé au *système mixte*, déjà employé par la ville de Hanovre : les accumulateurs étant chargés en route sur le parcours du trolley aérien extra-muros, le fil étant abandonné dès l'entrée dans la ville. Mais la municipalité de Neuilly, par raison d'esthétique, s'opposa formellement à la pose d'un fil aérien le long de l'avenue, il devint nécessaire de recourir aux seuls accumulateurs pour le parcours total.

En présence des garanties de fonctionnement offertes par la Société Tudor, la Société des Moteurs entreprit toute l'installation et l'exploitation elle-même, fournissant à la Cie des Tramways le kilomètre-voiture au même prix que la traction animale, amortissement du matériel compris.

Une seule usine fut édifiée dans l'ancien dépôt des tramways, 45 quai National, à Puteaux.

Trois chaudières " Babcock-Wilcox " pouvant fournir chacune 1800 kilogrammes de vapeur à l'heure, alimentent trois groupes " Willans-Brown ". La salle des machines accotée à la chaufferie, a été très heureusement aménagée.

Ces machines à simple effet et triple expansion peuvent développer 200 à 225 HP à la pression de 15 kilogrammes. Les dynamos construites dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

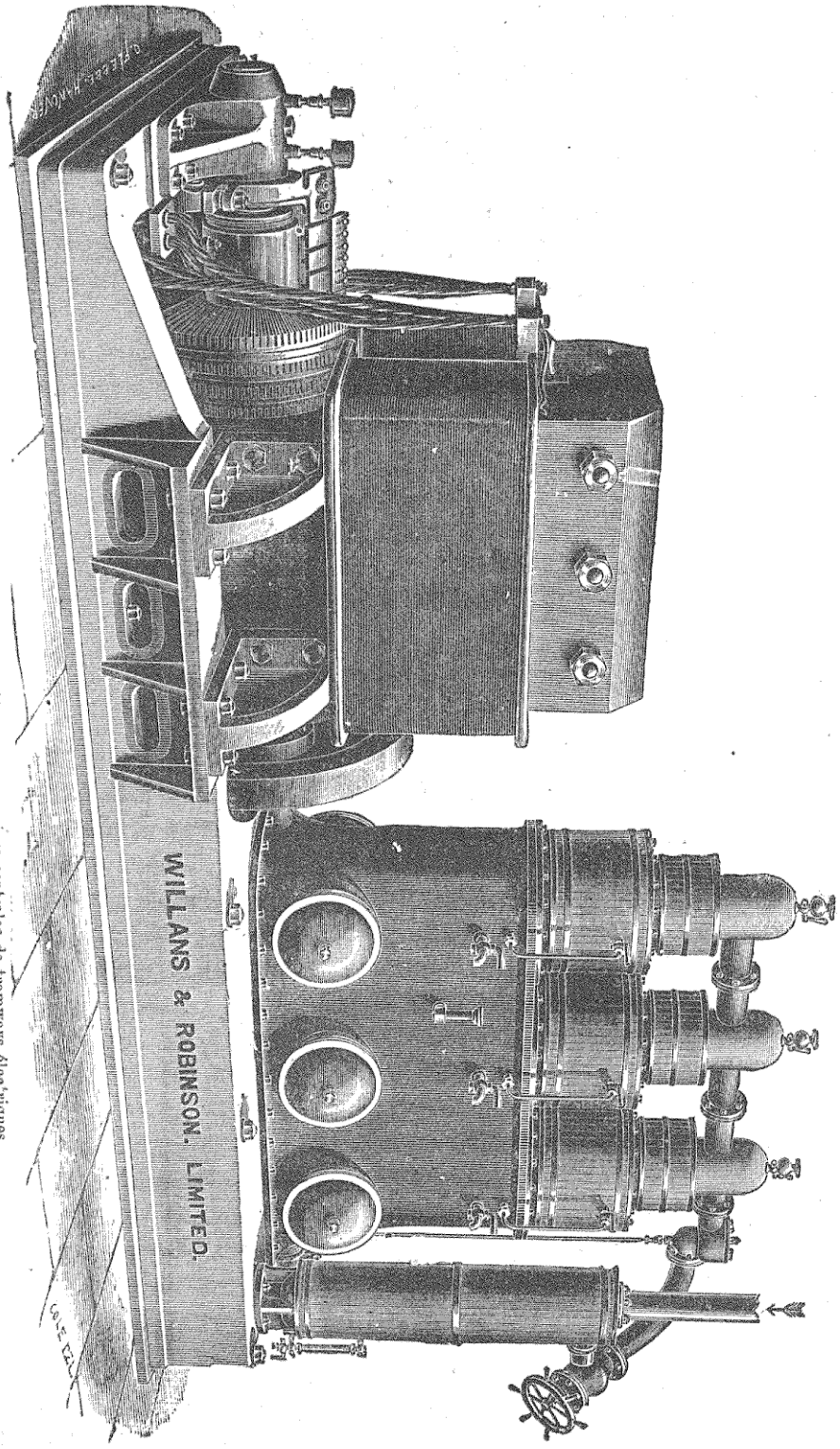


Fig. 143. — Groupe électrogène Willans-Siemens pour usines centrales de tramways électriques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nouveaux ateliers du Havre, sont à 4 pôles, peuvent fournir 200 ampères sous 600 à 650 volts, à la vitesse de 460 t/m.

Les générateurs Babcock et Wilcox marchent à une pression de 16 kilogrammes par centimètre carré; ils sont munis de débourbeurs et d'un *économiseur*. Un emplacement a été réservé pour un quatrième générateur.

Les gaz de la combustion, immédiatement après la chaudière, passent par l'économiseur et servent à réchauffer l'eau d'alimentation ; ils s'échappent ensuite par une cheminée en briques de 30 mètres de hauteur et de $1^{m},30$ de diamètre.

Condensation et alimentation. — L'eau de Seine employée pour la condensation est puisée par deux pompes centrifuges actionnées chacune par un électromoteur ; cette eau est refoulée ensuite dans une bâche et y forme une réserve ; elle est dirigée de là vers le condenseur du système Blake.

L'alimentation se fait, soit au moyen de l'eau chaude du condenseur, soit au moyen de celle de l'économiseur, par l'intermédiaire d'un petit cheval alimentaire.

Les *feeders* sont au nombre de 6 ; le courant pris aux barres de distribution sur la droite du tableau traverse un interrupteur à levier et un interrupteur automatique servant de disjoncteur. La rupture se fait dans ce dernier en deux fois, la dernière rupture se produisant entre deux crayons de charbon afin d'atténuer l'effet toujours destructeur d'un arc sous 600 volts. Un ampèremètre intercalé dans chaque circuit permet de se rendre compte de la valeur de l'intensité de charge sur chaque *feeder*. Les coupe-circuits sont situés au départ de chaque *feeder*. Trois *feeders* sont actuellement en service ; le premier est très court, 650 mètres il dessert les postes de charge au terminus Courbevoie-Neuilly. Le deuxième, de 2 kilomètres de longueur et de 150 millimètres carrés de section, aboutit place Victor-Hugo, à Courbevoie. Le troisième qui a 3 kilomètres 500 de longueur et 250 millimètres carrés de section, a son extrémité au bord de la Seine, quai Michelet à Le-

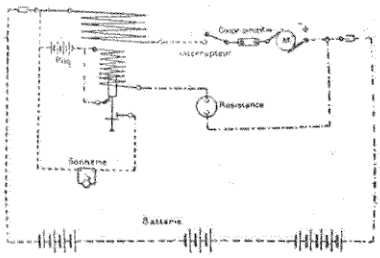


Fig. 144. — Disposition des circuits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vallois. La résistance de chaque *feeder* est sensiblement la même, afin d'avoir une égale perte de charge.

Les câbles placés en terre sont formés d'une âme en cuivre rouge isolée au moyen d'une couche de jute imprégné et d'un ruban enduit. Une double gaine de plomb entoure le câble et le soustrait à l'action de l' humidité. Le câble est en outre protégé par une armature de fer feuillard en deux couches et recouvert d'un enduit protecteur.

Le tableau de distribution comprend trois parties distinctes: à gauche, est la partie réservée aux dynamos, à droite se trouve le départ des feeders; la partie centrale est réservée pour l'appareillage de lumière de l'usine et à l'alimentation de divers circuits.

Les postes de charge situés à proximité des bureaux de contrôle affectent extérieurement la forme d'avertisseurs d'incendie. Une colonne ornementée en fonte supporte une boîte spéciale peinte en rouge contenant la prise de courant et l'indicateur de fin de charge. La communication est établie avec les accumulateurs placés sur la voiture à recharger au moyen d'un câble souple à deux conducteurs. Pour rendre plus facile les connexions et pour éviter toute erreur, les broches de contact affectent l'une la forme d'une croix (+), celle qui est reliée au pôle positif, l'autre la forme d'une fente (—), celle qui est reliée au pôle négatif; toute interversion est ainsi rendue mécaniquement impossible.

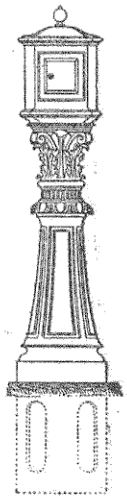


Fig. 145
Poste de charge.

La Compagnie des Tramways ayant voulu conserver son personnel d'anciens cochers, il eut été téméraire de songer à en faire des électriciens; il a donc fallu imaginer des dispositions simples pour mettre convenablement la la voiture en charge et pour avertir le wattman aussitôt l'opération terminée; ce résultat est atteint par le jeu d'un indicateur de fin de charge fort ingénieux. Grâce à ce dispositif, la manutention des batteries et le remplacement des accumulateurs vides par des accumulateurs chargés sont supprimés. Le conducteur, aussitôt sa voiture revenue de la plaque tournante, introduit le câble dans le poste de charge. Il sait qu'il est surveillé de l'usine et que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'horaire indique à l'électricien placé au tableau de distribution qu'elle est la voiture en charge. La connexion une fois établie, il revient au petit tableau en marbre aménagé sur chaque voiture, et ferme le circuit. On entend aussitôt fonctionner les « aspirateurs » et en quelques minutes, parfois 7 ou 8, le plus souvent 10 à 12 minutes, la charge est effectuée avec une intensité moyenne de 120 ampères. Le courant venant de la batterie aboutit aux deux leviers d'un commutateur bipolaire à deux directions placé dans une armoire

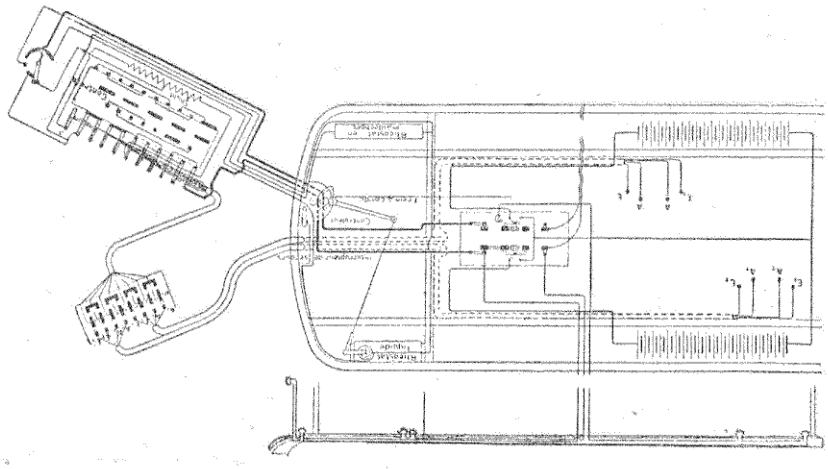


Fig. 146. — Disposition des circuits pendant la charge.

spéciale. En rabattant les leviers en haut ou en bas, on met la batterie en communication, soit avec le *controller* ou manipulateur, soit avec les bornes de charge. Ce dispositif à l'avantage d'empêcher la mise en marche de la voiture, par mégarde, lorsqu'elle est en charge, ce qui pourrait arriver si le manipulateur était relié en permanence avec la batterie.

Ce commutateur porte à ses côtés, deux autres petits commutateurs qui permettent de fonctionner avec l'une ou l'autre des demi-batteries, en cas d'avaries à l'une d'elles.

Le *controller* proprement dit, manœuvré au moyen d'un levier à axe vertical, porte une série de touches pour le démarrage. Aussitôt la touche zéro ou de repos franchie, la manette arrive sur la première touche et établit le courant sur les deux moteurs en série en intercalant un premier rhéostat liquide formé d'une électrode de plomb s'enfonçant plus ou moins dans un bain de carbonate de soude.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La manette en tournant fait descendre l'électrode et diminue ainsi la résistance, le démarrage se produit. Sur la touche suivante, le rhéostat liquide est remplacé par un rhéostat métallique placé lui aussi sous la voiture et finalement sur la troisième touche ; tout rhéostat est donc supprimé, les moteurs sont dès lors en marche normale.

En continuant à tourner dans le même sens on arrive sur la dernière touche ce qui a pour effet de shunter en partie les inducteurs des moteurs, la force contre-électromotrice diminue et le courant augmente dans l'induit ainsi que le couple moteur.

En revenant au zéro on passe en sens inverse par les mêmes points et en allant au delà du zéro, une chaîne actionnant à la fois les quatre cordes des

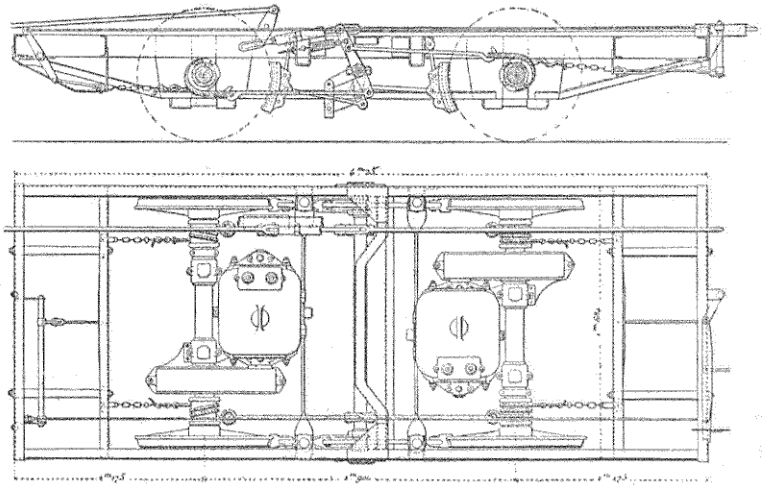


Fig. 147 et 148. — Elévation et plan d'un truck du tramway à accumulateurs Madeleine-Puteaux.

freins s'enroule sur l'axe du *controller* et le serrage se produit.

Au-dessus de la manivelle du *controller* se trouve la poignée d'un coupleur qui permet d'obtenir la marche « avant » ou « arrière » et une marche à grande vitesse en mettant les deux moteurs en parallèle. Une touche spéciale a également été réservée pour le frein électrique mais son action étant trop énergique, celle du frein à corde suffit en pratique.

Le poids de la voiture en ordre de marche, avec ses 52 voyageurs, est de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

14 tonnes. Elle peut remorquer au besoin une deuxième voiture de 7 tonnes pour les jours d'affluence.

Malgré le porte-à-faux très marqué des plateformes d'avant et d'arrière, la voiture possède une grande stabilité, la masse des accumulateurs assez considérable se trouvant portée au centre ; de plus, le rapprochement des essieux a permis de l'empâtement afin de faciliter la marche dans les courbes de faible rayon.

La partie mécanique a été établie, avons-nous dit par la Société des Moteurs électriques et à vapeur, et la carrosserie par les ateliers Desouches et David, de Pantin. Les moteurs, au nombre de deux, d'une puissance de 25 chevaux chacun, sont à quatre pôles, avec balais en charbon. Une carcasse en fonte les enveloppe entièrement et les enferme hermétiquement, une trappe permet de visiter les balais ou de modifier leur calage. Chaque moteur attaque l'essieu correspondant par un seul train d'engrenages, les pignons baignent dans l'huile et sont absolument silencieux.

Les leviers de quatre freins puissants à corde sont également fixés au truck et permettent un arrêt très rapide de la voiture ; en outre, un frein à vis manœuvré de l'avant ou de l'arrière peut agir au besoin, et son action plus douce et plus modérable est utilisée sur les déclivités. Le truck supporte également des sablières qui préviennent les glissements et le patinage au démarrage.

Accumulateurs. — Chaque voiture reçoit 200 éléments Tudor de 18 kilogrammes chacun, soit un poids total de 3.600 kilogrammes. Les éléments ont les dimensions suivantes :

Epaisseur	8 c/m
Longueur	23 —
Hauteur totale.	34 —

Chaque élément est constitué avec cinq plaques, trois négatives et deux positives, contenues dans un vase en ébonite, reposant sur des semelles isolantes également en ébonite. Les éléments sont soudés et logés à poste fixe sous des banquettes en quatre rangées de 50 éléments. Ils sont constamment chargés ou déchargés en série, sans aucun couplage. Le *controller* prend le courant aux bornes de la batterie et le distribue aux moteurs de la voiture comme le courant provenant d'un *trolley*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le plancher sur lequel reposent les éléments, ainsi que les compartiments qui leur sont affectés ont été soigneusement badigeonnés avec un vernis spécial à base de caoutchouc, afin d'éviter que le bois ne soit détérioré par les émanations acides. Des trous ont été ménagés dans le plancher afin d'éliminer l'acide qui pourrait être projeté hors des bacs lors d'un arrêt brusque par exemple.

Cette installation qui ne fonctionne que depuis quelques mois, à l'heure où paraît la présente édition, paraît la mieux conditionnée qui existe actuellement, et le relevé des dépenses de ce mode d'emploi des accumulateurs démontre qu'une importante économie est réalisée sur tous les autres systèmes similaires ; le kilowatt-heure dépensé par les voitures ne coûtant pas plus de 10 centimes.

200. — *Ligne de Mont-Vernon à New-York.* — Cette petite ligne, établie en 1893, ne mesure pas plus de 3.500 mètres de longueur, et elle présente des rampes variant entre 4 $^{m}/^{m}$,5 et 65 millimètres par mètre. Les accumulateurs en usage à bord des voitures sont du système Elieson ; ils sont couplés en tension ou en quantité, suivant les besoins et le profil de la route. L'usine de charge comporte une chaudière de 50 chevaux et une dynamo Dallet de 40 kilowatts, donnant 70 ampères sous 550 volts.

201. — *Tramways électriques en Allemagne et en Autriche.* — Divers essais de traction électrique sur voies de tramways ont encore été tentés dans le courant de ces dernières années. Ainsi, en 1893, à New-York, une ligne a un moment fonctionné avec cinq voitures pourvues chacune de 144 accumulateurs, d'une capacité de 11 ampères-heure par kilogramme de plaques. Chaque voiture avait deux moteurs de 25 chevaux. La moyenne du parcours journalier de chaque voiture était de 140 kilomètres. Cet entreprise n'a eu qu'une durée éphémère.

En 1896, des essais de traction électrique par accumulateurs ont été réalisés à Hagen et à Vienne (Autriche) avec des accumulateurs de Waddell-Entz à zincate alcalin, type Commelin-Desmazures-Baillehache. Des essais semblables avaient été faits deux ans auparavant à Berlin. Quoiqu'il en soit, voici les renseignements qui ont été publiés au sujet de ces lignes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La ligne a 3 kilomètres de longueur ; Kuckelhausen-Marbet-Hagen, doit être traversé à 12 kilomètres à l'heure. La vitesse maximum a été fixée à 15 kilomètres à l'heure. La plus forte courbe a 15 mètres de rayon et la plus forte rampe, 40 millimètres par mètre. L'écartement des rails est de 1 mètre. Le nombre des voitures actuellement en service est de cinq, dont une est destinée au parcours Hagen-Echesey, qui a dû être inauguré il y a quelques mois. Les voitures sont à 26 places dont 12 assises et 14 debout. Les roues sont actionnées par un moteur d'une puissance de 15 chevaux et contiennent 88 accumulateurs logés sous les banquettes. Les premières expériences faites par un temps de neige ont parfaitement réussi, malgré les nombreuses courbes et rampes du parcours et le défavorable établissement des rails. La vitesse moyenne a été de 8 à 9 kilomètres à l'heure. La charge de la batterie est suffisante pour un parcours de 33 kilomètres. Le poids total de cette batterie, avec la caisse de bois, est d'environ 1.400 kilogrammes pour un poids total de voiture avec voyageurs de 7.000 kilogrammes.

Deux des voitures sont sorties de la maison Van der Zypen et Charlier, de Deutz ; l'installation et les moteurs sont de la maison Siemens et Halske. Les trois autres voitures sont de la maison Ph. Herbrand et Cie, de la Cologne-Ehrenfeld ; la construction de la partie inférieure ressemble à celle des wagons de chemins de fer. Deux de ces voitures ont été équipées par les ateliers d'Oerlikon et la troisième par la Société Schückert. Dans les voitures d'Ehrenfeld, les moteurs sont montés sur caoutchouc et ressorts, solidement fixés sur le plancher de la voiture. Le moteur actionne la paire de roues motrices par l'intermédiaire d'un train d'engrenages dont le rapport des vitesses est de 1 à 5.

Les moteurs sont excités par une batterie de 12 accumulateurs et on fait varier l'excitation au moyen d'une résistance. L'excitation, sans l'interposition de cette résistance, correspond à la vitesse maximum de 12 kilomètres à l'heure. Sur cette petite batterie sont aussi branchées cinq lampes de douze bougies, servant pour l'éclairage de la voiture (3 à l'intérieur et 2 au dehors.) L'éclairage étant pris sur cette batterie d'excitation, n'est pas influencé par les variations du couple moteur. Les 76 autres éléments sont divisés en quatre sous-batteries dont le couplage se fait à l'aide d'un commutateur comportant huit positions permettant les variations de vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au démarrage, dans la position 2 du curseur, les quatre sous-batteries sont en quantité ; on les met ensuite deux en quantité et deux en tension, puis les quatre en tension, et finalement les positions cinq et six permettent d'introduire des résistances dans l'excitation. — La position 1 du curseur sert pour le freinage électrique, l'induit étant alors mis en court-circuit. Ce freinage permet l'arrêt sur un parcours variant de moitié à une fois la longueur de la voiture, celle-ci marchant à la vitesse de 12 kilomètres par heure.

Dans le cas d'un ralentissement de vitesse obtenu par la manœuvre du commutateur, ou dans une pente, l'énergie cinétique de la voiture est employée pour la récupération de la charge des accumulateurs. La vitesse en pente, et pour un courant de charge variant de 200 à 300 ampères, n'est pas supérieure à plus de 15 % de la vitesse en palier correspondante.

La station de charge est bâtie sur le terrain même de la fabrique d'accumulateurs. On charge 44 éléments en tension. Ceux-ci sont disposés sur un plancher, et afin d'obtenir une vive circulation de l'électrolyte, le fond des boîtes est chauffé par des tubes en forme de serpentin où circule de l'eau chaude. La charge commence à 0,9 volt et est terminée à 1 volt. La température de l'électrolyte est portée à 50° C. environ.

Pour Vienne, les résultats des expériences ont été les suivants :

La longueur de la ligne d'essai de Hüteldorf-Westbahn, est de 5.800 mètres, avec deux courbes sur une rampe de 36 millimètres par mètre. Sur une longueur de 1.500 mètres, il y a une rampe moyenne de 20 millimètres par mètre. Les voitures sont munies de 136 accumulateurs, dont 8 destinés à l'excitation des moteurs et à l'éclairage de la voiture. Les 128 autres éléments forment 4 sous-batteries de 32 éléments chacune. Les bobines d'excitation sont divisées en trois parties, de façon à donner la possibilité de faire varier la vitesse et le couple moteur. Un commutateur, relié aux balais de l'induit, aux trois bobines d'excitation, aux 4 batteries de 32 éléments, et à la batterie d'excitation, permet le couplage de ces différents organes, de façon à obtenir toutes les vitesses, depuis la plus faible jusqu'à la plus rapide. La première position du curseur correspond à la mise en court-circuit de l'induit pour le freinage de la voiture. Une position inverse correspond à la marche en arrière à la plus faible vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moteur est à pôles intérieurs, d'une puissance normale de 15 chevaux, mais pouvant être portée, le cas échéant et sans inconvénient, à 25 chevaux. Son poids est de 650 kilogrammes ; sa vitesse angulaire de 530 tours à la minute, avec une intensité de courant de 160 ampères. Le moteur fonctionne, suivant les divers couplages de la batterie, à 25, 50 ou 100 volts; son mouvement est transmis aux roues motrices par l'intermédiaire d'une paire d'engrenages en bronze phosphoreux; le rapport des vitesses est de 6 à 1. Pour 530 tours au moteur, les essieux ont une vitesse angulaire de 88 tours par minute, correspondant à une vitesse de $3^{m},90$ par seconde ou 14 kilomètres à l'heure. Le poids d'une voiture complète, avec 32 voyageurs, est d'environ 8 tonnes, soit 4.700 kilogrammes pour le véhicule, 800 pour le moteur avec ses transmissions, et 1.900 kilogrammes pour les voyageurs.

202. — *Frais de premier établissement des lignes de tramways, à accumulateurs.* — La question des frais d'établissement de ces lignes est très importante, et celle qui mérite le plus de fixer l'attention des ingénieurs. Si l'on compare ces frais avec ceux nécessités par l'emploi du fil aérien, on peut se rendre compte qu'ils sont à peu près les mêmes, pour une intensité moyenne de trafic, et un peu plus élevés pour des trafics importants nécessitant 3 ou 4 voitures en service par kilomètre. Voici d'ailleurs quels ont été les frais d'établissement de l'installation de Saint-Denis dont nous avons parlé au commencement.

3 machines à vapeur Corliss.	88.000 francs
3 chaudières semi-tubulaires	48.000 —
Tuyauterie, réservoirs, puits, pompes	58.500 —
Transmission	37.000 —
3 dynamos Desroziers.	43.000 —
Fouilles, fumisterie, cheminées, etc.	96.500 —
Total (non compris les bâtiments) . .	371.500 francs
44 batteries d'accumulateurs.	203.000 —
Tableau de transmission, bancs de charge . . .	34.000 —
(Non compris bâtiments, wagonnets et voies.)	
25 voitures à impériales équipées électriquement. .	425.000 —
Total. . . .	1.033.760 francs

Soit un peu plus de 60 000 fr. par kilomètre en service et environ 6 000 fr. par kilomètre-voiture effectué par heure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

203. — *Frais d'exploitation.*— Les frais d'exploitation par le système à accumulateurs, diffèrent, toutes choses égales d'ailleurs, avec le système à fil aérien par la plus grande dépense de force motrice, par l'addition des frais de manutention, surveillance, entretien et renouvellement des batteries, déduction faite de l'entretien de la ligne aérienne. Sur les lignes de Paris, les dépenses annuelles, évaluées par kilomètre-voiture, sans comprendre les amortissements, sont les suivantes :

	Par kilomètre-voiture.
Production de force motrice	0fr,1841
Personnel de conduite	0 ,0788
Entretien des trucks et des moteurs.	0 ,0918
Dépenses diverses	0 ,0090
Frais généraux	0 ,0133
Entretien et manutention des accumulateurs . .	0 ,1652
Total. . . .	0fr,5422

Le nombre de kilomètres-voitures parcourus a été de 803.293, soit 47.200 par voiture en service, et environ 20.000 par kilomètre de ligne.

Le kilomètre-voiture nécessite à l'usine une production de 564.000 kilogrammètres pour un travail de 170.000 kilogrammètres disponible aux jantes des roues de voitures. Le rendement ressort donc, d'après ce calcul, à 30 % seulement, ce qui est un résultat assez médiocre.

Les frais de manutention pour le chargement des batteries peuvent s'évaluer à environ 0fr,015 à 0fr,025 par kilomètre-voiture.

Les frais d'entretien et de renouvellement des batteries sont peu connus, mais on peut se faire une idée des derniers de la manière suivante : il paraît établi que les plaques positives doivent être réempâtées en moyenne après un parcours de 15 à 20000 kilomètres et que les plaques négatives durent environ le quadruple.

Dans l'installation de Saint-Denis, le poids des plaques positives de chaque voiture est d'environ 1 200 kilogrammes et celui des plaques négatives d'environ 800 kilogrammes. En évaluant les frais de renouvellement à 1fr,25 le kilogramme de plaque, le prix du kilomètre-voiture est grevé de ce seul chef de 0fr,10 à 0fr,11, non compris les frais de surveillance et entretien. On

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut donc estimer de 0fr,14 à 0fr,16 par kilomètre-voiture la plus-value des frais d'exploitation qui résulte de ce chef avec l'emploi des accumulateurs. Cette dépense considérable, constitue le point faible du système.

Ajoutons cependant, qu'à la suite des améliorations apportées récemment aux diverses parties du matériel, la Compagnie exploitant ces lignes de tramways est parvenue à réaliser d'importantes économies sur la dépense de force motrice, et l'entretien et la manutention des accumulateurs. Les résultats suivants ont été atteints :

Production de force motrice.	0fr,13
Entretien des trucks et moteurs.	0 ,03
Entretien et manutention des accumulateurs. . .	0 ,10
Personnel de conduite.	0 ,08
Total. . . .	0fr,34

On réalise ainsi sur les dépenses précédentes une économie de 30 %. Ce dernier chiffre n'offre rien d'exagéré et mérite d'être pris en sérieuse considération.

La *Birmingham Central Tramway et Cº* a publié en 1892 quelques renseignements sur l'exploitation pendant l'année 1891-1892. Ces résultats sont désastreux : la perte a été de 13,87 centimes par voiture-kilomètre. Les dépenses effectuées se répartissent de la façon suivante :

	Par kilomètre-voiture.
Production de force motrice (combustible, eau, personnel, divers).	0fr,3813
Matériaux divers, ...	0 ,2609
Réparations des voitures	0 ,0720
Trafic, poinçonnage, divers.	0 ,0934
Voie et constructions	0 ,1114
Frais généraux	0 ,0783
Total. . . .	0fr.9973

Les dépenses sont très élevées et sont loin des chiffres que nous avons donnés plus haut. Elles correspondent à une recette totale de 260 550 francs, un transport de 1 382 997 voyageurs et un parcours total 303 504 kilomètres. Ces éléments de trafic semblent cependant se prêter à une exploitation plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

économique. Pendant l'année 1893, avec les dépenses courantes de traction et les réparations seules comprises, les frais d'exploitation se sont encore élevés à 0fr,723 par voiture-kilomètre pour un parcours de 206858 kilomètres.

Dans les essais de traction par accumulateurs effectués en juin 1896 dans la grande avenue de New-York, les dépenses d'exploitation ont été les suivantes :

Production de force motrice :

	Par kilomètre-voiture.
Personnel	0fr,155
Combustible	0 ,070
Huile, chiffons, eau	0 ,005
Entretien des moteurs	0 ,010
Entretien des accumulateurs	0 ,059
Total.	0fr,290

Au sujet des expériences de traction exécutées à Vienne et dont nous avons parlé plus haut, on a calculé les résultats probables d'exploitation qui seraient obtenus avec des tramways à accumulateurs Waddel-Entz, zinc, cuivre, potasse. Ces résultats sont les suivants :

60 voitures à 32 places d'un poids de 9,2 tonnes faisant par jour 150 kilomètres, soit 3285000 voitures-kilomètres par an :

	Par voiture-kilomètre.
Personnel	0fr,015
Charbon	0 ,033
Graissage	0 ,0033
Chauffage et éclairage	0 ,005
Assurance.	0 ,0025
Renouvellement	0 ,01775
Entretien des moteurs	0 ,00375
Amortissement	0 ,0857
Intérêts du capital d'installation.	0 ,039
Total.	0fr,212

Ainsi donc, le prix total de l'installation de 60 voitures à 32 places coûterait 500 000 francs d'après ces évaluations. Mais ajoutons que ces chiffres ne constituent encore que des prévisions, aussi faut-il laisser à l'expérience le soin de nous donner, à ce sujet, une réponse définitive.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IX

TRAMWAYS A GAZ ET DIVERS

204. — *Avantages des moteurs à gaz pour la traction mécanique.* — Nous démontrerons, dans la troisième partie de cet ouvrage, quelle est l'importance du rôle assumé par les moteurs à pétrole ou à gazoline dans le développement de l'automobilisme (transports individuels ou en commun sur routes), rôle à ce point prépondérant que toutes les voitures mécaniques de plaisance, actuellement en service, possèdent ce genre de moteurs. Ce fait, d'ailleurs, se comprend aisément et se justifie par la sécurité de marche que donne le moteur à pétrole, la facilité de sa conduite, l'économie réalisée dans la production de la force, enfin, la certitude du réapprovisionnement facile en cours de route. Un moteur de 20 chevaux, en effet, ne dépense pas plus de 10 kilogrammes d'essence de pétrole, au maximum, par heure, si bien qu'un fût d'un hectolitre pourrait assurer une marche continue pendant une journée de 10 heures. Cependant, il faut aussi reconnaître que ce genre de machines n'est pas absolument à l'abri de tout reproche. La difficulté de leur mise en train empêche de les arrêter en même temps que les voitures, leur manque de souplesse oblige à les compléter par des mécanismes de changement de marche et de variation de vitesse, encore quelque peu compliqués. Mais ce ne sont là que des questions de détail qui ne tarderont pas, probablement, à être résolues, et ces inconvénients ne sont pas de nature à contre-balancer les avantages inhérents à ces moteurs, et que nous venons d'énumérer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces avantages et ces inconvénients se retrouvent dans les automobiles actionnées par des moteurs à gaz, avec cette particularité que l'approvisionnement de pétrole devant y être remplacé par un approvisionnement de gaz comprimé, forcément plus limité et moins énergique, il faut, en outre, assurer le renouvellement facile de cet approvisionnement par l'addition de postes ou stations de compression disposés le long du parcours.

Le champ des applications des automobiles à gaz sera donc toujours forcément plus limité que celui des automobiles à pétrole ; en fait, actuellement, les automobiles à gaz n'ont guère été appliqués que sur les tramways des villes, le long desquels il est facile d'installer les postes de compression nécessaires ; mais ces applications ont eu, dès l'origine, un succès tel qu'elles paraissent appelées à un avenir considérable et rapide.

205. — *Tramways à gaz de Dresde, de Dessau et de Blackpool.* — Les voitures de ces tramways sont du système Luhrig, et leurs machines du type Otto. Dans les voitures du type le plus récent, le moteur à gaz, de 14 chevaux, est à deux cylindres opposés, de 190 millimètres de diamètre sur 250 de course, avec manivelles à 180° pour en assurer l'équilibre, et disposés latéralement sur le châssis, sous les banquettes de la voiture. Sous la banquette d'en face, se trouve l'un des réservoirs de gaz comprimé. Les deux essieux sont moteurs et commandés au moyen de chaînes par un renvoi à embrayage de friction, engrenages, changements de marche et de vitesse, disposés de manière à fonctionner sans chocs et à équilibrer presque complètement le poids du moteur. On peut ainsi facilement arrêter, démarrer, marcher en avant et en arrière, à des vitesses de 6 kil. 1/2 et 14 kilomètres. Les trois réservoirs de gaz : un sous la banquette et deux disposés transversalement, renferment 1.120 litres de gaz comprimé à 10 kilogrammes. Quand le moteur tourne à vide, aux arrêts, un seul cylindre fonctionne au lieu de deux, et à 75 tours par minute au lieu de 260 ; en faible charge, il tourne à sa vitesse normale, mais toujours avec un seul cylindre. Le graissage se fait économiquement par un dispositif proportionnant exactement la dépense d'huile à la puissance développée par le moteur. L'approvisionnement d'eau nécessaire pour le refroidissement des cylindres se trouve dans une série de tubes disposés sur le toit de la voiture, où il se rafraîchit, et sa circulation est entretenue par une pompe. La voiture porte 16 voyageurs à l'intérieur et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

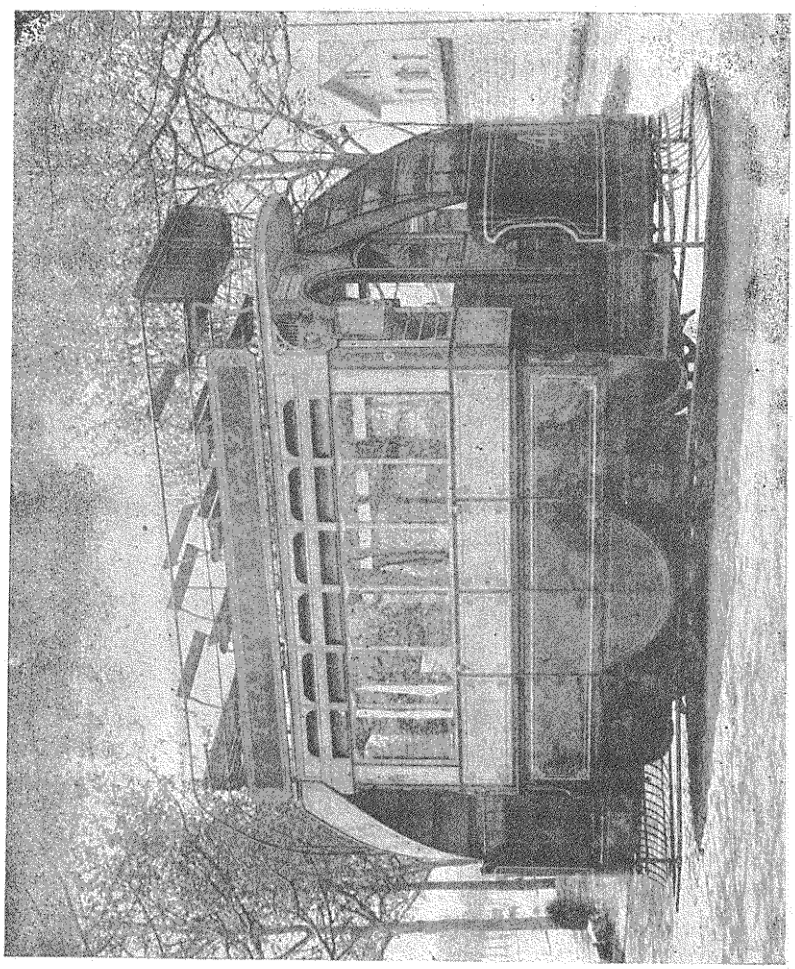


Fig. 149. — Tramway à gaz système Luhrig

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

24 à l'extérieur ; elle pèse 7 tonnes 1/2, franchit facilement les rampes de 1/30 et les courbes les plus raides. Dépense moyenne, 530 litres de gaz par voiture-kilomètre.

Les tramways de Blackpool fonctionnent avec la plus grande régularité, mais ils sont de date encore trop récente pour que l'on puisse porter sur eux un jugement définitif. Il n'en est pas de même des tramways de Dessau et de Dresde, sur lesquels a été inauguré le système Luhrig. La petite ligne de Dessau n'a que 6 kil.,2, et ne comprend que 13 voitures automobiles et 7 voitures remorquées par ces automobiles, mais elle fonctionne régulièrement depuis 1894, et les résultats de son exploitation ont été constatés par des rapports dignes de foi. Ces principaux résultats sont les suivants : Voyageurs transportés en 1895 : 885.271 ; dépense de gaz totale ; 205.315 mètres cubes et 510 litres par voiture-kilomètre, soit 0 fr.,54, y compris les salaires des mécaniciens, du personnel des ateliers, le gaz des stations de compression, l'eau, les frais d'entretien et de réparation, etc. A Dresde, avec quatre petites automobiles seulement, la dépense a été de 640 litres par voitures-kilomètre.

Ces résultats ont été considérés, en Allemagne, comme assez satisfaisants pour conclure à l'adoption du système sur d'autres lignes plus étendues, telles que celles de Heischberg-Hermsdorff et Rudesheim-Wiesbaden, la première sur un parcours de 13 kilomètres et l'autre sur un trajet de 43 kilomètres.

206. — *Tramways à gaz de la Compagnie Générale des Omnibus.* — Le succès du système de traction mécanique des tramways à gaz a décidé la Compagnie générale des Omnibus à poursuivre pendant un mois des essais sur la ligne de tramways allant de la Villette à la place de la Nation, sur un parcours de 5 kilomètres. Ces essais, qui ont été faits avec un véhicule de la *Gaz traction C°* de Londres, propriétaire des brevets Luhrig, ont permis de se rendre compte de la valeur de ce procédé, sous les points de vue très divers, pour une exploitation difficile telle que celle des tramways de Paris, et, en même temps, d'avoir des chiffres exacts de la dépense de gaz dans des conditions différentes, suivant l'état des voies, le temps, l'affluence des voyageurs, l'encombrement de la route par les voitures étrangères, etc., dans lesquelles se présente une semblable exploitation. Voici donc, d'après

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un excellent article de M. Pierre Guédon, chef de dépôt à la Compagnie des Omnibus, les résultats obtenus dans ces essais (1) :

La voiture employée est à impériale et peut contenir 42 voyageurs ; à vide elle pèse 7 tonnes environ, et 10 tonnes en charge.

Ce poids n'est pas exagéré pour des voitures automobiles : en effet, le poids des dernières voitures Serpollet à 50 places est en charge de 15 tonnes environ ; celui des automobiles à air comprimé de la ligne « Saint-Augustin — Cours de Vincennes » de la Compagnie générale des Omnibus dépasse ce chiffre et enfin les tramways électriques qui circulent entre Saint-Denis et la Madeleine, et entre Saint-Denis et l'Opéra, pèsent plus de 14 tonnes.

Une voiture à gaz de la même contenance, chargée pour un parcours de 15 à 20 kilomètres, pèserait seulement un peu plus de 12 tonnes.

La force du moteur de la voiture en essai sur la ligne de « la Villette à la place de la Nation » est de 12 à 15 chevaux, la vitesse qu'il peut imprimer à la voiture, en palier, est de 16 kilomètres à l'heure (le maximum de vitesse autorisé dans Paris est de 12 kilomètres) et de 8 kilomètres environ dans les rampes de 3 % se trouvant en même temps en courbe de 20 à 30 mètres de rayon.

Dans les pentes, les tramways à gaz peuvent atteindre, sans action motrice une plus grande vitesse que les automobiles à vapeur ou à air comprimé, parce qu'on débraye alors le moteur d'avec les roues, et que la voiture se comporte ainsi comme si elle n'avait pas de moteur. Sa résistance à la marche s'abaisse, par suite, à 7 ou 8 kilogrammes par tonne de son poids, — comme pour les tramways à chevaux, — tandis qu'elle est de 12 kilogrammes en moyenne dans les autres voitures de tramways à traction mécanique.

Les tramways à gaz peuvent ainsi descendre, à la vitesse de 12 kilomètres, des pentes de 7 à 8 millimètres d'inclinaison, par la seule action de la gravité ; pour les tramways à vapeur ou à air comprimé, les pentes égales ou supérieures à 12 millimètres peuvent seules être franchies ainsi à une vitesse constante sans le secours du moteur.

Les réservoirs à gaz employés dans la voiture essayée sur la ligne de la Villette étaient au nombre de trois, et leur capacité totale était de 1.250 litres.

1. La *Locomotion automobile*, 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ils étaient chargés, à la station de départ, de gaz sous une pression de 10 kilogrammes, de sorte que le volume réellement emmagasiné et disponible à la pression atmosphérique, était de 12.500 litres. Le gaz ayant une densité de 0,410 par rapport à l'air et pesant par conséquent 530 grammes par mètre cube, le poids emmagasiné est de 6 kg. 650 seulement.

Dans les essais précédemment effectués avec cette voiture entre Paris et Saint-Denis sur une voie très propre et sensiblement en palier, la consommation de gaz relevée a été de 550 litres par kilomètre; en augmentant ce chiffre de 10 % pour la consommation pendant les arrêts aux points terminus, la consommation kilométrique moyenne ressort ainsi à 600 litres environ. Sur une voie en bon état et sans fortes rampes, la voiture pourrait donc franchir sans rechargement 20 kilomètres environ.

Or, dans nos villes, les lignes les plus longues n'ont pas plus de 10 kilomètres; une seule usine de compression suffirait donc dans tous les cas. Pour les lignes courtes, on pourrait même diminuer le nombre des réservoirs ou faire exécuter à la voiture plusieurs voyages sans rechargement.

Dans Paris, les rails de tramways sont, la plupart du temps, recouverts de boue qui, lorsqu'elle est liquide, diminue l'adhérence et produit le patinage des roues et, lorsqu'elle est sèche, devient parfois très dure, notamment dans les temps froids, et occasionne ainsi une résistance importante à la marche; dans les deux cas, son effet se traduit par une dépense plus grande de force motrice pour une même vitesse à réaliser, et la consommation de 600 litres, ci-dessus, de gaz par kilomètre, doit être augmentée d'un tiers environ pour ces lignes. Elle devient donc ainsi, en moyenne, de 800 litres; avec ce chiffre il est facile de déterminer la force du moteur de l'usine de compression, nécessaire, pour assurer le service d'une ligne donnée.

Soit, par exemple, une ligne de 8 kilomètres de longueur, sur laquelle les départs ont lieu toutes les 10 minutes, le nombre de départs à l'heure étant ainsi de 6.

La dépense de gaz par heure sera de $800 \times 16 \times 6 = 76.800$ litres.

La compression du gaz, dans le réservoir de l'usine se fait à la pression effective de 20 kilogrammes, afin de diminuer le temps de chargement des voitures, qui s'effectue, en effet, en moins d'une minute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La compression, à cette pression, d'un mètre cube de gaz pris à la pression atmosphérique, nécessite un travail de 30.000 kilogrammètres environ, en supposant que cette compression, qui se fait ici en deux cascades, s'effectue, suivant la loi de Mariotte.

Un cheval-heure représentant un travail de $3.600 \times 75 = 270.000$ kilogrammes, on voit que cette force de 1 cheval, appliquée sur l'arbre de notre compresseur, — auquel nous supposerons d'autre part un rendement de 60 %, — permettra de comprimer par heure un volume de gaz de

$$\frac{270.000}{30.000 \times 1,66} = 5.400 \text{ litres.}$$

Une compression horaire de 76.800 litres nécessitera donc un moteur d'une force effective de

$$\frac{76.800}{5.400} = 14^{\text{chx}},2$$

ou 15 chevaux en nombre rond.

On conçoit que ce moteur sera lui-même un moteur à gaz. Dans l'exploitation de Dessau, la consommation de l'usine de compression s'élève à 10 % en plus de celle des voitures ; elle sera donc, dans le cas que nous considérons, de près de 8.000 litres par heure, et la consommation totale atteindra 85.000 litres, par conséquent.

Pour un service de 15 heures, la consommation journalière s'élèverait ainsi à $85 \times 15 = 1.275$ mètres cubes.

On voit, par ce petit exposé, quelle ressource importante deviendraient, pour les Compagnies du gaz, de semblables lignes de tramways menacées surtout qu'elles sont, du côté de l'éclairage, par l'électricité, l'acétylène, l'alcool, et même par les becs à incandescence, qui ont, pour effet immédiat, de diminuer la consommation du gaz d'éclairage.

207. — *Calcul du rendement.* — L'expérience de Dresde et de Dessau, en Allemagne, de Blackpool, en Angleterre, de plusieurs autres villes encore, a prouvé que les tramways à gaz sont aussi propres que les tramways électriques ou à air comprimé, à assurer un service régulier dans des conditions variées de profil et d'intensité de trafic.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une période d'exploitation de plusieurs années a fait ressortir, d'autre part, que ce mode de traction est plus économique que la traction électrique, tant au point de vue de l'entretien et de la conduite, que sous le rapport des frais d'installation.

Enfin, théoriquement aussi, les moteurs à gaz sont plus économiques, pour un service de tramways que les moteurs électriques ou à air comprimé et même à vapeur.

En effet, les machines à vapeur les plus perfectionnées consomment, quand elles ont une grande puissance (500 chevaux au moins), 800 grammes de charbon de bonne qualité par cheval indiqué et par heure, ce qui correspond à 6.400 calories ; les dernières machines à gaz, de construction récente, celles même de faible force (10 chevaux) brûlent seulement dans le même temps et pour le même travail, 5 à 600 litres de gaz, correspondant à 3.000 calories environ.

Le rendement thermique des moteurs à gaz est donc supérieur de moitié au moins à celui des meilleures machines à vapeur.

Quant au rendement des moteurs électriques ou à air comprimé appliqués à la traction des tramways, il peut s'établir de la façon suivante :

Le rendement *théorique maximum* d'une machine à vapeur utilisant cette vapeur à la pression effective de 15 kilogrammes par centimètre carré — correspondant à une température de 200 degrés — et l'abandonnant à 30 degrés (température du condenseur) est de

$$\frac{(200 + 273) - (30 + 273)}{200 + 273} = 36\ \% \text{ environ.}$$

Quant au rendement *pratique*, il atteint seulement les 50 ou 55 centièmes de ce chiffre, et plus rarement les 60/100, de sorte qu'il est, dans les meilleures machines, de 21 à 22 % au plus.

Pour les chaudières, lorsqu'elles transforment 8 kilogrammes d'eau prise à 15 degrés en vapeur sèche à 200 degrés, en brûlant 1 kilogramme de charbon de bonne qualité ayant un pouvoir calorifique de 8.000 calories — ce qui est un très joli résultat — leur rendement est seulement de

$$8 \times \frac{606{,}5 + (0{,}305 \times 200) - 5}{8.000} = 65\ \%.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le rendement total de la machine à vapeur que nous considérons est donc ainsi de

$$0{,}65 \times 0{,}22 = 0{,}14$$

c'est-à-dire que sur les 8.000 calories que renferme 1 kilogramme de charbon brûlé dans notre chaudière, $8.000 \times 0{,}14$, soit 1.120 seulement, sont transformées en travail sur l'arbre.

Pour avoir le rendement des voitures de tramways à air comprimé, il faut combiner ce chiffre de 14 % avec le rendement du compresseur à l'usine (lequel est de 70 % environ) et avec celui du moteur de la voiture, et qui ne dépasse pas 50 %.

Le rendement final est ainsi de

$$0{,}14 \times 0{,}70 \times 0{,}70 = 4{,}9\ \%.$$

Dans les tramways électriques, il ne dépasse pas non plus 5 à 6 %.

Enfin le rendement des machines à vapeur employées à la traction des tramways n'est également pas plus élevé, car d'abord ces machines ne fonctionnent pas à condensation, et ensuite, au point de vue de l'utilisation du combustible et de la détente de la vapeur, elles sont nécessairement établies dans des conditions souvent défectueuses, en raison du faible emplacement dont on peut disposer pour la chaudière et le mécanisme. Pour ces diverses raisons, les tramways à gaz paraissent appelés à un certain avenir, surtout pour des lignes de faible parcours établies isolément, — car pour de grands réseaux compacts pouvant être desservis par une seule usine centrale, l'air comprimé et l'électricité seraient alors plus économiques. »

Cette conclusion de M. Guédon nous paraît absolument justifiée et c'est pourquoi nous l'avons reproduite avec les calculs sur lesquels il base son opinion. L'intérêt de ce mode de traction est indéniable, et la Compagnie Parisienne du Gaz a bien saisi également la valeur de ce système, car elle s'exprime comme suit, dans son rapport à l'Assemblée générale de ses actionnaires, le 26 mars 1896 :

« La machine à gaz installée sur tramway, et fournissant un moyen de traction économique, sans échappement de vapeur ni de fumée, écartant tout danger d'explosion, n'entraînant aucune modification de la voie publique,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fournissant en même temps la lumière et la chaleur, est déjà employée avec succès à l'étranger. A Paris, elle tend à entrer en concurrence cette année avec les autres systèmes de force appliqués jusqu'à présent à la traction mécanique des tramways. Or, ce mode de traction présente de tels avantages que nous pouvons espérer le voir, avant qu'il soit longtemps, adopté sur une partie du réseau des tramways parisiens. »

Espérons que cet espoir sera justifié dans l'avenir, et que les tramways à gaz joueront un rôle prépondérant dans la transformation des moyens de transport dans Paris, transformation qui s'impose à brève échéance si nous ne voulons pas nous montrer, lors de l'Exposition de 1900, absolument en retard sous ce rapport vis-à-vis de l'étranger.

208. — *Locomotives sans foyer, à lessive de soude, de M. Honigmann.* — Ces locomotives se composent d'un récipient d'eau à haute température dont la vapeur est utilisée à la production de la force motrice, mais qui reçoit pendant le trajet une transmission continue de chaleur d'une source spéciale, transmission qui combat l'abaissement de température qui tendrait à se produire dans la masse d'eau chaude.

Cette source n'est autre chose qu'une lessive de soude concentrée, et le réservoir d'eau chaude affecte les dispositions d'une chaudière tubulaire ordinaire dont les parties qui seraient léchées par les gaz chauds sont précisément baignées et échauffées par cette lessive.

Le fonctionnement est basé sur la propriété que possèdent les solutions salines d'absorber la vapeur d'eau et de s'échauffer en même temps à une température supérieure à celle de la vapeur absorbée.

La vapeur servant à produire l'échauffement provient de l'échappement de la machine. Au fur et à mesure de la production de la vapeur, la température de l'eau de la chaudière tend à s'abaisser : il y a alors transmission à travers le faisceau tubulaire, la lessive cédant son calorique à l'eau dont elle tend ainsi à maintenir la température et la pression. D'autre part, au fur et à mesure de l'absorption la richesse de la dissolution de soude et par suite son point d'ébullition vont en s'abaissant et il arrive un moment où ce point d'ébullition atteignant la température de la lessive, l'absorption s'arrête. Si

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le condenseur à soude est ouvert à l'air libre, la température de la lessive et celle de l'eau iront en s'abaissant à partir de ce moment; aussitôt qu'elle sera descendue au-dessous du point d'ébullition, l'absorption de la vapeur pourra se produire à nouveau et du calorique sera transmis à la chaudière, ainsi de suite jusqu'à ce que la solution soit arrivée à un degré de dilution tel qu'elle ne puisse plus absorber de vapeur à la tension minimum admise pour le fonctionnement de la chaudière. On doit alors remplacer la solution ou la concentrer à nouveau jusqu'au degré primitif.

Au lieu de laisser à l'air libre le condenseur à soude, M. Honigmann a eu l'idée de le fermer; la pression y augmente alors au fur et à mesure de la dilution de la dissolution; mais, par contre, le point d'ébullition, la température et la pression de la chaudière restent fixes. Il n'y a plus alors aucune espèce d'échappement.

Quand la contre-pression a atteint une certaine valeur, on concentre à nouveau la solution de soude. Dans ces conditions, 1.000 kilogrammes de soude pourraient absorber 460 kilogrammes de vapeur, produits à 10 atmosphères, sans que la contre-pression dépasse 2,5 atmosphères.

L'inconvénient du système réside dans l'action énergique qu'exercent les lessives de soude concentrées sur la tôle de fer, action qui en amène la destruction rapide. Cette attaque et les difficultés que donnent les manipulations d'agents chimiques à haute température aussi actifs ont empêché le système de se répandre malgré son ingéniosité, son aptitude à effectuer de longs trajets et l'avantage précieux qu'il donnait de supprimer tout échappement.

209. — *Moteurs à ammoniaque.* — Le principe de ces moteurs est absolument le même que celui des moteurs à eau chaude. L'approvisionnement d'eau ordinaire est seulement remplacé par une dissolution ammoniacale à haute température, dont les vapeurs à haute pression sont utilisées à la production de la puissance motrice. Ces vapeurs sont ensuite condensées dans un réservoir d'eau froide, grâce à l'affinité de l'ammoniaque pour l'eau. Mais cette condensation dégageant beaucoup de chaleur élève bientôt la température de la dissolution et, par suite, la contre-pression; au contraire, le dégagement continu de gaz abaisse la température de la dissolution chaude, et la tension des vapeurs qu'elle émet. Il arrive donc un moment où l'équi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

libre tendant à s'établir, les solutions doivent être renouvelées. La dissolution ammoniacale pourrait être avantageusement remplacée, comme l'ont indiqué d'ailleurs plusieurs inventeurs, par des récipients d'ammoniaque liquéfié. Mais il est inutile d'insister sur les graves inconvénients que présente l'emploi d'un gaz aussi désagréable à manipuler que l'ammoniaque. Ces inconvénients sont tels qu'ils ont empêché à eux seuls la réussite de tous les moteurs basés sur ce principe.

Cependant, et malgré ces défauts, un moteur à ammoniaque imaginé par M. Mac-Mahon, ancien ingénieur de la marine américaine, vient d'être soumis tout récemment aux États-Unis à des essais qui ont donné des résultats assez concluants.

On sait que l'ammoniaque anhydre a la propriété d'entrer en ébullition à la pression atmosphérique et à la température de 33°6, et qu'il suffit de chauffer modérément ce liquide pour obtenir une augmentation de pression très rapide. C'est sur ces propriétés que M. Mac-Mahon s'est basé pour établir son moteur.

En chauffant l'ammoniaque liquide à + 27° on obtient de la vapeur ayant une pression de 10,5 atmosphères, laquelle vapeur agit dans les cylindres de la même façon que celle de l'eau. Seulement, au lieu de s'échapper dans l'air après son action, comme cela a lieu dans les locomotives, ou de se rendre dans un condenseur analogue à ceux des machines marines et autres, la vapeur d'ammoniaque est tout simplement recueillie dans un réservoir contenant de l'eau qui la dissout et l'absorbe dans une proportion égale à 1.700 fois son volume. Le réservoir qui reçoit la vapeur d'évacuation entoure le réservoir à ammoniaque de telle sorte qu'il n'y a pas, ou presque pas, de chaleur perdue.

Si, comme on l'affirme, la perte d'ammoniaque par les fuites n'atteint que 10 %, en toute une année, tandis que les frais de vaporisation et de dissolution ne s'élèveraient qu'à 0 fr. 19 par voiture-kilomètre, il sera facile de prévoir les chances d'avenir offertes par le nouveau moteur, en admettant, toutefois, que l'emploi de l'ammoniaque ne soit pas accompagné des multiples difficultés qui ont fait rejeter l'éther et le chloroforme vers 1855, le sulfure de carbone vers 1884, voire l'ammoniaque lui-même, vers 1866.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

210. — *Tramways à moteurs à acide carbonique liquéfié.* — Il n'existe pas encore en France de moteur vraiment industriel et économique marchant par la vapeur à haute pression de l'acide carbonique liquéfié ; mais, en Amérique, on possède, paraît-il, des moteurs de ce genre très satisfaisants et qu'on a appliqués à la traction mécanique des tramways. La *New Power Company*, de New-York, a essayé l'acide carbonique liquide ; ses premières expériences datent d'un an déjà, et nous n'avons pas entendu démentir les bons résultats que l'on accusait alors. Les machines employées ont les mêmes dispositions, à peu près, que les machines à vapeur.

Le gaz est d'abord emmagasiné dans des réservoirs, où il se maintient à l'état liquide, sous une pression de 70 kilogrammes par centimètre carré ; nous n'avons pas besoin de dire que ces réservoirs sont en acier. Le gaz est introduit directement dans les cylindres, sans qu'on ait à recourir à un détendeur ; ces cylindres ont $0^m,10$ de diamètre et $0^m,15$ de course ; ils sont percés de lumières d'admission consistant simplement en orifices de petit diamètre (1/4 de millimètre) fermés par des soupapes portant sur un siège en caoutchouc.

L'échappement se fait par des lumières spéciales de plus grand diamètre. Bien entendu, au moment de la détente du gaz comprimé, il se produit un refroidissement intense ; il paraît qu'il ne suffirait pas pour amener la congélation, la marche de l'appareil n'étant qu'intermittente.

Néanmoins, on réchauffe le tuyau d'admission à l'aide d'un bec de gaz spécial. La machine s'adapte aisément sous une voiture ordinaire de tramway, fonctionne bien et se manœuvre facilement.

Bien que l'expérimentation n'ait pas été prolongée, les résultats ont semblé favorables. L'appareil consomme, paraît-il, 4 kg. 53 d'acide carbonique par cheval et par vingt-quatre heures ; si l'on estime le prix de l'acide carbonique liquide à 0 fr. 33 le kilogramme, la dépense, par cheval et par vingt-quatre heures, ressortira à 1 fr. 50, ce qui est assez peu. Aujourd'hui, l'acide carbonique liquide est de fabrication courante et, sous un petit volume, il permet d'emmagasiner une force très considérable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE X

LES TRAMWAYS FUNICULAIRES
en France et à l'Étranger

211. — *Tramways funiculaires ordinaires.* — La traction funiculaire, ou par câble sans fin, n'a encore reçu que peu d'applications en Europe ; en France, elle n'est employée que pour des lignes de faible parcours, comme celle de la Croix-Rousse et de Fourvières (à Lyon), de Belleville (à Paris) et de Bellevue (près de Meudon). Encore cette dernière installation est-elle plutôt considérée comme un ascenseur, de même que celle de Notre-Dame-de-la-Garde (à Marseille).

En Amérique, au contraire, ce mode de traction a pris un grand développement, et à la fin de l'année 1896, les Etats-Unis et le Canada possédaient ensemble 1.360 kilomètres de lignes à câbles, desservis journellement par 5.220 voitures, admirablement aménagées pour le service qu'elles ont à accomplir. C'est à Chicago et à San Francisco, notamment, que l'on rencontre les réseaux les mieux compris et l'exploitation la mieux conduite, et nous en montrerons les principales dispositions, d'après l'ouvrage de MM. Grille et Falconnet (1).

212. — *Tramways à câbles américains.* — Les grandes rues en alignement droit du centre de la ville de Chicago se prêtent particulière-

1. Les *Chemins de fer à l'Exposition de Chicago*, par Grille et Falconnet, ingénieurs. — 1 volume in-8°, illustré de nombreuses planches. Prix : 5 francs. E. Bernard et Cie, éditeurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment bien à ce genre de traction ; cependant les croisements n'ont pas été sans présenter de sérieuses difficultés, que l'on est parvenu à tourner en lâchant le grip lorsque le brin conducteur passait au-dessous de l'autre câble croisé. Devant chaque câble rencontré ou croisé en route, se trouve un butoir destiné à briser le grip si le conducteur du tramway — le *gripman*, pour employer le mot anglais — oubliait de lâcher le câble au moment voulu, la rupture d'un grip étant un accident bien moins grave que celle d'un câble.

Des dispositions sont prises pour abaisser le câble inférieur au-dessous du câble supérieur, de manière à ne pas rencontrer la partie inférieure du grip lorsqu'on emploie le grip à serrage vertical ; la dépression d'un câble par rapport à l'autre est de 0,20.

Pour franchir l'intervalle occupé par le câbles croiseurs, il faut que le train prenne assez de vitesse pour qu'il franchisse $4^{m},50$ dans le cas d'une voie unique à traverser et 9 à 10 mètres lorsqu'il y en a deux.

En exploitation, il ne semble pas que cette obligation présente d'inconvénient ; il n'en serait peut-être pas ainsi dans les rues très fréquentées de Paris. Il y aurait cependant une solution : le dernier car de chaque train porterait un grip qui pourrait être abaissé et mis en prise ; il pousserait le train devant lui pendant la traversée du croisement. Comme le train a plus de 10 mètres de longueur, le grip d'avant pourrait ressaisir le câble avant que le grip d'arrière ne fut sans action, le train pourrait ainsi s'arrêter sur les traverses de voies et repartir sans inconvénient ; le procédé ne s'appliquerait qu'aux trains ou véhicules assez longs pour que le grip d'arrière puisse pousser le train en bonne posture pour reprendre le câble avant d'être obligé de le lâcher à son tour. C'est une solution qui s'est présentée à notre esprit en voyant le fonctionnement des trains sur la boucle de Madison street. Nous avons vu que dans certains cas des trains n'avaient pas l'élan nécessaire pour franchir le croisement. Il fallait attendre le train suivant qui poussait le premier. Cette solution paraît peu satisfaisante au point de vue de la régularité du service ; mais, en Amérique, on ne s'en préoccupe pas, les arrêts sur les croisements étant très rares. On a été obligé d'admettre des courbes de très faible rayon (15 mètres en moyenne) pour passer d'une rue à une autre à angle droit. Les lignes étant continues (ou du moins les plus gandes lignes), il a fallu raccorder les voies par des boucles fermées s'enchevêtrant les unes dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autres. Pendant longtemps, Chicago a vu son réseau coupé en deux par la rivière de Chicago dont les ponts tournants ne permettaient pas le passage des câbles.

Cet obstacle n'a point arrêté les compagnies : deux tunnels ont été creusés et bientôt un troisième le sera également, et les deux moitiés de la ville de South et de North Chicago ont été réunies.

L'exploitation est très bien comprise : les voitures sont attelées en trains, remorquées par un wagonnet portant le grip qui est entouré de sièges ; ce wagon-moteur remorque une, deux et même trois voitures, suivant l'affluence des voyageurs. Le nombre des voyageurs dans chaque train peut, avec la tolérance américaine, atteindre 150 à 160 voyageurs, les trains pouvant se succéder de minute en minute; le débit est énorme.

La vitesse atteint 18,5 kilomètres à l'heure, et on est étonné de voir cette file continue de cars parcourant les rues à une telle vitesse sans causer le moindre accident.

Comme nous l'avons dit, les boucles des North et South câbles se chevauchent. Il a fallu aux intersections avoir des aiguillages spéciaux et des dispositions pour abandonner le câble.

Les voies sont excessivement solides : les rails, de 42 kilogrammes le mètre courant reposent sur des supports en fonte noyés dans du bitume ; on n'a cependant pas cru devoir adopter, comme à New-York, les galeries souterraines pour la voûte des câbles et des guides dans les courbes et les croisements ; l'entretien se fait par des regards débouchant à l'extérieur de la chaussée.

Les trois grandes divisions du South Chicago, de New-York et de West Chicago systèm sont actionnées chacune par trois stations de force motrice. La station principale du South systèm est située au coin de State street et de la 20e rue ; quatre câbles en sortent, mettant en mouvement deux sections du Wabash et deux sections de State street. Les deux sections suivantes de State street sont commandées par une station placée à la 52e rue ; enfin, trois câbles sont actionnés par une station dont l'emplacement se trouve le long de cottage Grove avenue. Les autres stations sont réparties sur les différentes sections.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En moyenne, chaque usine conduit de 6 à 7 kilomètres de ligne, soit 16 à 18 de câbles ; ces nombres, il faut le dire, ne sont pas absolument justes, car il arrive souvent que la longueur de câbles soit très supérieure à la longueur de voie, quand, par exemple, le même conduit contient deux câbles. Enfin, certaines usines ne conduisent qu'un câble très court, celui d'une boucle par exemple.

Le système du South Chicago comporte une force totale en chaudières à vapeur de 5.600 chevaux, sur lesquels 2.600 sont installés dans la station de la 20e rue. Pour le West Side, la force des chaudières est de 3.150 chevaux (le pétrole brut est le seul combustible employé, de même que sur le North system). Les moteurs sont du type Corliss, accouplés deux par deux. Ce sont des unités de 500 chevaux ordinairement, bien que certains atteignent 12 à 1500 chevaux. Chaque paire de machines est disposée de façon à conduire l'arbre de couche des tambours, indépendamment les unes des autres ; la transmission s'effectue par des courroies de $1^{m},55$ de largeur pour les unités de plus de 1.000 chevaux, et par engrenages pour les autres.

Les tambours ont des jantes mobiles pouvant être remplacées par segments. Ceux à jantes différentielles de Walker sont disposés de manière à assurer une tension uniforme aux câbles, et donnent d'excellents résultats. La durée des câbles est prolongée, de ce seul fait, de 25 %. Quand les relais d'engrenages sont nécessaires, on les fait tourner dans un bain d'huile et de goudron, le roulement est ainsi rendu très doux et absolument silencieux. La vitesse des câbles est ordinairement très variable : suivant les sections et les courbes, elle est de 11 km. 600, 13 kilomètres, 21 km. 600 et 23 km. 600 à l'heure, ce qui est assez considérable pour un tramway. Cependant il faut remarquer que les derniers chiffres ne s'appliquent qu'à des sections un peu excentriques de la ville, alors que les deux premiers coïncident avec la circulation la plus intense de Chicago. Ces vitesses ont été conservées sans aucun inconvénient pendant toute la durée de l'exposition, avec un mouvement qui atteignait 120 trains à l'heure dans les deux sens. On peut donc la considérer comme absolument pratique.

La station qui conduit ces deux câbles à grande vitesse ne comporte pas le transmission intermédiaire, cette vitesse permettant d'attaquer directement les tambours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tous les appareils de tension sont du système Root. La poulie de réglage est portée par un chariot ; ce chariot est rappelé en arrière par un poids suspendu à une poulie roulant sur une chaîne attachée d'une part à un point fixe, de l'autre au chariot ; entre la chaîne et le chariot, on interpose un ressort à boudin. La moitié seule du contrepoids se trouve être employée à la tension.

Le contrepoids est de 3.700 kilogrammes environ.

Sur le West Side, les tambours étaient primitivement du type dit à compensation, un seul tambour était conduit par la machine. On a ensuite adopté les tambours ordinaires, tous moteurs. Enfin, à la suite de l'installation de Washington street, qui a donné de très beaux résultats par suite de l'emploi de tambours différentiels de Walker, on s'est décidé à adopter ces tambours sur toutes les machines du West Side. La substitution de ce tambours s'est faite sans interrompre le service, malgré le poids des tambours ; il fallait en effet substituer un jeu de tambours pesant 140 tonnes à un jeu de 60 tonnes en quelques heures de nuit.

La tension est du système Root, et le poids tendeur est d'environ 4.500 kg par câble.

Sur le North Side, le remplacement des tambours ordinaires ou compensés par des tambours Walker, est commencé. Les vitesses des câbles du North Side est de : 7 km. 200, 10 km. 800, 14 km. 400, 15 km. 600 et 18 kilomètres pour le six câbles, les deux derniers étant à la même vitesse de 18 kilomètres à l'heure. La tension est du système Root, et les contrepoids s'élèvent à 3.500 kilogrammes par câble.

L'arrivée et le départ des câbles sous la voie sont partout fort bien compris à Chicago : un appareil automatique dégage le câble du grip. Cette disposition a permis de supprimer un agent qui était à demeure en observation, pour arrêter les trains qui n'auraient pas abandonné le câble. La boucle de State Street est actionnée par un câble marchant à 11 kilomètres à l'heure ; le câble est lui-même mis en mouvement par le câble de la ligne. Toutes les lignes sont munies d'un système de signaux par sonneries électriques ; il y a un regard spécial tous les 130 mètres ; les signaux réglementaires sont un coup pour arrêter le câble, deux coups pour les mettre en marche. Les sta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions de force comprennent également les installations électriques employées à l'éclairage des tunnels, etc.

Nous n'avons encore point parlé des grips : disons seulement qu'il y en a beaucoup de modèles.

A Chicago trois types sont employés, ceux de South Side sont à serrage latéral, avec un galet venant soulever le câble, les mâchoires sont garnies de fourrures en bronze spécial, cette armature dure 20 jours en service. On a reconnu que ces garnitures usaient beaucoup moins le câble que les mâchoires en acier, les mâchoires n'ont pas moins de $0^m,60$ de longueur. Sur les lignes du West Side on emploie également un grip à mâchoires latérales, ces mâchoires ont $0^m,450$ de longueur, elles sont munies de garnitures en acier Bessemer laminé, elles durent de deux à trois mois et sont disposées de manière à pouvoir servir deux fois en rapportant dessous une épaisseur, mais on reconnaît que leur emploi est préjudiciable à la durée du câble, et on préfère allonger les mâchoires du grip de manière à pouvoir les garnir de bronze, ce qui ne serait pas possible avec le peu de longueur des mâchoires actuelles.

Les âmes des grips durent cinq à six semaines, elles sont ensuite soudées, de trois on en fait deux, l'usure était beaucoup plus considérable autrefois mais un bon graissage de la rainure a prolongé leur durée.

Un grip à serrage en dessous est employé sur une partie des lignes du West Side, il est du type Vogel. Un grip du système Grimm avec serrage par en dessus est au contraire employé sur le North Side.

213. — *Tramways à câbles de San Francisco.* — C'est en 1873 que les premières lignes de ce genre ont été installées et exploitées dans cette ville, dont la topographie est telle qu'on peut dire que, sans le système funiculaire, San Francisco aurait vu son développement retardé de vingt ans, jusqu'à l'apparition de la traction électrique, car sans ce procédé, la locomotion mécanique n'était guère possible. La ville, en effet, se trouve édifiée sur un terrain très accidenté, succession de vallées et de collines atteignant jusqu'à 300 mètres d'altitude, et elle n'a pu se développer en largeur qu'à la condition de gagner du terrain sur la baie ; une bande de près de deux kilo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètres de largeur a été aussi remblayée et c'est la seule partie de la ville qui s'étende sur une longueur de 14 kilomètres, avec une largeur maximum de 6 kilomètres.

Le réseau total des tramways atteint 384 kilomètres, exploité par des chevaux, la vapeur, l'électricité et les câbles. Ces derniers, pour leur part, détiennent 170 kilomètres. Les lignes exploitées par les câbles sont de beaucoup les plus importantes, on réserve, en effet, à notre avis avec raison, la traction électrique aux lignes qui ne sont pas assurées d'un trafic considérable.

En 1892, les câbles ont transporté 92.981.606 voyageurs payants, sans compter les voyageurs circulant avec des correspondances dont on se montre très généreux à San-Francisco. L'exploitation est parfaite, c'est à notre avis, la meilleure des Etats-Unis, la régularité est absolument remarquable, tout est bien entretenu, propre, et les conducteurs, grâce peut-être à la prédominance de l'élément Latin dans la population, sont polis et bien élevés.

Les voies sont bien construites, le pavage est en basalte. L'asphalte primitivement employé était d'assez mauvaise qualité.

Le réseau des câbles de San Francisco est dû à M. Hallidi, inventeur du système, et qui se trouve à l'heure actuelle, à la tête de toutes les lignes de câbles.

Il y a loin de la première ligne construite en 1873, aux lignes actuelles, cependant on y retrouve toutes les marques distinctives du système. A l'origine, les câbles étaient conduits à la vitesse de 6.500 mètres à l'heure, la vitesse a doublé depuis cette époque, mais on peut reprocher à certaines sections s'éloignant du centre et circulant dans les rues peu fréquentées, de ne pas aller aux vitesses courantes dans l'Est, où on marche normalement à 15 et 16 kilomètres à l'heure.

La plus importante Compagnie de tramways à câble de San Francisco est la *California street cable railway Company*, dont les lignes embrassent 22 kilomètres de voie et $1^{m},066$ de largeur, exploitées en deux sections ; l'une suivant California street en ligne droite, l'autre à travers diverses avenues comportant de nombreuses courbes. Les deux sections présentent des rampes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très fortes ; l'une d'elles atteint 21 % ; les autres déclivités ne dépassent pas 16 et 18 % mais sont fréquentes. Les deux lignes sont desservies par une station motrice unique dont nous ne parlerons pas.

214. — *Tramways de Los Angeles.* — Nous citons encore le réseau de cette ville, car c'est un des plus beaux des Etats-Unis. Commencée au moment d'une fièvre de spéculation telle que l'Amérique en donne souvent l'exemple, cette entreprise a été établie sur un pied beaucoup trop grandiose; tout a été prévu pour un réseau de 90 kilomètres alors qu'il n'y en a que 33 de construit. La ville qui couvre 72 kilomètres carrés, est très disséminée comme toutes les villes contruites hâtivement en Amérique où la spéculation cherche à attirer de son côté le centre encore indécis de l'agglomération. Aussi une partie des machines et des chaudières ont seules été montées, encore certaines machines sont découplées. Le réseau n'en constitue pas moins une remarquable installation qui correspondrait bien à un système complet pour une grande ville, c'est à ce titre que nous avons cru devoir l'étudier.

Les stations de force motrice sont au nombre de trois, elles sont parfaitement installées et ont été prévues de manière à recevoir neuf étages devant être loués à des tiers. L'Usine centrale, la « Grande Avenue station » est située au coin de la septième rue. Les chaudières du système Napleton sont au nombre de deux, de 500 chevaux chacune, elles sont toutes chauffées au moyen de pétrole brut. La force motrice consiste en une machine compound de 750 chevaux de force, mais en service ordinaire le cylindre de haute pression est seul mis en marche puisqu'il suffit de 200 chevaux.

La station était prévue pour actionner quatre câbles mais trois seulement ont été mis en service.

Les tambours devaient être accouplés par deux gros câbles en coton, à cet effet, ils ont reçu deux larges gorges, mais en service il a été reconnu que cet accouplement n'était pas nécessaire et on a retiré les câbles de coton. La vitesse des câbles a été fixée à 13 kilomètres à l'heure. Les trois câbles desservis par cette usine de force ont 6.000, 4.500 et 4.300 mètres de longueur. L'un de ces câbles a fait 1.258 jours de service, avec un parcours de 336.000 kilomètres.

L'épissure d'un câble est répartie sur 24 mètres de longueur. Le remplacement d'une câble par un autre, prêt à être épissé, ne prend que 50 minutes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

y compris l'enlèvement de l'ancien câble, l'épissure se fait en une heure et demie. Le poids tendeur s'élève à 8 tonnes pour le grand câble et à 6 t. 500 pour les autres. Le réglage de la tension est automatique.

Le câble, en s'allongeant, détermine la rotation d'un tambour portant une gorge en spirale. La chaîne portant le contrepoids s'enroule sur la spirale de

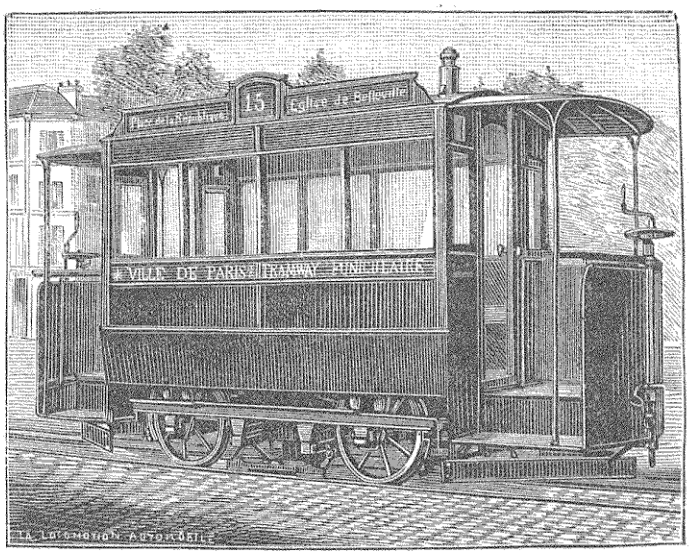


Fig. 150. — Voiture du tramway funiculaire de Belleville.

manière à ce que le poids de levier du contrepoids croisse avec l'allongement et par conséquent la charge de tension s'accroît en même temps.

Les vieux câbles sont retirés au moyen d'un petit treuil à vapeur.

La largeur de la voie est de $1^{m},06$; les rails pèsent 20 kilogrammes le mètre courant et l'infrastructure est en fer laminé. L'une des lignes devant traverser la voie du Grand Pacifique railroad, on a construit à cet effet un viaduc reposant sur des piliers simples, en tôle. Ce viaduc mesure 500 mètres de longueur, les rampes d'accès présentent une inclinaison de 18 millimètres par mètre.

Ajoutons, pour terminer, que cette entreprise, vu les conditions économiques où elle est installée, est loin d'être fructueuse, car elle se trouve écrasée par les frais énormes faits en vue du développement futur. Aussi, étudie-t-on en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce moment la modification des stations, la concentration des machines et des chaudières en un seul point, les câbles des différentes stations étant actionnés par des dynamos recevant la force motrice d'une station centrale. Mais la traction électrique étant facilitée par la municipalité de la ville, il est à craindre que ces améliorations soient encore insuffisantes.

215.— *Tramway funiculaire de Belleville, à Paris.*— Les études de ce tramway furent commencées en 1889 ; les difficultés à vaincre étaient importantes, par suite de l'impossibilité où l'on se trouvait d'établir la ligne à double voie — les rues de Belleville et du faubourg du Temple étant trop étroites, — et des nombreuses courbes que présentait le tracé. Aussi dut-on, à plusieurs reprises, faire des modifications importantes au premier projet, et finalement les frais d'installation de la voie s'élevèrent à 1.300.000 francs.— soit à 650.000 francs par kilomètre, la ligne ayant une longueur de 2 kilomètres.

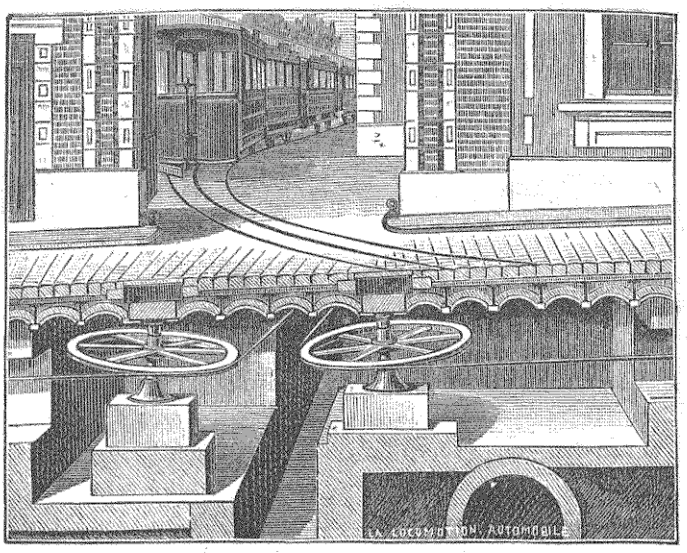


Fig. 151. — Vue des poulies de renvoi du câble dans leur caniveau à l'entrée du dépôt.

L'ouverture de l'exploitation eut enfin lieu en janvier 1891 ; des ruptures du câble et différentes difficultés au passage des aiguilles et des croisements empêchèrent pendant assez longtemps le service de se faire régulièrement ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais aujourd'hui — l'exploitation s'opère dans des conditions à peu près normales.

La ligne est établie à simple voie, avons-nous dit, mais des garages, au nombre de cinq sont ménagés dans le parcours : deux dans le faubourg du Temple, et trois dans la rue de Belleville.

L'écartement des rails entre les bords intérieurs est de 1 mètre ; ils reposent avec les contre-rails, sur des « jougs » disposés transversalement à la voie à 1 mètre d'intervalle ; ces jougs ont la forme d'un V évasé, et ils composent l'ossature d'un petit tunnel dans lequel se meut le câble.

Dans l'axe de la voie est disposé un troisième rail à rainure centrale continue, dans laquelle se déplace une pièce appelée « grip », portée par chaque voiture, et qui est destinée à saisir le câble et à relier ainsi ce dernier à la voiture ; celle-ci prend alors la vitesse du câble, laquelle est uniforme.

Lorsque le conducteur veut ralentir la marche de sa voiture, ou l'arrêter, il ouvre le grip, qui lâche ainsi le câble ; la voiture devient indépendante, et en serrant plus ou moins fortement l'un des freins ou les deux freins qu'il a à sa disposition, le conducteur obtient un simple ralentissement ou bien un arrêt lent ou rapide.

Le câble est actionné par une machine à vapeur fixe, d'une force de 90 che-

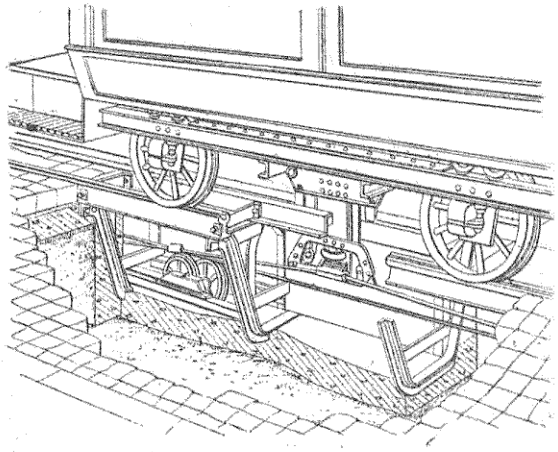


Fig. 152. — Détail du mécanisme et du grip.

vaux, située rue de Belleville, près du terminus de l'église. Cette machine construite par la maison E. Garnier, de Paris, est du type Corliss horizontal

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et fonctionne à la vitesse de 60 tours par minute. Elle met en mouvement, au moyen d'un harnais d'engrenages qui réduit sa vitesse angulaire à 20 tours une poulie à gorge de $2^{m},50$ de diamètre sur laquelle s'enroule le câble. On fait encore passer celui-ci sur une poulie semblable, en croisant ses brins, puis à une deuxième reprise sur les deux mêmes poulies, pour empêcher tout glissement.

Il se rend ensuite à un chariot tendeur, situé à une trentaine de mètres, monté sur rails et muni aussi d'une grande poulie et d'un fort contrepoids. Ce dernier tend constamment à maintenir le chariot au bout de sa course, et par suite le câble tendu. — Mais lorsque par suite de résistances aux passages des poulies aux croisements de voies, ou bien encore lors des arrêts ou des remises en route des voitures, le câble subit une secousse, il est nécessaire qu'il puisse s'allonger pour éviter des ruptures. Les chocs précédents se répercutent alors jusqu'au chariot-tendeur ; sous l'effort qu'il en résulte, celui-ci se rapproche des poulies motrices en faisant lever le contrepoids, et en donnant par conséquent du mou au câble. Mais déjà le contrepoids réagit sur le chariot, et le ramène lentement au bout de sa course, ce qui de nouveau fait tendre le câble.

En quittant le chariot-tendeur, le câble s'enroule sur deux poulies horizontales situées à la sortie de l'usine.

L'un des brins remonte alors vers l'église de Belleville, et le second descend à la Place de la République ; à ces points terminus ils passent encore chacun sur une poulie horizontale d'un grand diamètre qui opère le changement de direction du câble ; enfin en divers points de la voie, d'autres poulies guident ce dernier dans son parcours.

Le câble est en acier ; sa longueur totale est de 4.200 mètres, son diamètre de 33 millimètres, et son poids de 13.000 kilogrammes. Il faut le remplacer tous le six, ou huit mois environ.

Le grip est une sorte de mâchoire métallique qui prend ou lâche le câble par une manœuvre très simple du conducteur.

La ligne est en rampe continue, dont l'inclinaison atteint jusqu'à 75 millimètres par mètre ; elle présente de nombreuses courbes qui descendent jusqu'à 21 mètres de rayon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les voitures ont seulement 1m,60 de largeur, elles ne comportent pas d'impériale, et contiennent 22 voyageurs ; chaque train en comprend deux. La vitesse du câble est de 9 à 10 kilomètres à l'heure, et celle des véhicules de 8 kilomètres, en comptant le temps passé dans les garages.

Les voitures sont munies chacune de deux freins, l'un du système Lemoine à pédale et à cordes et qui comprennent aussi des sabots en bois qui viennent

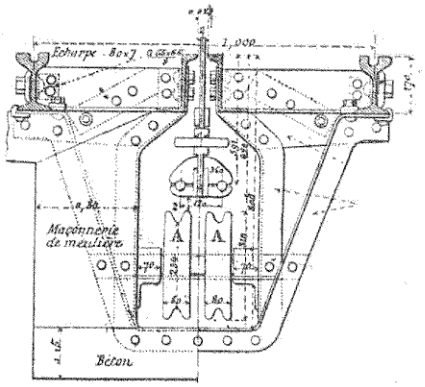


Fig. 153. — Coupe de face, du caniveau avec les poulies de support et le grip.

frotter à la façon ordinaire contre les bandages des roues, et l'autre, de patins venant s'appuyer énergiquement sur les rails sous un faible effort du conducteur. L'action combinée de ces deux freins produit un arrêt très rapide des voitures.

Disons aussi que les départs ont lieu toutes les cinq minutes pendant la plus grande partie de la journée, et toutes les sept minutes le reste du temps. Le nombre total des voyageurs transportés d'un bout à l'autre de la ligne peut ainsi s'élever à plus de 17.000 par jour.

216. — *Frais d'exploitation du tramway funiculaire de Belleville.* — Les frais d'exploitation par kilomètre-train de deux voitures ont été les suivants :

(Parcours annuel : 216.000 trains-kilomètres).

Personnel de conduite et de l'usine fixe. . . .	0fr,180
Combustible, graissage, eau, etc., pour force motrice.	0 ,272
Entretien de la voie (traction).	0 ,104
Entretien du matériel roulant.	0 ,169
Total. . . .	0fr,725

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces dépenses paraissent susceptibles d'une certaine réduction avec de meilleures conditions de fonctionnement. Comme comparaison nous donnons quelques chiffres relatifs aux frais de la traction à Higghate Hill et à Birmingham.

FRAIS DE TRACTION par KILOMÈTRE-VOITURE	Higghate Hill.	Birmingham
Main-d'œuvre et personnel de conduite. . .	0fr,162	0fr,091
Combustible, graissage et alimentation. . .	0 ,090	0 ,060
Entretien du matériel roulant.	0 ,079	0 ,109
Totaux (non compris entretien de la voie).	0fr,331	0fr,260

Ces derniers chiffres paraissent relativement faibles ; mais il ne faut pas oublier qu'ils s'appliquent à un trafic très intense, ce qui est une condition d'exploitation avantageuse.

Pour les lignes, courbes, rectilignes, remorquant de fortes charges, le rendement du système funiculaire est assez bon. Mais il s'abaisse dès que le trafic diminue ou que la ligne s'allonge. Ainsi dans l'installation de Birmingham où cependant chaque section n'a plus de 2.80 mètres, le rendement avec 20 voitures en service est de 65 % environ. Le mouvement du câble absorbe à lui seul plus de 60 chevaux, alors que la puissance nécessaire pour remorquer les 20 voitures chargées n'est que de 130 chevaux.

A San-Francisco le rapport entre la puissance de traction appliquée aux voitures est celle développée aux machines fixes qui était d'environ 35 % a monté à 50 % au fur et à mesure que le trafic augmentait.

A Paris, par suite des sinuosités de la voie, le rendement est plus faible et ne dépasse pas 45 %.

Quant à la consommation de combustible, elle est à Birmingham de 2,6 kg. de houille par kilomètre de voiture, à Higghate Hill d'environ 3 kilogrammes et à Paris de 3,4 kilogrammes par kilomètre-train offrant 40 places.

217. — *Considérations générales sur les lignes de tramways funiculaires.* — Les tramways à câbles ou funiculaires coûtent très cher d'ins-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tallation, ainsi au lieu du chiffre prévu de 340.000 francs, à Edimbourg, le kilomètre de voie double a coûté 850.000 francs. Nous avons vu qu'il en a été de même à Paris. De même, les frais d'exploitation sont très élevés, et il en résulte qu'on ne peut songer à établir ce système de traction que lorsqu'on est assuré d'un trafic très intense. En retour, ils présentent les avantages suivants qui les ont fait adopter comme nous venons de le voir, par les villes de San-Francisco et de Chicago, de préférence à la traction électrique, cependant si en vogue en Amérique :

Grande rapidité de marche, due en partie à ce que la vitesse est aussi élevée dans les rampes que sur les paliers ou dans les pentes ; à San-Francisco et à Melbourne, la vitesse de translation du câble atteint jusqu'à 20 kilomètres à l'heure ;

Possibilité d'exploiter avec ce système les lignes à plus fortes rampes, sans avoir alors à remorquer, comme dans la plupart des autres modes de traction, un poids mort très lourd, nécessaire pour obtenir l'adhérence indispensable à leur fonctionnement ; avec la traction par câble, cette exploitation se fait même aussi économiquement que sur les lignes en palier, ce qui est loin d'être le cas pour les autres systèmes ;

Augmentation facile de la capacité de transport à tout moment de la journée et sans beaucoup de frais par la multiplication des départs ou du nombre des voitures de chaque train ;

Enfin, absence totale d'odeur et de fumée, de même que de bruit en raison de la légèreté des voitures et de l'absence de moteur.

Dans la plupart des installations, le câble qui donne le mouvement aux voitures est souterrain ; cependant, ce câble est aérien sur quelques lignes, en Amérique notamment.

Que les lignes de ces tramways soient en palier ou en fortes rampes, les frais d'exploitation sont les mêmes, et on peut s'en convaincre d'après le raisonnement suivant de M. Guédon :

Supposons une première ligne en palier sur laquelle l'effort de traction nécessaire pour imprimer aux voitures une vitesse de 12 kilomètres à l'heure par exemple, soit de 10 kilogrammes par tonne du poids de ces voitures. Soit maintenant une deuxième ligne en rampe continue de 50 millimètres par mètre. A la montée, l'effort à vaincre pour conserver l'allure de 12 kilomètres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sera de 10 kilogrammes (résistance en palier) + 50 kilogrammes (résistance due à la rampe) = 60 kilogrammes par tonne de poids à remorquer. Pour qu'à la descente, les voitures (supposées pour un instant indépendantes du câble) puissent prendre cette vitesse de 12 kilomètres à l'heure, sous la seule influence de la pesanteur, il suffirait que la pente ait une inclinaison de 10 millimètres par mètre. Une pente plus forte produirait, la voiture étant toujours supposée indépendante du câble, une accélération de vitesse qu'il faudrait empêcher par le jeu d'un frein afin de conserver la vitesse de 12 kilomètres.

Mais si la voiture est reliée au câble, cette force détruite par l'action des freins devient alors motrice et peut agir sur le câble dans le sens de son mouvement. Elle aidera donc, par conséquent, à la montée des voitures se dirigeant dans le sens opposé.

Dans le cas de la pente de 50 millimètres que nous supposons, et étant donné qu'une inclinaison de 10 millimètres serait insuffisante pour imprimer aux voitures la vitesse de 12 kilomètres, chaque millimètre de pente au-dessus de ce chiffre aura pour effet de produire sur le câble un effort moteur de 1 kilogramme par tonne de poids des voitures, soit par conséquent de :

$$50 - 10 = 40 \text{ kilogrammes.}$$

Donc, l'effort nécessaire à la montée des voitures étant, d'une part de 60 kg. par tonne, et d'autre part ces mêmes voitures exerçant à la descente une force de 40 kilogrammes, la différence entre ces deux chiffres — soit 20 kilogrammes — sera l'effort moteur à produire sur le câble par tonne de poids de chaque groupe de deux voitures, une montante et une descendante, pour obtenir une vitesse de translation de 12 kilomètres. Par voiture, cet effort sera donc de 12 kilogrammes, — exactement comme dans la marche en palier.

Prenons au contraire une voiture électrique circulant sur la même voie de 50 millimètres d'inclinaison. Si à la vitesse de 12 kilomètres, la résistance en palier est de 10 kilogrammes par tonne également, — sur rampe de 50 millimètres, cette résistance deviendra comme dans le cas précédent $10 + 50 =$ 60 kilogrammes.

A la descente, l'action de la gravité deviendra supérieure à la résistance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la voiture, et le conducteur devra serrer les freins pour empêcher l'accélération de vitesse. Il n'y aura donc pas d'action motrice à exercer.

Par suite de ce fait, l'effort moyen à développer d'une façon continue à la jante des roues des voitures pour obtenir une vitesse constante de 12 kilomètres à l'heure, sera de $\frac{60+0}{2} = 30$ kilogrammes, c'est-à-dire trois fois celui qui serait nécessaire en palier.

« Ces quelques chiffres, conclut M. Pierre Guédon, montrent bien l'influence considérable des rampes sur le prix de revient de la traction, dès que celles-ci dépassent quelque peu 10 millimètres par mètre, et qu'on se trouve obliger de serrer les freins pendant les descentes. »

En résumé, la traction par câble est une traction de luxe qui ne peut sous aucun rapport prétendre au bon marché.

Ce système présente quelques inconvénients particuliers ; il est excessivement difficile à établir dans de bonnes conditions quand le tracé est sinueux, et reste sujet à beaucoup de causes d'accidents qui peuvent interrompre le service. Quand la vitesse du câble est considérable, le démarrage est parfois assez brutal, ce qui peut occasionner des chocs et des accidents. Ils sont parfois assez dangereux dans les rues très fréquentées et sinueuses où ils peuvent être appelés à circuler, et leur manœuvre n'est pas aussi souple que celle des tramways ordinaires, qui peuvent ralentir ou accélérer leur mouvement à volonté, suivant les besoin du moment.

Enfin, et c'est là leur défaut capital, les frais de premier établissement sont énormes et doivent en faire exclure l'emploi de prime abord dans la plupart des cas où un trafic très intense et rémunérateur n'est pas assuré dès le début. Il peut toutefois trouver son application rationnelle dans certains cas spéciaux, pour desservir des lignes peu sinueuses, de faible longueur, à grand trafic, surtout quand des rampes indispensables rendent difficile et onéreux l'emploi d'autres systèmes. Ils fournissent alors parfois la seule solution possible.

Nous terminons par un tableau résumant les conditions comparatives de fonctionnement de quelques lignes à câble et à traction animale, d'après les rapports lus au meeting de Pittsburg en 1891.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

218. — TABLEAU COMPARATIF.

LIGNES	Frais d'établissement par kilomètre de voie	Nombre annuel de voitures-kilomètres par kilomètre	Nombre de voyageurs par an		Par kilomètre-voiture	
			par kilomètre de ligne	par kilomètre-voiture	Frais d'exploitation	Intérêts à 6 °/₀
A chevaux.	97.320	43.345	157.385	3,00	0fr,76	0fr,14
A câbles. .	576.800	309.395	847.480	2,74	0 ,44	0 ,22

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE XI

EXPLOITATION DES LIGNES DE TRAMWAYS à traction animale et à traction mécanique

219. — *Tarifs, modes de perception et de contrôle.* — Les tarifs de transport, sur les lignes de tramways sont *proportionnels à la distance* parcourue ou *uniformes*. Dans l'un et l'autre cas, il peut y avoir deux classes ou une seule. Les tarifs proportionnels sont les plus rationnels, et c'est à eux que l'on doit en grande partie le succès des tramways à l'étranger. En Angleterre, aux États-Unis, en Autriche, etc., les tarifs sont proportionnels et il n'y a qu'une classe de voyageurs.

Ce système est incontestablement le meilleur pour le public et pour les compagnies. Il facilite les petits parcours et le renouvellement dans les voitures.

A Paris, on a maintenu pour les tramways ce qui se faisait pour les omnibus : deux classes, intérieur et impériale, et un tarif uniforme pour chaque classe.

La perception et le contrôle se font de diverses manières :

1° *Coupons.* — Sur beaucoup de lignes à l'étranger, et même en France, on emploie le carnet de coupons à souche. Chaque voyageur reçoit du conducteur, en payant sa place, un bulletin détaché de ce carnet et portant un numéro d'ordre.

En quittant la voiture, le voyageur garde son billet. La souche sert de moyen de contrôle;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Emporte-pièce à sonnerie.* — L'*Alarm punch* de M. Small (emporte-pièce à sonnerie) est en usage aux Etats-Unis, en Angleterre, à Bordeaux, etc. C'est un petit instrument disposé comme une pince de contrôleur. Il porte à l'intérieur un cadran à sonnerie et une sorte de godet cylindrique, le tout fermé par un cadenas à secret.

Le conducteur remet à chaque voyageur un ticket en carton qu'il poinçonne devant lui. Au même instant, le cadran indique en sonnant qu'un billet a été délivré, et la partie enlevée par l'emporte-pièce est recueillie par le godet. Le nombre de tickets que le conducteur déclare chaque soir avoir délivré dans la journée, doit correspondre avec le chiffre indiqué par le cadran et le nombre de morceaux de carton trouvés dans le godet. Si l'on donne aux billets une couleur différente suivant leur valeur, 10 centimes, 15 centimes, etc., on a un double moyen de contrôle : le nombre de voyageurs est indiqué par le cadran et la valeur des sommes reçues accusée par le contenu du godet ;

3° *Compteur à cadran.* — Le compteur à cadran est employé à Paris par les Omnibus, les Tramways-Nord et les Tramways-Sud. C'est un des meilleurs moyens de contrôle, mais il exige une grande surveillance de la part des compagnies. La Compagnie générale des Omnibus a dépensé, en 1880, une somme de 97.444 francs pour inspection secrète.

Tous ces moyens de contrôle sont effectifs... à la condition que les conducteurs s'en servent. Un contrôle automatique est encore à trouver.

220. — *Nombre de voitures nécessaires pour une exploitation de tramways.* — Ce nombre est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$n = \frac{l \times d}{v}$$

dans laquelle n représente le nombre cherché, l la longueur de la ligne, d le nombre de départs par heure dans les deux sens, et v la vitesse en kilomètres à l'heure. Le nombre des cars de réserve est, en général, le quart des voitures en service.

221. — *Nombre de chevaux par voiture.* — Si, dans la formule que nous venons de donner, l représente par exemple 6 kilomètres, d 24 par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

heure, ce qui représente un départ toutes les 5 minutes, et v 8 kilomètres, on aura :

$$n = \frac{6 \times 24}{8} = 18 \text{ voitures.}$$

Et avec les voitures de réserve :

$$18 + \frac{18}{4} = 22{,}5, \text{ ou } 23 \text{ voitures en tout.}$$

Si l'on admet que le service dure 16 heures, le parcours journalier de ces voitures sera de 14×8 kil. $= 128$ kilomètres. En supposant des véhicules à impériale attelés de deux chevaux faisant 26 kilomètres par jour, la traction exigera 10 chevaux par voiture, soit 180 chevaux de relais. Mais comme on compte généralement 15 % pour les malades, indisponibles, etc., il faudra ajouter 28 chevaux aux 180 en service. Ainsi, pour une ligne de 6 kilomètres exploitée avec des voitures de grande contenance partant toutes les 5 minutes, de 7 heures du matin à 11 heures du soir, il faut 23 voitures et 208 chevaux.

222. — *Parcours journalier des chevaux.* — Les chevaux attelés à une petite voiture de tramways sans impériale, parcourent journellement de 16 à 20 kilomètres, et les chevaux attelés à deux font de 22 à 28 kilomètres. En 1896, les chevaux de tramways de la Compagnie générale des Omnibus, ont parcouru par jour 18 kilomètres environ.

Le travail des chevaux doit dépendre du modèle des voitures, de leur poids et du profil de la voie. Quelques compagnies font faire à leurs attelages de 36 à 40 kilomètres par jour, mais un travail aussi excessif use rapidement les chevaux ainsi surmenés.

223. — *Dépenses d'entretien des voitures.* — Ces dépenses varient suivant le modèle de véhicule employé. A Paris, l'entretien à coûté en 1890, 6 fr.,80 par jour pour les voitures de tramways. A la Compagnie des Tramways-Nord, où le matériel roulant comprend des cars sans impériale ou avec impériale, la dépense a été de 4 francs. Elle est descendue à 2 fr.,10 à la Compagnie des Tramways, où il n'est fait usage que de voitures sans impériale. A Londres, l'entretien des cars, tous à impériale, est revenu, la même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

année, à 3 fr.,65 au *North-Metropolitan-railway* et à 4 fr.,90 aux *London-Tramways*. Ces dépenses d'entretien sont donc sensiblement les mêmes dans toutes les villes, pour les tramways à chevaux.

224. — *Evaluation des diverses dépenses.* — Les dépenses d'exploitation des lignes de tramways s'évaluent, proportionnellement à la recette : par journée-cheval, par journée de voiture et par kilomètre parcouru. Mais comme les compagnies ne classent pas toutes de la même manière leurs dépenses, il est assez difficile d'établir une comparaison entre elles. Voici cependant quelques chiffres résumant le rapport de la dépense à la recette pour quelques compagnies, ce rapport est :

Pour les North-Metropolitan-railway	76,38	%
— les London-Tramways.	97,47	»
— les Tramways d'Edimbourg	62,40	»
— les Tramways de Glasgow.	84	»
— la Compagnie générale de Tramways . .	71,60	»
— la Compagnie des tramways de Genève .	74,35	»

Quant au prix de revient de l'unité-cheval et de la journée de voiture, il est variable d'année en année, suivant le prix des fourrages et de la ration. Il est plus élevé, en général, à Paris que dans les villes de province, et si nous nous reportons aux chiffres relevés à la Compagnie des Omnibus pour l'année 1896, nous verrons que l'exploitation des lignes ferrées n'est pas toujours fructueuse, certaines lignes étant encore en perte, et leur prix d'entretien supérieur aux recettes encaissées journellement. (Voir pages 331 et 332.)

225. — *Harnais.* — Les harnais des chevaux de tramways sont très

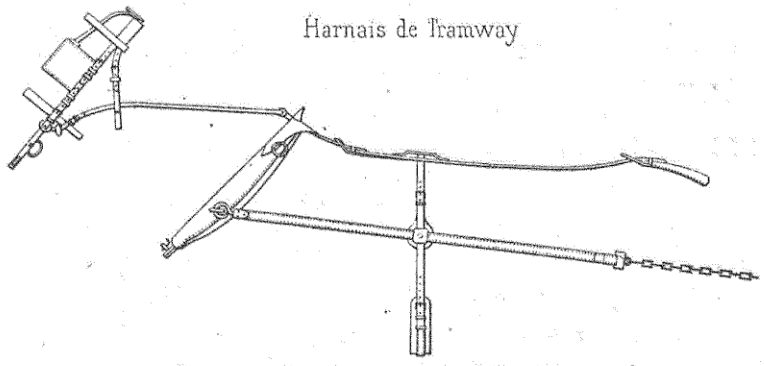


Fig 154. — Harnais pour chevaux de tramways.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

226. — TABLEAU DES LIGNES EN BÉNÉFICE. (**Traction par chevaux.**)

LIGNES	NOMBRE DE JOURNÉES		RECETTE BRUTE		RECETTES diverses réparties par cheval et par ligne (1)	TOTAL des recettes par ligne	DÉPENSE		TOTAL du BÉNÉFICE
	de voitures	de chevaux	par voiture (moyenne)	par ligne			calculée sur la moyenne par cheval et par ligne	par cheval (moyenne)	
			fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
D	9.508	157.073	149 82	1.424.465 60	140.179 25	1.564.644 85	1.409.079 56	897 08	155.565 29
E	5.117	73.558	120 87	618 482 70	65.646 58	684.129 28	665.780 79	905 10	18.348 49
F	10.986	150.152	150 49	1.653.277 75	134.002 63	1.787.280 38	1.342.669 94	894 20	444.610 47
G	13.140	185.304	186 52	2.319.505 20	165.473 91	2.484.979 11	1.651.456 18	891 21	833.522 93
H	7.581	114.431	141 15	1.070.103 95	102.127 55	1.172.231 50	1.024.858 31	895 61	147.373 19
I (*)	9.542	186.761	176 51	1.684.282 05	167.111 55	1.851.393 60	1.671 283 94	893 07	180.109 66
L	5.561	70.729	141 75	788.268 40	63.121 85	851.390 25	629.837 48	890 49	221.552 77
M	4.761	65.863	134 50	640 374 15	58.779 20	699.153 35	589.944 50	895 71	109.208 85
N	5.415	86.894	139 74	756.729 40	77.548 25	834.277 65	786.710 38	905 36	47.567 27
P	3.610	48.458	148 86	537.412 50	43 246 17	580.658 67	430 283 66	887 85	150.375 01
Y (*)	4.337	67.826	143 07	620.500 85	61.020 14	681.520 99	609.342 56	891 19	72.178 43
AC	4.332	33.524	68 33	296.033 55	29.918 06	325.951 61	303.882 06	906 46	22.069 55
TOTAUX.	83.890	1.240.573	147 92	12.409.436 10	1.108.175 14	13.517.611 24	11.115.129 33	895 29	2.402.481 91

(1) Les recettes diverses comprennent les loyers à recevoir, l'affichage, l'intérêt des fonds placés et les recettes d'ordre.
(2) Traction animale et mécanique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

227. — TABLEAU DES LIGNES EN PERTE. (Traction par chevaux.)

LIGNES	NOMBRE DE JOURNÉES		RECETTE BRUTE		RECETTES diverses réparties par cheval et par ligne	TOTAL des recettes par ligne	DÉPENSE		TOTAL du BÉNÉFICE
	de voitures	de chevaux	par voiture (moyenne)	par ligne			calculée sur la moyenne par cheval et par ligne	par cheval (moyenne)	
			fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c
I *bis*	1.087	7 372	35 32	38 675 05	6.379 11	45 054 16	65.728 84	891 60	20.674 68
I *ter*	1.444	28.441	148 11	213 880 »	25.382 07	239.262 07	248.983 64	875 43	9.721 57
J	3 249	59.711	109 »	354.141 35	53.288 87	407.430 22	537.508 92	900 18	130.078 70
K	4.747	70.539	103 58	491.739 85	62.952 28	554.692 13	648.563 61	919 43	93.871 48
P *bis*	1.444	18.599	93 72	135.341 25	16.598 61	151.939 86	166.516 87	895 30	14.577 01
R	722	3.985	31 52	22.758 60	3.556 40	26.315 »	36.699 82	920 94	10.384 82
S	1 382	15.856	59 51	82.245 35	14.150 63	96.395 98	142.267 12	897 24	45.871 14
U	2.527	35 104	71 06	181.596 50	31.328 44	212.924 94	312.825 45	891 13	99.900 51
V	3.610	58.794	108 88	393.085 »	52.470 50	445.555 50	525.097 74	893 11	79 542 24
X	3.364	55.250	120 27	404.590 40	49.307 67	453.898 07	498.557 83	902 36	44.659 76
Z	2.872	23.087	45 64	131.075 85	20.603 91	151.679 76	210 859 49	913 32	59.179 73
AB (1)	856	19.728	97 58	83.530 40	17.602 61	101 133 01	179.216 59	908 43	78.083 58
TOTAUX.	27.304	396 466	92 75	2.532 659 60	353.621 10	2.886.280 70	3.572.825 92	901 16	686.545 22
228. — (Traction mécanique).									
O	1.159	»	163 92	194.332 40	42.886 61	237 219 01	292.895 05	»	55.676 04
AB	691	»	256 20	142.606 45	66.554 74	209.161 19	271.091 31	»	61.930 12
AD	4.818	»	187 63	904.029 05	193.670 32	1.097.699 37	1.122.437 42	»	24.738 05
G *bis*	579	»	56 85	32.921 40	»	32.921 40	41.271 10	»	8.349 70
TOTAUX.	7 247	»	180 53	1.273.889 80	303.111 67	1 577.000 97	1 727.694 88	»	150.663 91

(1) Traction mécanique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simples. Ils comprennent : une bride, des guides, un collier ou une bricole et des traits. Quelquefois on y ajoute un surdos ou une sous-ventrière. La Compagnie des Omnibus, qui avait conservé l'appareil de reculement pour ses voitures de tramways, l'a supprimé depuis quelque temps. Il vaut mieux, en effet, produire l'arrêt d'une voiture au moyen du frein qu'avec l'aide des chevaux. La dépense d'entretien des harnais est, aux Omnibus, de 1 fr.,6362 par jour ; aux Tramways-Nord, de 0 fr.,54 seulement.

229.—*Ferrage.*— Le ferrage coûte par cheval et par jour : 0 fr.,4447, à la Compagnie des Omnibus : 0 fr.,432 à la Compagnie générale des Tramways ; 0 fr., 1429 aux North-Metropolitan-Tramways.

230. — *Entretien de la voie.* —. Le coût de l'entretien de la voie est assez difficile à déterminer. Pendant que sur certains tramways à une voie il ne dépasse pas 1.000 à 1.200 francs par kilomètre, il s'élève à près de 3.500 francs pour les lignes de la Compagnie générale des Tramways, à plus de 4.000 francs aux Tramways-Nord, etc.

A Londres, on a commencé à renouveler la voie après six ans d'exploitation. Cette réfection, qui se poursuit depuis 1877, coûte à la Compagnie 31.052 francs par kilomètre. On fait la même opération aux London-Tramways.

231. — *Résumé.* — Si nous voulons résumer le bilan de l'exploitation des lignes ferrées exploitées à Paris par la Compagnie générale des Omnibus, aux divers points de vue qui nous occupent ici, nous donnerons les chiffres suivants, pour l'exercice 1894-95.

Voitures en service. — Le nombre maximum des voitures Tramways mises en service en 1895 a été de 318 ; il était également de 318 en 1894.

Travail des voitures. — Chaque voiture Tramway a parcouru par jour, terme moyen, 102 kilomètres 143 mètres, les 318 voitures employées journellement ont fourni 31.095 kilomètres par jour et 11.349.812 kilomètres 346 mètres pendant l'année entière. En 1894, on comptait 101 kilomètres 984 mètres par voiture, 31.401 kilomètres par jour et 11.461.548 kilomètres 410 mètres pour l'année entière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Effectif des chevaux. — L'effectif moyen des chevaux présents dans les écuries et affectés aux tramways a été de 4.390 par jour ; il était de 4.478 en 1894.

Travail des chevaux. — Le travail moyen des chevaux de rang et de relais a été par jour de 16 kilomètres 60 mètres. En 1894, il avait été de 16 kilomètres 46 mètres pour chaque cheval.

Nombre de chevaux par voiture. — Le nombre moyen de chevaux par voiture, y compris ceux d'infirmerie, de labour, de corvée et d'inspection, a été pour chaque journée de voiture Tramway de 14 $\frac{73}{100}$ il était de 14 $\frac{92}{100}$ chevaux en 1894.

Voyageurs. — Les voitures Tramways ont transporté 84.433.149 voyageurs, soit 231.323 par jour, 759 par voiture et 45 par course. En 1894, on comptait 86.826.474 voyageurs, soit 237.880 par jour, 772 par voiture et 46 par course.

Sur ces 84.433.149 voyageurs 46.714.586 ont pris l'intérieur de la voiture et 37.718.563 sont montés sur l'impériale. En 1894, on comptait 47.202.135 voyageurs d'intérieur et 39.624.339 d'impériale.

En 1895, 14.369.523 voyageurs ont fait usage de la correspondance : 13.508.526 à l'intérieur et 860.997 à l'impériale. En 1894, ce nombre était de 14.614.592 : 13.761.293 à l'intérieur et 853.299 à l'impériale.

Produit moyen par voyageur. — La recette moyenne par voyageur a été de 0 fr.,17 $\frac{68}{100}$, elle était de 0 fr.,17 $\frac{60}{100}$ en 1894.

Produit moyen par kilomètre. — La recette moyenne réalisée par chaque kilomètre parcouru par les voitures a été de 1 fr.,31 ; elle était de 1 fr.,33 en 1894.

	1894	1895
1° Par les Omnibus	21.163.227^{km},163^{m}.	21.240.235^{km},449^{m}.
2° Par les Tramways	11.461.548 ,410	11.349.812 ,346
A quoi il convient d'ajouter les kilomètres parcourus :		
1° Par les services Voies ferrées (Concession Loubat) . . .	1.415 822 ,586	1.415.724 ,143
2° Par les services de banlieue .	184.765 ,021	182.939 ,503
3° Par les services spéciaux du matin	13.834 ,840	»
4° Par les tramways à vapeur. .	287.260 ,718	884.364 ,420
Soit en tout. . .	24.526.458^{km},738^{m}.	35.073.075^{km},861^{m}.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

232. — *Lignes de province. Devis d'une ligne de tramways de 6 kilomètres.* — Les devis ci-dessous, relatifs à un tramway de 6 kilomètres, sont empruntés à une petite ligne construite, il y a quelques années, dans une ville de Belgique.

1° Voie : 6 kilomètres a 23.604 francs le kilomètre. .		141.624 francs.
2° Voitures : 6 en service		
3 en réserve		
Total. . 9 à 4.500 francs	40.500	»
3° Chevaux : 25 en service		
5 en réserve		
30 à 1200 francs	36.000	»
4° Harnais pour 30 chevaux à 200 francs	6.000	»
5° Écuries et remises à 1.500 par cheval	45.000	»
6° Petit matériel, mobilier, etc	20.876	»
7° Fonds de roulement.	10.000	»
Total. . . .	300.000 francs.	

soit par kilomètre 50,000 francs.

L'entretien et l'amortissement sont calculés sur les bases suivantes :

Entretien de la voie, amortissement compris. . .	10 %
Entretien du matériel roulant, amortissement compris.	15 »
Amortissement de la cavalerie	20 »
Entretien et amortissement des harnais	25 »
Entretien des bâtiments	5 »
Petit matériel, entretien et amortissement. . . .	10 »
Intérêt et amortissement du capital.	8 »

L'entretien, le personnel d'écurie, etc., par an et par cheval peuvent être évalués à 1.000 francs.

Le personnel de cette petite ligne de 6 kilomètres comprend :

1 Directeur.

1 Vétérinaire (par abonnement).

1 Comptable.

1 Contrôleur.

9 Cochers.

9 Conducteurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

233. — *Traction mécanique. Prix de revient d'établissement et d'exploitation.* — Pour apprécier avec justesse et comparer entre eux les divers modes de traction mécanique, il importerait d'établir, pour des installations réalisées dans des conditions analogues, les prix de revient d'établissement et d'exploitation. Quelques études ont déjà été faites à ce sujet, et nous pouvons citer tout particulièrement le remarquable travail de M. de Marchena, ingénieur de la Société française Thomson-Houston, travail auquel nous avons fait différents emprunts au cours de ce volume (1).

Les renseignements que l'on peut obtenir sur les prix d'installations, sont souvent incomplets, car il ne suffit pas d'indiquer les dépenses faites par kilomètre de ligne, mais il faut tenir compte du trafic possible et rapporter toutes les dépenses à la voiture-kilomètre par heure. Les chiffres absolus et permettant une comparaison rigoureuse doivent être donnés pour des projets de traction sur une même ligne dans les mêmes conditions d'établissement d'exploitation et avec les divers systèmes en concurrence. (Voir le tableau page 337.)

234. — *Traction électrique.* — Un exemple de traction en Allemagne permet de faire une comparaison pour des lignes exploitées dans les mêmes conditions, et successivement par traction animale et par traction électrique. — Sur une ligne de 13 kilomètres, avec des voitures contenant 30 personnes, le trafic a été de 632.000 kilomètres-voiture par an. — Le prix d'établissement pour la traction animale a été de 188.000 francs ; les dépenses d'exploitation (amortissement compris), se sont élevées à 104.060 francs, et le prix de revient (tous frais compris, intérêts et amortissement) ressort à 0 fr. 177 par voiture-kilomètre.

La même ligne a été depuis transformée et exploitée avec la traction électrique par canalisation aérienne. — Le prix d'établissement (machines, etc.) a été de 281.800 francs ; les dépenses d'exploitation ont été, tous frais compris, de 78.710 francs soit 0 fr. 123 par voiture-kilomètre. On voit que si le prix d'établissement est plus élevé pour la traction électrique, les frais d'exploitation sont bien inférieurs à ceux nécessités par la traction animale.

On compte, en général, pour les frais de premier établissement d'une ligne

1. *La Traction mécanique des tramways.* Op. cit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

235. — TABLEAU RÉSUMANT LES CONDITIONS D'EXPLOITATION DE QUELQUES LIGNES DE TRAMWAYS.
(Traction animale et traction mécanique.)

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR en kilomètres	RECETTES en francs par kilomètre-année	DÉPENSES en francs par kilomètre-année	PRODUIT net en francs par kilomètre-année	Coefficient d'exploitation ou rapport des dépenses aux recettes en %	RECETTES en francs par jour-kilomètre
TRAMWAYS POUR VOYAGEURS						
Ensemble des tramways du département de la Seine (1894).	338	77.506	76.629	877	99	212
Ensemble des tramways des départements (1894) . . .	421	41.214	32.632	8.612	79	113
Funiculaire de Belleville (1894).	2	200.874	170.164	30.710	85	550
Tramways de Nantes, air comprimé (1894)	11	52 447	36.179	16.268	69	144
Pont de Charenton à la Varenne-Saint-Hilaire, air comprimé (1894)	9	16.352	19.662	— 3.310	120	45
Bordeaux-Bouscat au Vigean (1894).	5	28.818	20.945	7.873	73	76
Tramway du Havre (1893), traction par chevaux . . .	11	65.652	45.922	19.730	70	180
Tramway du Havre (1894), traction électrique pendant la moitié de l'année	11	78.335	46.367	32.168	50	215
TRAMWAYS POUR VOYAGEURS, BAGAGES ET MESSAGERIES						
Montferrand à Royat, traction électrique (1893) . . .	7	47.793	25.147	22.646	53	131
— — — — (1894) . . .	7	46.166	25.924	20.242	56	126
Lyon (Saint-Just) à Sainte-Foy-lès-Lyon, traction électrique (1894).	3	11.829	15.373	— 3 544	130	32

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de tramways électriques, 20 à 30.000 francs par kilomètre quand la ligne est aérienne, et 100.000 quand la canalisation est souterraine. Pour l'usine, on compte 20.000 francs par voiture en service. Pour les voitures automobiles à accumulateurs, nous avons dit que ces frais étaient en moyenne de 6.000 francs par kilomètre-voiture par heure sur la ligne Saint-Denis-Opéra.

En Amérique, à la fin de l'année 1896, on comptait, pour les dépenses de tramways électriques, 25.500 francs le kilomètre de voie avec retour par les rails : 19.000 francs le kilomètre de canalisation aérienne avec poteaux en fer ; 18.000 francs par voiture motrice ; 250 à 500 francs par cheval indiqué, en ce qui concerne la machinerie, enfin, de 80 à 500 francs par cheval indiqué, pour les bâtiments.

236. — *Autres procédés.* — Les frais de premier établissement (matériel roulant et installations fixes) pour la traction à vapeur par le système Serpollet, peuvent être estimés à 30.000 francs par voiture de 50 places, à impériale, et à 18.000 francs par voiture de 24 à 32 places sans impériale. Ce prix est sensiblement le même avec des voitures à vapeur surchauffée : il s'élève à 60.000 francs par voiture automobile à air comprimé, système Mékarski, type de 50 places à impériale, soit à 5.000 francs par kilomètre-voiture à effectuer par heure, et à 100.000 francs par locomotive Rowan en circulation et remorquant une seule voiture.

Les frais d'exploitation ne sont pas encore entièrement connus. Dans certains comptes rendus, les dépenses ne comprennent que les frais de traction proprement dits, sans compter l'entretien des caisses de voitures et des voies, les indications sont donc incomplètes. Voici cependant quelques chiffres.

La dépense de charbon par kilomètre-voiture est la suivante :

Traction électrique : fil aérien, le Havre : 1 kg. 7 par kilomètre-voiture.

Traction électrique : accumulateurs Saint-Denis-Paris : 2 kg. 6 par kilomètre-voiture, ancienne voiture, 1 kg. 85 par kilomètre-voiture, nouvelle voiture ;

Traction à air comprimé : Paris-Saint-Augustin-Vincennes : 11 kilogrammes par kilomètre-voiture ;

Traction à vapeur Serpollet : Paris : entre 2 et 3 kilogrammes coke.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les tramways à vapeur Serpollet, les dépenses peuvent s'établir de la façon suivante : les chiffres que nous donnons ont été fournis par l'ingénieur de la voie et se rapportent à la ligne de Saint-Étienne à Rive-de-Giers pour des voitures à 20 places :

Combustible par kilomètre-voiture.	0fr,063	0fr,072 par kil.-voiture.	
Graissage — —	0 ,009		

On peut donc prévoir pour le total des frais de traction et par kilomètre-voiture :

Combustible	0fr,063	par jour : 187kg, de coke à 30fr,50.
Graissage	0 ,009	
Cocher	0 ,090	
Entretien du générateur.	0 ,030	
Total. .	0fr,192	

Le poids de la voiture est de 6.500 kilogrammes avec 20 voyageurs.

Les parcours journaliers donnent 83 voyageurs de 1km,300 = 107km,500 mètres.

Enfin, le coke est compté à 30 fr. 50 la tonne.

Pour Paris, les consommations de coke ont été les suivantes :

Ligne Clignancourt-Bastille 3 kilogrammes par kilomètre-voiture, allumage compris.

Ligne Madeleine-Gennevilliers 2 kg, 5 à 3 kilogrammes, suivant les conducteurs.

Nous ferons encore une remarque qui a son intérêt :

1° Que tous les procédés de traction mécanique présentent de réels avantages sur la traction animale au point de vue matériel et au point de vue économique ;

2° Que les divers systèmes de traction électrique peuvent être opposés sans crainte et le plus souvent avec grande supériorité aux divers autres systèmes de traction.

M. G. Pellissier a montré, par quelques chiffres puisés à bonne source, que ls substitution d'une ligne électrique à une ligne à chevaux entraînait généralement en Amérique une augmentation de recettes considérable et que les bénéfices étaient eux-mêmes augmentés dans de grandes proportions. Il a donné des valeurs le 73,5 0/0 par voiture-mille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au Havre, en septembre 1894, la traction électrique a été substituée totalement à la traction animale. Les recettes par kilomètre-an se sont élevées à 78.335 francs au lieu de 65.652 francs en 1893, alors que les dépenses montaient seulement à 46.367 francs au lieu de 45.922 francs par kilomètre-an. Le produit net par kilomètre-an a été de 32.168 francs au lieu de 19.730 francs. Les recettes par jour-kilomètre montaient de 180 francs en 1893 à 215 francs en 1894.

Des accroissements aussi importants doivent certainement déterminer sans aucune hésitation à entreprendre des tramways électriques, bien que le prix d'établissement en soit un peu plus élevé.

237. — *Résumé de la question.* — Les chiffres que nous venons de reproduire d'après des documents récents et absolument sérieux démontrent tout d'abord les incontestables avantages de la traction mécanique sur la traction animale, au double point de vue de l'économie et du confort. Ils montrent également que les divers systèmes de traction électrique peuvent être opposés presque toujours avec supériorité aux autres procédés de traction. Enfin, l'expérience a prouvé que la substitution de la traction électrique à la traction animale, amenait toujours une augmentation considérable de recettes, et que les bénéfices se trouvaient, par suite, augmentés dans de grandes proportions.

Une preuve frappante de la supériorité de la traction électrique, après expériences comparatives des divers systèmes, est d'ailleurs fournie en Amérique par l'état des diverses voitures motrices à la fin de 1893. On comptait en effet pour :

La traction électrique,	17.243	voitures	avec des lignes	d'une longueur totale de	12.015 km,0
La traction par chevaux,	16.844	—	—	—	5.627 ,8
La traction par câble,	4.805	—	—	—	1.057 ,3
La traction à vapeur,	616	—	—	—	910 ,9
Totaux.	39.509	voitures			19.611 km,3

Depuis cette époque, la proportion en faveur de la traction électrique a encore augmenté considérablement. On voit, par les indications qui précèdent que l'avantage revient nettement à la traction électrique, et on peut affirmer qu'elle sera certainement le mode de traction le plus employé dans l'avenir (1).

1. *Compte rendu de l'Association des Ingénieurs Electriciens.* Op. cit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DEUXIÈME PARTIE

LES CHEMINS DE FER SUR ROUTES

CHAPITRE PREMIER

LES VOIES DE CHEMINS DE FER SUR ROUTES

238. — *Établissement de la voie sur les routes et dans les traverses.* — Les chemins de fer sur routes sont placés sur les accotements, et la voie peut être formée de rails saillants dans les parties non accessibles aux voitures ordinaires. Ce sont alors de véritables chemins de fer installés sur des voies publiques. Dans la traversée des villes et villages ils sont établis sur la chaussée, et dans ce cas le chemin de fer sur routes devient un véritable *tramway* qui est, comme tel, astreint aux prescriptions de l'article 6 du Cahier des charges des tramways. Cette distinction est importante, entre le tramway et le chemin de fer routier, et c'est pourquoi nous avons jugé nécessaire de consacrer une partie spéciale de cet ouvrage à cette catégorie de véhicules. Suivant toujours la méthode adoptée jusqu'ici, nous examinerons d'abord les voies, puis le matériel, avant d'en arriver aux divers procédés de traction.

Largeurs de voie autorisées en France. — D'après l'article 4 du Cahier des charges, la largeur de la voie, entre les bords extérieurs des rails, doit être de $1^m,44$ pour les chemins de fer sur routes à voie large, de 1 mètre ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 0,75 centimètres pour ceux à voie étroite. Il s'agit ici de voies ferrées destinées au transport des voyageurs et des marchandises ; quant à celles sur lesquelles le public n'est pas admis à voyager, il est permis de leur donner la largeur que l'on veut.

La cote adoptée à l'origine des chemins de fer était de $1^m,50$ d'axe en axe, mais comme la largeur du champignon des rails varie suivant les profils, il s'en suivait que la cote à l'intérieur, qui est, en France, de $1^m,44$ à $1^m,45$ et qui, en Allemagne, n'est que de $1^m,435$, variait de son côté. On a donc pris la cote à l'intérieur pour désigner la largeur des voies.

Aux Etats-Unis, l'écartement-type de la petite voie est de $0^m,91$; mais, sur quelques voies ferrées locales, il varie de $0^m,61$ à $1^m,21$. Au Canada, il est de $1^m,06$. Sur plusieurs chemins industriels, en Angleterre, l'écartement n'est souvent que de $0^m,46$ et même $0^m,38$. On cite une petite ligne établie à Furness Abbey à la voie de 20 centimètres.

En France, la largeur généralement adoptée, jusqu'à présent, pour les chemins de fer sur route, est de 1 mètre ; mais sur plusieurs petites lignes industrielles, elle ne dépasse pas $0^m,76$; elle descend parfois à $0^m,50$ et même à $0^m,40$.

239. — *Résistance à la traction sur les chemins de fer sur routes.* — On peut admettre que la résistance totale à la traction est de 1/5 plus grande sur un chemin placé sur une route, que sur un chemin de fer établi en rase campagne. Une voie ferrée sur laquelle les piétons et les bestiaux peuvent circuler librement, ne peut être maintenue en aussi bon état que celle où cette circulation n'est pas permise.

Comme sur les tramways, la résistance augmente, en rampe, de 1 kilogramme par tonne pour chaque millimètre d'inclinaison. Elle varie dans les courbes suivant le rayon, l'écartement des essieux, le diamètre des roues, la longueur du train et, surtout, suivant la largeur de la voie.

Voici ce que dit à cet égard M. Ch. Goschler dans son intéressante brochure *Les chemins de fer nécessaires* :

« En supposant que la pression P — pression horizontale exercée par le « rail sur le boudin — soit la même pour les deux voies — celle de $1^m,50$ « et celle de $0^m,60$, — on arrive à cette conclusion : que les résistances, au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« passage dans les courbes, sont entre elles comme les racines carrées des « largeurs de voie. Si l'écartement de la petite voie $d = 0^m,60$ et celui de la « grande voie $D = 1^m,50$, ces résistances sont entre elles comme 7 est à 12; « autrement dit, enfin, la résistance à la traction d'un train, du fait de l'influence « des courbes de la voie de $0^m,60$, est les 7/12 seulement de la résistance « d'un train, dans les courbes de la voie de $1^m,50$, toutes choses égales d'ailleurs. »

240. — *Avantages de la voie réduite.* — Avec la voie réduite, on diminue les frais d'entretien par suite du peu de charge des essieux et du matériel de transport; on obtient une meilleure proportion entre le poids non payant et le poids payant, proportion qui est, en général, de 1 à 3 pour la voie réduite, tandis qu'elle n'est que de 1 à 2 pour la voie large; on utilise plus complètement le matériel roulant, parce qu'il est plus facile de trouver des chargements de 2 à 4 tonnes que des chargements de 10 tonnes; enfin, les petits wagons sont moins lourds à manœuvrer que les grands et exigent, conséquemment, moins de personnel.

On voit, par ce qui précède, qui la voie réduite est un des éléments indispensables des chemins de fer sur routes, dont la construction et l'exploitation doivent être essentiellement économiques.

Il est des cas, cependant, où l'on est obligé d'avoir recours à la voie large: c'est lorsqu'il s'agit de rejoindre à quelques kilomètres un chemin de fer à voie normale, auquel on remet, journellement et en grande quantité, des marchandises ne pouvant pas être transbordées sans de grands inconvénients.

Si le peu de largeur de l'accotement ne permet que l'installation d'un chemin à voie réduite, on peut avoir recours au procédé employé sur la petite ligne de Ribauvillé. Les wagons de la grande voie sont montés et transportés sur des plateformes à deux trains articulés, sur lesquelles sont placés deux rails à l'écartement de $1^m,50$.

241. — *Conditions imposées à l'établissement de la voie sur les accotements.* — L'établissement de la voie ferrée sur un accotement est déterminé par l'article 7 du Cahier des charges. Elle doit reposer, dans la partie interdite aux voitures ordinaires, sur une couche de ballast exclusive-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment composé de *pierre cassée* ou de *gravier* ayant une largeur égale à celle de la voie augmentée, d'au moins $0^m,80$, et d'au moins $0^m,35$ d'épaisseur totale, qui sera arasée de niveau avec la surface de l'accotement relevé en forme de trottoir.

La partie de la voie publique qui restera réservée à la circulation des voitures ordinaires présentera une largeur d'au moins 6 mètres — minimum admissible pour une route nationale. Cette largeur sera mesurée en dehors de l'accotement occupé par la voie ferrée, et au dehors des emplacements qui seront affectés au dépôt des matériaux d'entretien de la route.

L'accotement occupé par la voie ferrée devra être limité sur la route, au moyen d'une bordure d'au moins 30 centimètres de largeur et d'une solidité suffisante ; dans les parties de routes et de chemins dont la déclivité dépassera 3 centimètres par mètre, cette bordure sera accompagnée et soutenue par un demi-caniveau pavé, qui n'aura pas moins de 30 centimètres de large. Un intervalle de $0^m,30$ sera réservé entre la verticale de l'arête de cette bordure et la partie la plus saillante du matériel de la voie ferrée ; un autre intervalle libre de $1^m,10$ subsistera entre ce matériel et la verticale de l'arête extérieure de l'accotement de la route. Les rails qui, à l'extérieur, sont au niveau de l'accotement régularisé, ne forment sur l'entre-rail que la saillie nécessaire pour le passage des boudins des roues du matériel de la voie ferrée.

242. — *Courbes et rampes.* — D'après l'article du Cahier des charges, les alignements doivent être raccordés par des courbes dont le rayon ne peut

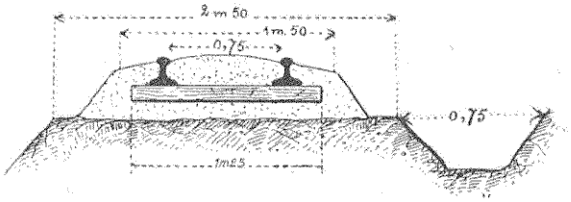


Fig. 155. — Profil de la voie de $0^m,75$ en rase campagne.

être inférieur à 40 mètres, pour le cas de voies ferrées exploitées au moyen de locomotives. Le maximum de déclivité est fixé, en général à 40 millimètres par mètre.

Le maximum des rampes, sur les routes et les chemins vicinaux, est de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

50 millimètres, mais il y a des localités où l'on rencontre des rampes de 60 et même 70 millimètres. Ces rampes demeurent encore abordables, et pour les lignes à faible trafic comme le sont presque toujours les chemins de fer sur routes, il vaut mieux les accepter telles quelles et les aborder franchement plutôt que de détourner la voie. On pourrait d'ailleurs citer de nombreux exemples où des déclivités supérieures à 40 millimètres par mètre sont franchies par des locomotives sans adhérence artificielle. Sur le tramway de Villiers-le-Bel à Gonesse qui traverse le village en suivant la rue principale, dont la chaussée n'a que 5 mètres de largeur, la voie présente des déclivités de 53 millimètres et des courbes inférieures à 30 mètres de rayon. Une locomotive de 12 tonnes peut remonter sur cette rampe trois voitures à voyageurs complètes et un fourgon à bagages. Si cette ligne avait été établie suivant les prescriptions de la nouvelle loi, elle eût dû s'arrêter à l'entrée du village et les habitants auraient trouvé moins de facilité dans ce chemin de fer que dans les anciens omnibus.

Sur les chemins de fer routiers, de même que sur les réseaux de tramways, le maximum de largeur admissible pour le matériel roulant a été fixé à $3^{m},10$ pour la voie de $1^{m},44$ ou normale, à $2^{m},80$ pour la voie de 1 mètre, et à $2^{m},175$ pour la voie de $0^{m},75$. La largeur d'une machine pour voie de 1 mètre, est, en général, de $1^{m},80$ toutes saillies comprises, et cette même largeur est suffisante pour une voiture à voyageurs avec couloir en long, ou à banquettes transversales et compartiments comme dans les wagons de troisième classe des compagnies de chemins de fer ordinaires. En acceptant cette largeur de $1^{m},80$, l'espace occupé par la voie ferrée sur l'accotement serait, aux

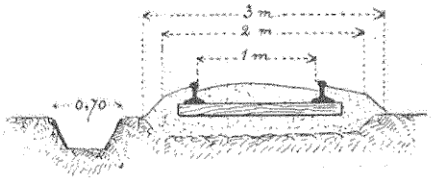


Fig. 156. — Profil de la voie de 1 mètre.

termes du Cahier des charges, de $3^{m},20$. On la réduirait à 3 mètres en donnant à la machine une largeur de $1^{m},60$ qui est celle de la locomotive de 8 tonnes en charge construite aujourd'hui par les principaux ateliers de construction. Quant aux voitures, elles pourraient, sans inconvénient pour les voyageurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

présenter une largeur identique. C'est ce qui a lieu sur la petite ligne de Villiers-le-Bel dont nous parlions plus haut, et qui n'a que 3 mètres de largeur en pleine route.

En se rapportant à ces données, et en tenant compte des dimensions principales des routes et chemins que nous indiquons dans le petit tableau ci-dessous, il sera facile de déterminer la longueur à donner à la voie d'un chemin sur route suivant celle de l'accotement.

DÉSIGNATION	LARGEUR d'un accotement	LARGEUR de la chaussée	DIMENSIONS ordinaires des chaussées et accotements
1° Routes nationales	3 à 3m,50	7 à 8m,00	13 à 15m,00
2° Routes départementales. . .	2 ,00	6 ,00	10 ,00
3° Chemins de grande communication	1 ,50	4 à 5 ,00	7 à 8 ,00
4° Chemins vicinaux	1 ,50	3 ,00	5 à 9 ,00

243. — *Profils en travers des voies de* 1 *mètre et de* 0m,75. — Nos figures 155 et 156 montrent les profils en travers affectés par la voie du chemin de fer de Lausanne à Echallens, construit sur route et en rase campagne par MM. Joyau et Dumont. La largeur de la voie est de 1 mètre. Ces figures indiquent comment on doit établir sur les accotements des voies et chemins la voie de 0m,75 suivant les idées de M. Faliès, ingénieur, qui s'est fait le promoteur en France de cette largeur de voie, bien préférable selon lui à la voie de 0m,60, et qui convient mieux, dit-il, aux lignes de chemins de fer sur routes a faible trafic qui trouvent partout leur application. Malheureusement la loi nouvelle, en limitant le rayon des courbes à 40 mètres, et le maximum des rampes à 40 millimètres par mètre, enlève à la voie de 0m,75 la principale facilité d'emprunter les routes et chemins sans aucune rectification, soit en plan soit en profil, et qui constituait son plus précieux avantage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

244. — *Poids des rails et composition de la voie.* — Le poids des rails dont il faut faire usage pour ces lignes doit varier suivant l'importance du trafic et les déclivités de la route parcourue. Ces deux données permettent en effet de déterminer ensuite le poids des machines, et, par suite, celui des rails, ainsi que les dimensions et le nombre des traverses.

Le tableau ci-dessous donne ces renseignements pour cinq petites lignes construites sur le modèle de la voie de 1 mètre.

DÉSIGNATION	POIDS des rails	ÉCARTEMENT des traverses	DIMENSIONS	POIDS des machines
				tonnes
Lagny à Neufmoutiers	16 kilog.	$0^m,75$	»	13 à 14
Lausanne à Échallens	29 —	1 ,16	$1^m,80 \times 0^m,12 \times 0^m,20$	11
Mokta-el-Hadid .	20 —	0 ,75	1 ,80 × 0 ,12 × 0 ,13	16 à 5
Ergastiria . . .	20 acier.	0 ,74	1 ,60 × 0 ,12 × 0 ,21	21
Villiers-le-Bel. .	16 —	0 ,90	1 ,80 × 0 ,12 × 0 ,18	10 à 12

Le rail de 29 kilogrammes a été reconnu trop fort pour la ligne de Lausanne à Echallens. C'est l'ancien rail de la voie Fell posée sur la route du Mont-Cenis.

Un rail Vignole en acier, du poids de 20 kilogrammes au mètre courant,

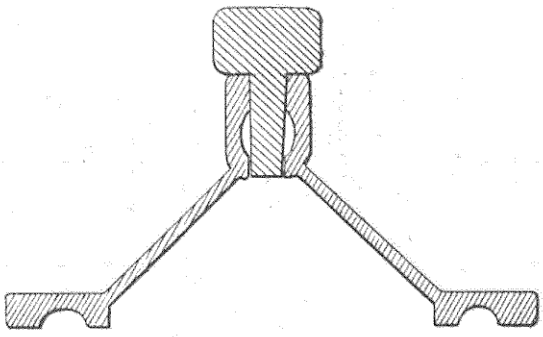


Fig. 157. — Rail et longrines de la voie, système Serres et Battig.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

convient parfaitement à un chemin de fer sur route dont le trafic dépasse 6.000 francs par kilomètres.

Voici la composition du prix de revient pour une travée de 6 mètres, d'une voie en rails d'acier de 20 kilogrammes posée, il y a trois ans, dans la ban-

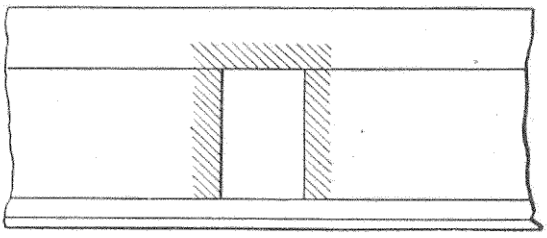


Fig. 158. — Vue en élévation de la longrine.

lieue d'une grande ville de l'étranger où le mouvement des voyageurs est considérable :

12 mètres de rails en acier pesant 20 kilogrammes le mètre courant, soit 240 kil. à 300 fr. la tonne.	72 fr.	»
8 traverses en chêne de $1^m,50 \times 0^m,10 \times 0^m,20$ à 4 francs la traverse.	32	»
4 éclisses en acier pesant 2 kilog.,400 l'une, soit 9 kil.,60 à 0 fr.,40 le kilogramme	3	85
8 boulons d'eclisses pesant 0 kil,350, soit 2 kil.,80 à 0 fr.40 le kilogramme	1	10
32 tire-fond à 0 kilog.,300, soit 9 kilog.,600 à 0 fr.40 le kilogramme	3	85
Ensemble par 6 mètres de voie. . .	112 fr.	80
Soit pour les matériaux d'un mètre de voie. . .	18 fr.	80
Pose comprenant le sabotage des traverses, le transport des matériaux à pied d'œuvre et le coltinage	1	50
Ballast en caillou ou pierre cassée : $0^m,645 \times 6$ fr.	3	85
Prix du mètre courant posé. . .	24 fr.	15
Travaux préparatoires par mètre courant . . .	3	50
Prix total du mètre courant. . .	27 fr.	65

245. — *Voie Serres et Battig.* — Cette voie a été adoptée en Italie pour des chemins de fer sur routes aux environ de Milan, et, de son côté, une compagnie belge l'emploie pour ses petites lignes posées sur les accotements des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

routes. Par sa solidité, la facilité de sa pose et l'économie dans les renouvellements, elle convient particulièrement au genre de voies ferrées que nous étudions ici. Le rail, qui appartient à la classe des rails en trois parties, se

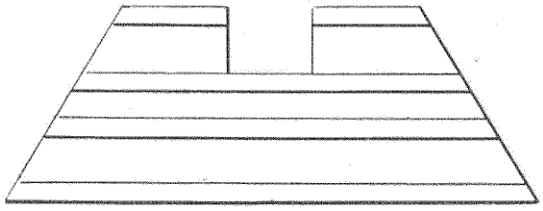


Fig. 159. — Tenons de la voie Serres et Battig.

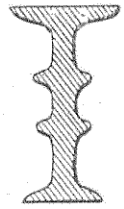


Fig. 160. — Profil du tenon

compose d'un *rail proprement dit*, en acier ou en fer, à fort champignon, sans patin, dont l'âme est emprisonnée entre les joues verticales de deux longrines en fer. Celles-ci sont en fer laminé, de profil symétrique, composées de deux ailes reliées par une âme ; elles forment pour ainsi dire éclisse continues de chaque côté du rail. Une fois assemblées avec celui-ci, leurs parties médianes présentent l'une sur l'autre une inclinaison de 90 degrés. Elles ont

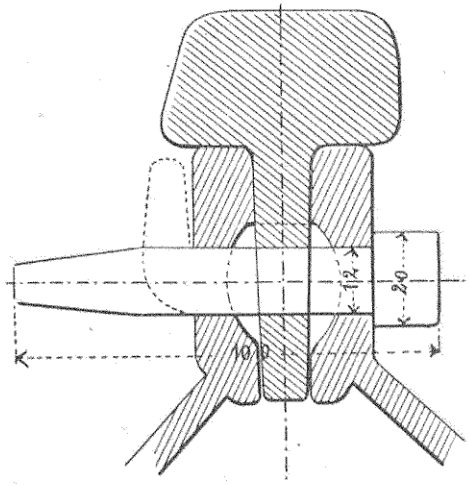


Fig. 161. — Rail Serres et Battig avec son attache aux longrines.

l'apparence d'un V renversé que l'on remplit de ballast par le bourrage à la pioche.

De distance en distance, les longrines sont percées de trous rectangulaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou *lumières* destinées à donner passage aux pièces d'assemblage qui sont de deux espèces : les *tenons* et les *entretoises*. Les tenons sont découpés dans un simple fer plat de $0^m,012$ à $0^m,015$ d'épaisseur pour les voies à petite section. Ils portent à leur partie supérieure une encoche destinée à recevoir les parties supérieures des longrines. Ils assemblent entre elles les longrines d'un même cours de rails. Les entretoises présentent le même profil que les tenons quoique un peu plus long que ces derniers, de façon à leur permettre de relier ensemble les deux cours de rails. Le rôle des entretoises est de maintenir invariable l'écartement de la voie ; elles portent, à chacune de leurs extrémités, une encoche à distance voulue, semblable à celle du tenon, pour obtenir l'écartement réglementaire.

Pour empêcher le glissement longitudinal du rail entre les longrines, il est fait usage de goupilles à tige elliptique et à tête carrée.

La goupille, une fois introduite dans les trous qui doivent la recevoir, est recourbée au moyen d'un outil spécial.

La voie Serres et Battig, à l'écartement de 1 mètre entre les bourrelets, avec entretoises et tenons en tôles de $0^m,012$, pèse 50 tonnes 500 par kilomètre.

246. — *Pose de la voie dans les traverses.* — *Voie Humbert.* — Dans

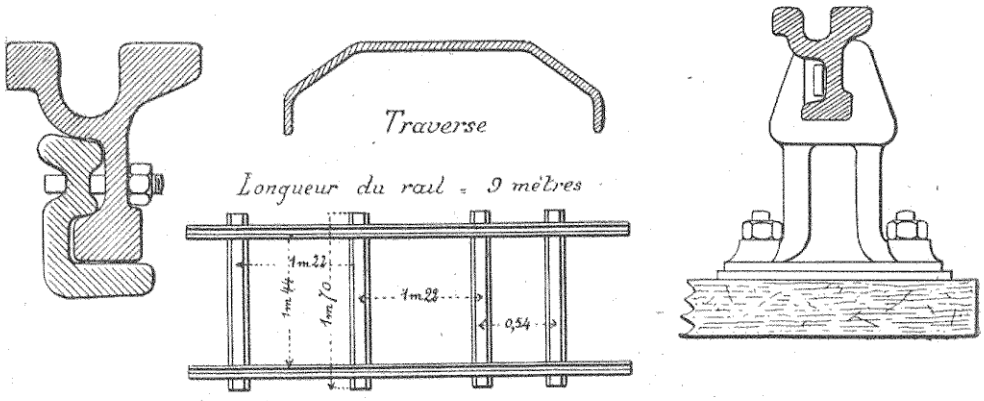


Fig. 162, 163, 164 et 165. — Voie Humbert, rail, contre-rail et traverse.

les parties où la voie doit être posée avec des rails sans saillies, on peut placer un contre-rail en fer ou en acier, comme dans la voie Marsillon, ou em-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ployer la voie Humbert, que représentent les figures 162, 163, 164 et 165. Cette dernière est d'une pose facile.

On place les rails directement sur le sol, et on les assemble au moyen d'éclisses boulonnées, en ayant soin d'alterner les joints. La voie Humbert étant formée de rails Vignole, se raccorde facilement avec les rails saillants des accotements. On peut, au moyen des entretoises qui sont d'une longueur suffisante, donner du surécartement dans les courbes. Le surécartement est d'autant plus nécessaire pour les chemins de fer sur routes, qu'au lieu d'une voiture isolée, on en a plusieurs engagées dans la courbe à la remorque d'une machine.

247. — *Poids des rails de la voie de* $0^m,75$. — Le rail que M. A. Faliès a choisi pour sa voie de $0^m,75$ est le rail en acier, type du Creusot, pesant 12 kilogrammes au mètre courant. Il est assez résistant pour supporter le

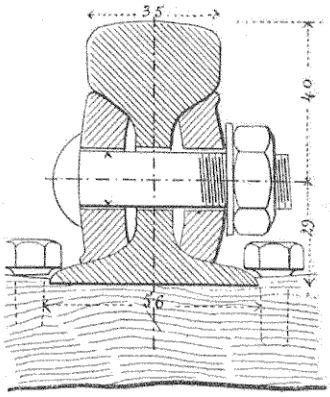


Fig. 166. — Rail de 12 kilogs.

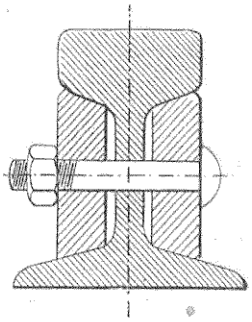


Fig. 167. — Rail de 12 kil. 500 du North Billerica.

poids des locomotives de 9 tonnes portées sur trois essieux, ce qui représente un poids de trois tonnes par essieu. Le chemin de fer de Cessous et Trébiau à la voie de $0^m,80$ — $0^m,766$ dans œuvre — a adopté également un rail en acier de 12 kilogrammes, dont le profil diffère peu de celui du Creusot.

248. — *Rail américain pour voie réduite.* — Le rail de 12 kg. 500 est très en usage en Amérique pour les chemins de fer économiques à voie ré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duite, et la figure 167 représente celui du North-Billerica et railroad Bedford avec son mode d'éclissage. Les figures 168 et 169 donnent les profils en

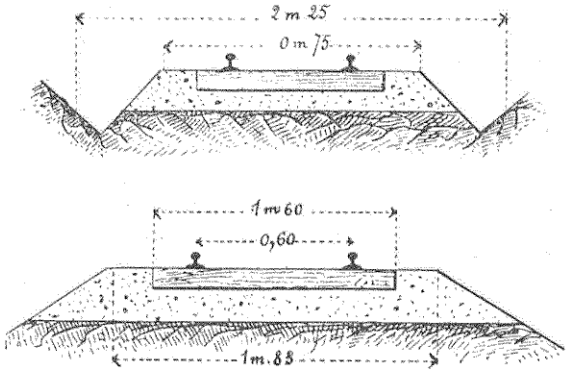


Fig. 168 et 169. — Profil des voies de 0m,75 et 0m,60 du Bedford Railroad et Billerica.

travers de cette intéressante petite ligne, dont M. Vignes dit ce qui suit dans un rapport bien documenté :

« Il est à noter que la largeur des champignons du rail est d'environ 5 centimètres, ce que nous ne saurions trop recommander d'imiter dans toutes les lignes à voie étroite. Certains chemins de fer à voie de 0m,60 où 0m,75 ont été construits en France avec des rails à patin dont les champignons ont quelquefois moins de 30 et même moins de 25 millimètres de largeur. Ces champignons sont beaucoup trop étroits, ils se fatiguent vite et creusent rapidement une gorge dans le bandage des roues. »

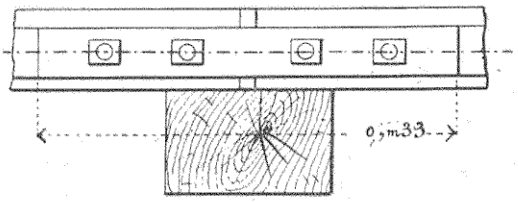


Fig. 170. — Eclisse du rail du Billerica.

Cette vérité est d'ailleurs universellement reconnue aujourd'hui, et tous les constructeurs de voie de chemins de fer observent cette recommandation.

D'après les détails de prix donnés par M. Faliès dans la brochure citée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus haut, il résulte que la dépense par mètre courant de voie ordinaire en place, est de 16 fr. 65.

249. — *Pose de la voie de* $0^m,75$ *dans les traverses.* — Dans les traverses, on peut, pour la voie de $0^m,75$ comme pour celle de 1 mètre, ajouter un contre-rail moins pesant que le rail. Lorsque la voie doit être posée en tramway, M. Faliès ajoute un contre-rail de 8 kilogrammes dont le champignon et le patin sont moins larges que ceux du rail. Rail et contre-rail sont fixés sur les traverses par trois tire-fond comme les rails et contre-rails Vignole des passages à niveau des lignes ferrées ordinaires.

250. — *Voie des tramways de Caracas* (Venezuela). — MM. Delettrez, ingénieurs ont établi, pour desservir la ville de Caracas, et en prenant pour modèle la voie Marsillon, une voie légère, à l'écartement de $0^m,75$, dont le rail pèse 7 kg. 200 et le contre-rail 5 kg. 700, soit 13 kilogrammes environ le mètre courant. Les traverses sont métalliques; leur poids ne dépasse pas 6 kilogrammes. Les fourrures, coussinets, entretoises et boulons pèsent

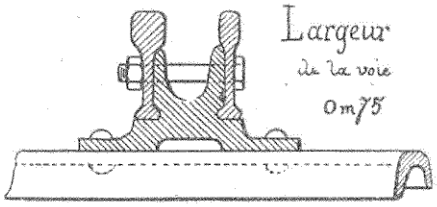


Fig. 171. — Rail et voie de Caracas

8 kg. 800 par mètre courant. Cette petite voie a été étudiée pour un tramway à traction animale et serait trop faible pour supporter des machines, même légères, mais rien n'empêcherait de la construire sur un modèle un peu plus grand et lui donner, comme dans la voie Faliès, un rail de 12 kg. et un contre-rail de 8 kilogrammes, tous deux en acier.

251. — *Surécartement et dévers à donner aux voies.* — D'après M. Ledoux ingénieur des mines, le surécartement de la voie doit être d'au moins 15 millimètres pour les courbes au-dessous de 100 mètres de rayon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est le chiffre qui a été adopté pour les chemins de fer sur route de Paris à Saint-Germain, de Rueil à Marly, et on paraît s'en être bien trouvé dans la pratique.

En ce qui concerne le dévers, la formule bien connue de la Compagnie des Chemins de fer de P.-L.-M., permet de le déterminer facilement, pour un rayon et une vitesse connus :

$$D = \frac{v}{r}.$$

Pour des rayons de 40 mètres et des vitesses de 5 kilomètres à l'heure on a :

$$D = \frac{5}{40} = 0^{m},125.$$

Pour des vitesses de 10 kilomètres, avec le même rayon, on aurait :

$$D = \frac{10}{40} = 0^{m},250.$$

Mais il faut réduire aux 2/5 les résultats obtenus pour tenir compte de la différence de largeur des voies. On trouve alors $0^{m},167$ au lieu de $0^{m},250$ pour la voie de 1 mètre.

Le surhaussement est racheté sur la ligne des rails à laquelle on l'applique, au moyen d'un plan incliné dont la longueur minimum varie suivant l'importance du surhaussement, et qui, dans les circonstances ordinaires, doit avoir 10 mètres de longueur pour chaque centimètre de surhaussement. Ainsi, les plans inclinés, dans l'exemple que nous venons de donner, devraient avoir une longueur de 167 mètres. La nécessité de répartir le surhaussement par une pente douce, conduit naturellement à l'idée de répartir, graduellement aussi, la courbure elle-même, et c'est ce que M. Chavez, ingénieur de la Compagnie du Nord n'a pas manqué de faire. Cette courbe, dite l'*élastique* est la meilleure à intercaler entre l'alignement et l'arc de cercle pour répartir la surélévation.

252. — *Arcs paraboliques pour les courbes raides.* — D'après M. Vignes, sur certaines portions du chemin de fer du Festiniog, où les courbes, qui n'ont souvent que 35 mètres de rayon, se suivent sans interruption, il n'existe point d'alignement droit entre les courbes successives de sens

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contraire. Les trains, longs souvent de 360 à 400 mètres, se trouvent souvent engagés sur trois courbes de sens différents. Néanmoins, le passage sans les courbes s'effectue avec une grande facilité et une extrême douceur.

L'ingénieur du Festiniog, M. Spooner, est arrivé à ce résultat remarquable en donnant aux courbes un tracé parabolique. Leurs extrémités se fondant pour ainsi dire avec les alignements et les courbes en sens contraire qui les suivent, leur entrée devient beaucoup plus facile et se fait sans secousse. Leur rétrécissement au sommet n'a pas d'effet nuisible sur le train ; une fois qu'il est entré dans la courbe, il triomphe aisément de la résistance qu'il rencontre sur ce point.

253. — *Rayon à donner aux voies d'évitement.* — On peut, dans les gares où l'espace manque, ne donner que des rayons de 25 à 30 mètres aux changements de voie, et aux voies de manœuvre sur lesquels ne passe qu'un véhicule à la fois, machine ou wagon.

Lors même que le service des trains pourrait se faire en navette sans la moindre difficulté, il est prudent d'avoir entre les points extrêmes un ou plusieurs évitements ; leur nombre dépend de la longueur de la ligne, du nombre de train et de leur vitesse. Ces évitements doivent être placés de préférence

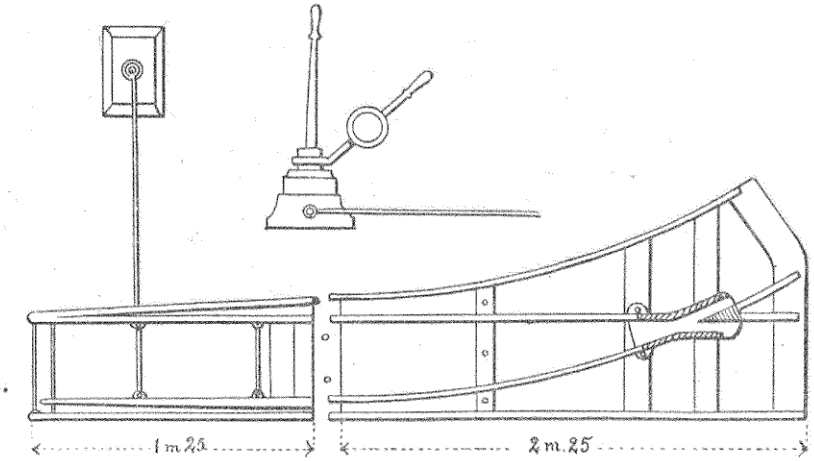


Fig. 172. — Vue en plan d'un aiguillage système Decauville pour chemins de fer sur routes.

dans les stations intermédiaires.

Il faut donner aux évitements un rayon d'au moins 50 mètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici comment on calcule la longueur de la voie d'évitement.

Si on appelle R le rayon de la courbe, e la largeur de la voie — 1 mètre, — l la longueur du changement, on a :

$$l = \sqrt{2\ R\ e} = 10 \text{ mètres.}$$

Aux termes de l'article 15 du cahier des charges, la longueur totale d'un train ne peut dépasser 60 mètres. Pour pouvoir le garer, il faut donner à l'évitement une longueur de 80 mètres, savoir : 20 mètres pour les deux changement de voie et 60 mètres pour la partie rectiligne de l'évitement.

Quant aux dispositions à donner aux évitements, nous les avons indiquées dans la première partie de cet ouvrage. Seulement l'aiguillage est différent et il faut employer dans ce cas le dispositif en usage sur les réseaux ordinaires de chemins de fer.

254. — *Aiguillage et plaques tournantes.* — La maison Suc construisait autrefois, pour ses lignes de chemins de fer économiques, des aiguillages ayant deux porte-aiguilles, avec deux aiguilles reliées par une tringle commune et commandées par un levier de manœuvre. Quand on agit sur un levier, il donne le mouvement à un disque indiquant l'ouverture ou la fermeture de la voie. Cette disposition était très bonne, et, le disque fonctionnant bien, le mécanicien ne pouvait pas commettre d'erreur.

Notre figure 171 représente le système d'aiguillage à levier des ateliers Decauville de Petit-Bourg. Il peut trouver son utilité dans les petites voies industrielles à très petit écartement.

Les plaques tournantes employées pour les chemins de fer sur routes sont en tout point semblables à celles en usage pour les grandes lignes, à part que leurs dimensions et leur poids sont plus faibles, et en rapport avec le matériel à manœuvrer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II

BATIMENTS ET MATÉRIEL
Des Compagnies de Chemins de fer sur routes

255. — *Stations et haltes.* — Les chemins de fer sur routes ont, comme les chemins de fer ordinaires, des stations intermédiaires et des haltes, installations dont la construction doit être aussi simple et économique que possible.

Les haltes sont fréquemment indiquées par des poteaux portant écrit en gros caractères le mot **Halte**. On les dispose transversalement à la voie et bien en vue, aux carrefours des rues ou des routes où le train doit s'arrêter pour prendre ou pour laisser des voyageurs. Alors le contrôle s'opère de la façon suivante pendant la marche : le conducteur du train perçoit des voyageurs montés aux haltes le prix de leur place jusqu'à destination et il enregistre leurs bagages dont il constate le poids à l'aide d'une petite bascule placée dans le fourgon à bagages ou dans le compartiment qui en tient lieu.

Pour les stations intermédiaires de peu d'importance, on peut se contenter d'une auberge ou d'un café avec pièce séparée servant de salle d'attente pour les voyageurs, et un petit local fermé pour emmagasiner les bagages et la messagerie. Quant aux marchandises de la petite vitesse, un hangar fermé, placé à l'entrée des villages, peut tenir lieu de halle. La machine prend au passage les wagons à expédier qu'on a refoulés sur la voie de raccordement.

Les stations intermédiaires qui ne peuvent être remplacées par un café et un hangar, sont disposées le plus souvent comme l'indique la figure 173. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bâtiment peut être en pans de bois et briques. Il comprend un bureau pour le chef de gare, un magasin pour les articles de messageries, les bagages, etc., et, entre les deux pièces, une salle d'attente pour les voyageurs. Un auvent, du côté de la voie, couvre une partie du trottoir bitumé qui sert de quai. La

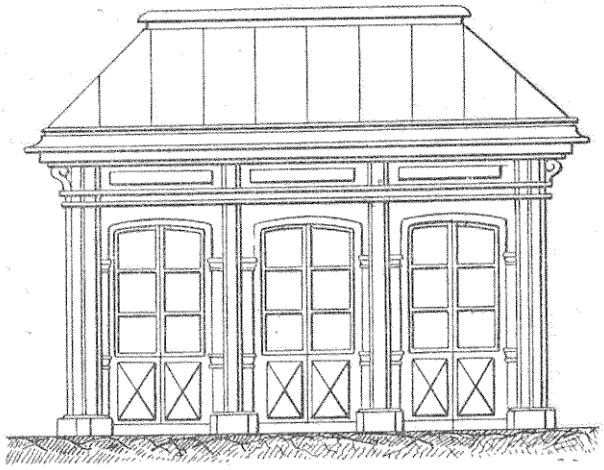


Fig. 173. — Bureau salle d'attente pour ligne de tramways et chemins de fer sur routes (Modèle de la Cie des Omnibus de Paris).

station doit être disposée pour un croisement de trains. Les tronçons de voie, à droite et à gauche de la diagonale, près du bâtiment, servent au garage des wagons et au service de la petite vitesse.

L'étendue et l'outillage des stations terminus dépendent de l'importance du trafic. Des deux têtes de lignes, l'une est le plus souvent en communication avec une gare de grande ligne.

Les grandes compagnies de chemins de fer voient, en général, d'assez mauvais œil l'établissement à côté d'elles de petits chemins économiques, destinés à leur apporter du trafic. Si, par exception, elles les admettent à faire leur service dans l'intérieur de leurs gares, c'est en leur imposant une redevance qui dépasse souvent l'intérêt de la dépense d'une gare indépendante. Dans de pareilles conditions, il vaut mieux que la petite ligne ne soit pas sous la dépendance de la grande. C'est le meilleur moyen de vivre en bonne intelligence avec elle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

256. — *Gares de correspondance.* — Les deux petits chemins de fer sur routes établis aux environs de Paris, celui de Rueil à Port-Marly et celui de Villiers-le-Bel (gare) à Villiers-le-Bel (Ville), ont leurs gares en dehors de celles des grandes lignes avec lesquelles ils correspondent.

Celle de Rueil à Port-Marly est placée parallèlement à la ligne de Saint-Germain, au bas de l'escalier de l'arrivée. Elle se compose : d'un bâtiment économique formant salle d'attente, avec guichet pour les billets ; d'un petit local pour le chef de gare et la messagerie ; d'un quai, en partie couvert, pour l'arrivée et le départ des trains et d'une remise pour les machines et voitures avec prise d'eau à côté.

La disposition des voies est très simple. La voie principale est reliée à une voie d'évitement sur le côté, par une aiguille et une plaque destinée à retourner les machines.

Près de la remise est une voie de garage assez longue pour recevoir un train.

257. — *Stations du chemin de fer de Villiers-le-Bel-Gonesse.* — Au début, on considérait comme un modèle la gare de correspondance de ce petit chemin de fer d'intérêt local, gare qui était située juste en face de la station du chemin de fer du Nord. Le service des voyageurs se fait sur un quai découvert, communiquant par un passage pavé avec celui de la ligne du Nord. Au fond, à gauche, se trouve la remise des voitures ; il n'y a ni prise d'eau ni dépôt de charbon, ce qui rend assez défectueuse la disposition de cette gare.

La station terminus de Villiers-le-Bel est un peu plus importante. C'est là que se trouvent les bureaux et ateliers. Elle est située à l'extrémité de la rue qui traverse le village dans toute sa longueur. La voie entre dans la gare par une courbe de 33 mètres. A gauche, le bureau des voyageurs communiquant avec la rue, à la suite un trottoir pour le départ et l'arrivée ; au fond de la remise et, à sa droite, les ateliers de réparations. Les trains s'arrêtant à deux haltes pendant la traversée du village, peu de voyageurs partent de la gare. On a cherché, dans cette installation, à tirer le meilleur parti possible d'un terrain qui n'était pas très convenable pour le but poursuivi, aussi n'a-t-on pu installer là de service de petite vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

258. — *Stations des chemins de fer suisses.* — Les stations des chemins de fer économiques de la Suisse sont bien appropriées à ce genre d'exploitation ; celles entre autres de la ligne de Lausanne à Echallens dont les bâtiments à voyageurs conviennent bien aux chemins de fer routiers ayant un trafic inférieur à 10.000 francs par kilomètre. Ces bâtiments, aux têtes de lignes, comportent à droite un bureau pour les bagages, à la suite le bureau du chef de gare et la salle d'attente de 1re classe. Le vestibule qui donne accès dans ces différentes pièces sert de salle d'attente aux voyageurs de 3e classe. Les stations intermédiaires (fig. 174 et 175) contiennent au milieu

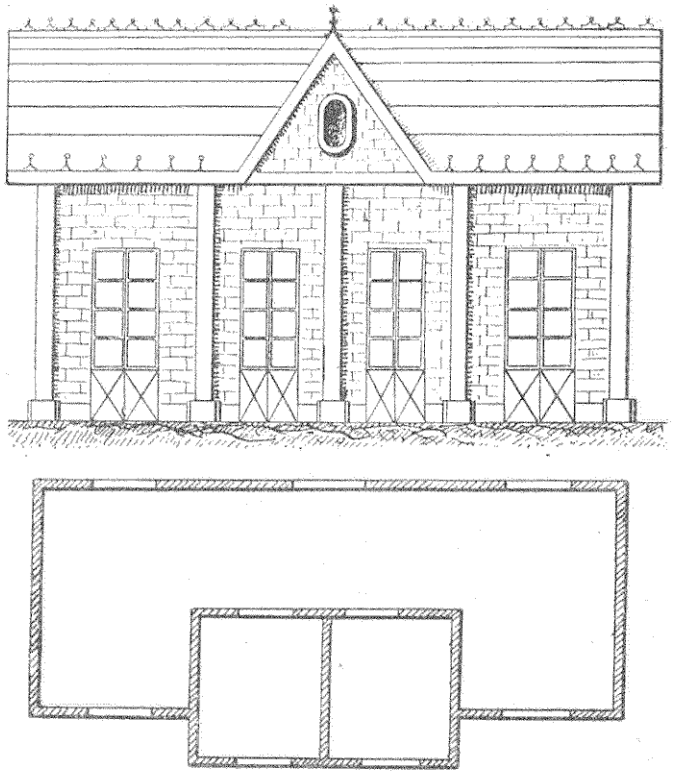


Fig. 174. — Station des chemins de fer suisses — Fig. 175. — Plan.

un abri pour les voyageurs, et, de chaque côté des bureaux, l'un pour le chef de gare, l'autre pour les messageries.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les gares de la Société des chemins de fer secondaires suisses sont d'un plus petit modèle ; elles comprennent, sous le même toit, une salle d'attente, le bureau du préposé, la halle à marchandises et un hangar fermé. Le premier étage constitue le logement du préposé. Le rez-de-chaussée a 11 mètres de façade sur 9 mètres de profondeur, cette dimension n'est plus que de de 6 mètres au premier étage. (Fig. 176 et 177.)

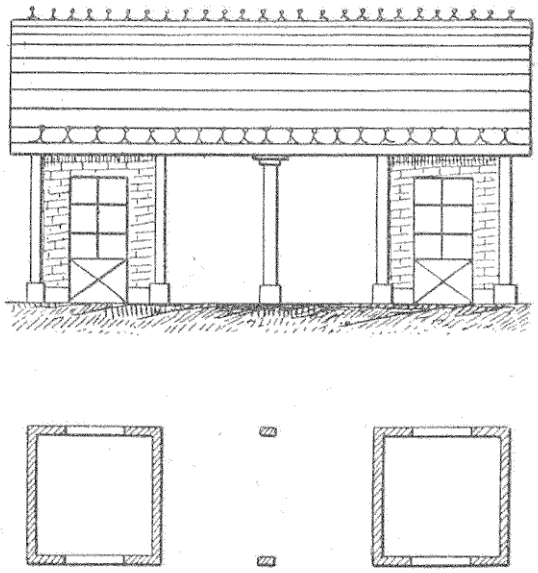


Fig. 176. — Gare de la Société des chemins de fer secondaires suisses. — Fig. 177. — Plan

259. — *Matériaux et types de constructions.* — Les stations doivent être bâties avec les matériaux et les modèles de constructions de chaque localité. Il faut avoir recours, toutes les fois qu'on le peut, au système le plus économique. Les maisons transportables tout en bois de l'architecte Poitrineau, que l'on pouvait remarquer à l'Exposition Universelle de 1889 et les constructions Pombla sont particulièrement recommandables dans ce but. La carcasse de ces dernières se compose de petites formes ogivales en fer très léger, dont les vides sont remplis avec de la brique. Les modèles de M. Ferrand, l'un avec ses colonnes creuses en fonte, remplies de briques creuses, l'autre avec ses poutrelles en treillis avec mur creux à double paroi (briques à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'extérieur et carreaux de plâtre à l'intérieur, peuvent être employés pour les bâtiments des stations. Quant aux remises, ateliers, halles de marchandises, etc., on peut les construire en bois avec soubassement en pierre ou en briques.

Un bâtiment à voyageurs, dans le genre de ceux qui viennent d'être décrits, peut être établi pour une dépense variant entre 3.500 et 4.500 francs. Un abri en charpente avec bordure revient à 2.000 francs environ.

Les stations terminus doivent être placées de préférence en dehors des villes et villages, là où le terrain est moins cher. On peut encore, comme cela se pratique à l'étranger, préparer le train au dépôt et lui faire prendre les voyageurs à un point d'arrêt placé dans le village. Le bureau de ville remplace alors le bâtiment que l'on consacre dans une gare au service des voyageurs.

Quant à l'emplacement des stations, on ne saurait trop recommander aux compagnies d'acheter plus de terrain qu'il ne leur est nécessaire au début de l'exploitation. Si le trafic augmente et nécessite de nouvelles constructions, on n'a pas à redouter les exigences des propriétaires avoisinants. La création d'une gare dans une localité donnant toujours un surplus de valeur aux terrains qui l'entourent, et sur lesquels des constructions ne tardent jamais à s'élever, il ne faut pas s'exposer à payer très cher plus tard des terrains bâtis, sans cependant tomber dans l'excès contraire, et prendre un espace que l'on n'occupera peut-être jamais.

260. — *Matériel roulant des chemins de fer sur routes.* — De toutes les parties d'un chemin de fer à voie réduite, la plus difficile à réaliser convenablement est la voiture, qui doit être à la fois solide et légère et disposée de manière à recevoir le plus souvent des voyageurs de toutes classes, comme les voitures mixtes des grandes lignes. Il faut que deux hommes puissent facilement manœuvrer les véhicules, que la perception du prix des places soit facile, en un mot que les voitures soient commodes pour le public et avantageuses pour la compagnie exploitante.

261. — *Formes à donner aux voitures et avantages de la disposition en long.* — Les voitures du chemin de fer à voie réduite peuvent être

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disposées de deux manières : avec banquettes longitudinales et couloir au milieu, comme dans les cars de tramways ; avec bancs en travers et compartiments isolés, comme dans les voitures des chemins de fer ordinaires.

La première disposition donne un poids moindre à capacité égale que la seconde. La voiture que la Compagnie française de matériel avait exposée en 1878 contenait 18 voyageurs : 4 de 1re classe, 10 de 2e classe et 4 de plateforme. Chaque voyageur occupait une surface de plancher de $0^{m2},44$. La voiture pesait à vide 2.000 kilogrammes, soit un poids mort de 110 kilogrammes par voyageur.

La voiture mixte, à compartiments séparés, du petit chemin de fer de Lagny contient 22 voyageurs, qui occupent chacun le même espace que ceux de la voiture précédente ; mais le poids est ici de 3.500 kilogrammes, ce qui donne par voyageur un poids mort de 159 kilogrammes.

Au chemin de fer de Turin à Rivoli, les premières voitures à deux compartiments contenaient 12 voyageurs qui occupaient une surface de plancher de $0^{m2},56$. Le poids mort de ces véhicules s'élevait à 217 kilogrammes par voyageur, poids considérable pour un chemin de fer économique. Ajoutons que la voiture de la Compagnie française était à la voie de $0^{m},75$, tandis que celles de Lagny et de Rivoli sont à la voie de 1 mètre, ce qui rend l'avantage de la voiture Bonnefond sur les autres bien plus sensible.

A tous les points de vue, la disposition des banquettes en long est préférable. Le voyageur n'a pas à supporter, dans un compartiment fort étroit, le voisinage immédiat d'un vis-à-vis qui finit souvent par être intolérable. Les bancs sont plus larges ; l'air et la lumière arrivent en plus grande abondance dans les voitures du modèle des tramways que dans celles à compartiments isolés.

Les chemins de fer à voie étroite n'ont pas pris, en France, une importance assez grande pour qu'ils puissent nous fournir des types de matériel roulant bien étudiés et heureusement combinés. Nous devons donc nous borner à citer quelques modèles calqués sur ceux des tramways.

262. — *Voiture de la Compagnie Française de Matériel.* — La voiture de la Compagnie française citée plus haut était galbée, à grands panneaux, avec carcasse en frêne, plancher et pavillon en sapin et revêtement extérieur en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tôle. Le châssis — brancards et traverses — était en fer en V. Les roues en fonte, à disque plein et à jante trempée, avec boîte à huile à joint d'arrière en feutre, adoptées pour tout le petit matériel de la Compagnie française, se retrouvaient dans cette voiture. Le jeu des boîtes dans les plaques de garde était de 6 millimètres.

L'écartement des essieux avait été fixé à 1m,80. La longueur totale était de 5m,030 ; la largeur en dehors, de 1m,920 et celle de l'intérieur de 1m,86. M. Bonnefond avait appliqué à cette voiture les dispositions que l'on retrouve dans tous ses cars de tramways : glaces fixes et persiennes ; lanterneau avec 18 petits ventilateurs à pivot ; sièges à claire-voie pour la deuxième classe et garniture en velours rouge pour la première. C'était, en résumé, une charmante voiture, dont quelques parties seulement laissaient à désirer au point de vue de la disposition.

263. — *Voitures et wagons de la Métallurgique, ateliers de Nivelles* (Belgique). — Cette société construit pour les lignes de chemins de fer économiques des voitures couvertes et découvertes très bien comprises et destinées à être remorquées par un procédé mécanique quelconque.

Le modèle de voiture couverte du chemin de fer sur route de Milan-Binases-Pavie contient 40 places réparties comme suit :

Intérieur	24 places
Plateforme.	4 —
Plateforme (debout).	6 —

La longueur de la caisse est de 4m,35 et celle des plateformes de 1 mètre chacune, ce qui donne une longueur totale de 6m,35. Le poids de la voiture à vide est de 2.800 kilogrammes et de 5.400 avec ses voyageurs. Le châssis est en fer ; les brancards sont prolongés jusque sous les plateformes.

Ils sont à jour, excepté dans la partie où ils forment guides des boîtes à graisse.

Les voitures découvertes de la même Société, sont fermées par des panneaux en tôle à hauteur d'appui ; elles contiennent le même nombre de places que les précédentes avec deux places assises sur chaque plateforme. Leur poids vide est de 2.400 kilogrammes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les chemins de fer économiques de Valenciennes à Denain, Anzin et extensions, à la voie de 1 mètre, ont trois espèces de voitures en service. Celles de première classe comportent un fourgon à bagages et une plateforme du côté du compartiment des voyageurs. Les voitures mixtes ont deux compartiments comme les cars des tramways belges. Les voitures de deuxième classe contiennent 42 places, dont 18 à l'intérieur et 24 sur les plateformes. Tout ce matériel sort des ateliers de la *Métallurgique*, qui ont également construit pour le tramway à vapeur de Rueil à Marly des voitures à impériale et des voitures découvertes à 38 places fort appréciées des voyageurs.

264. — *Voitures de la Société de Neuhausen.* — La Société suisse de Neuhausen fabrique, pour les voies de 1 mètre, des voitures à deux essieux, avec écartement de $2^m,25$, dont les roues ont un diamètre de 75 centimètres. Elles peuvent recevoir 34 voyageurs assis, dans leurs deux compartiments à banquettes en travers. Leur longueur est de $6^m,60$, y compris les terrasses des deux extrémités, et leur largeur atteint $1^m,95$. Elles sont suspendues sur des ressorts en acier et montées sur des châssis en fer. Le poids de la voiture à vide étant de 2.600 kilogrammes, le poids mort à traîner par voyageur n'est que de 108 kilogrammes, soit un peu moins que dans les voitures de chemins de fer routiers français.

La Société de Neuhausen construit également, d'après le modèle américain, des voitures pour voies à écartement de $0^m,75$ et de 1 mètre. Les voitures et wagons couverts, pour voie de 75 centimètres, sont portés sur deux bogies dont les roues ont 60 centimètres de diamètre. Les voitures ont la forme d'un omnibus et peuvent recevoir 24 voyageurs assis. Leur largeur à la ceinture est de $1^m,50$; leur hauteur dans l'axe, de $2^m,65$ et leur longueur totale de 7 mètres. Elles sont montées sur des ressorts en spirale, et leur poids à vide est le même que celui du modèle de voiture précédemment décrit.

265. — *Cars du Billerica and Bedford railroad.* — Les *cars* ou wagons construits par cette importante compagnie américaine comprennent trois types : deux fermés et un découvert. La longueur et la largeur sont les mêmes pour les trois.

Les cars ont $10^m,70$ en dedans des plateformes et $12^m,20$ en dehors. Leur largeur est de $1^m,88$ à l'extérieur. Les bancs sont disposés en travers,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec couloir au milieu, comme dans les cars à voie normale, mais ils ne peuvent recevoir qu'un voyageur de chaque côté. Le car fermé, qui est consacré exclusivement aux voyageurs, pèse 4.080 kilogrammes et a place pour

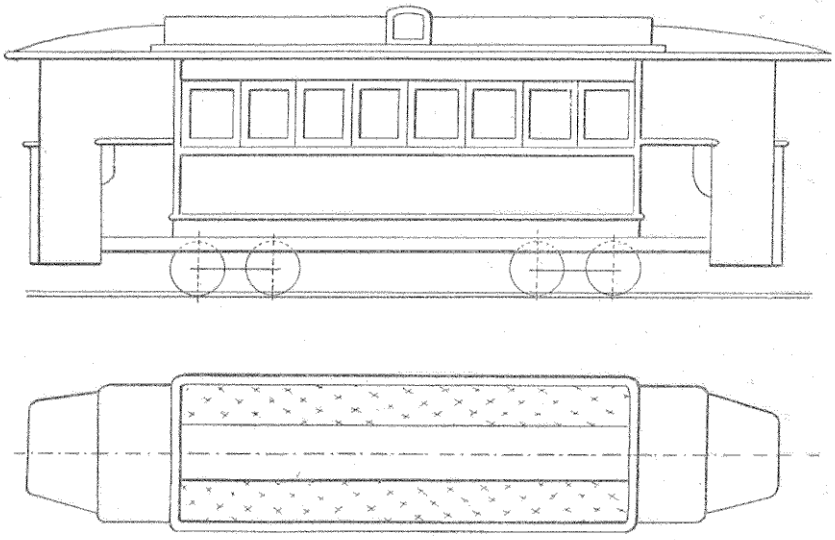


Fig. 178. — Grande voiture pour chemins de fer sur routes, modèle américain
Fig. 179. — Plan et disposition de l'intérieur.

30 personnes. Le car mixte a un compartiment pour les bagages et des sièges pour 20 voyageurs. Il a le même poids que le précédent. Quant au car découvert, il ne pèse que 2.500 kilogrammes ; sa contenance est de 35 voyageurs.

Toutes les roues de ce matériel ont $0^m,46$ de diamètre. Les essieux des bogies ont un écartement de $1^m,220$, et la distance entre leur axe est de $8^m,150$.

266. — *Voiture d'été avec compartiment pour bagages.* — La voiture ouverte représentée dans le cours de l'ouvrage est en service sur un tramway à vapeur de l'étranger. Les bancs sont en long, et la montée se fait sur les côtés. Un panneau mobile en tôle remplace ici les balustrades des plateformes ordinaires des cars. La partie intéressante de ce wagon est le compartiment à bagages placé au milieu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant l'été, cette voiture est très recherchée des fumeurs, auxquels, d'ailleurs, elle est destinée. En les isolant ainsi, on évite aux voyageurs des autres voitures les bouffées de tabac qui pénètrent dans les caisses quand on ouvre les portes des plateformes.

267. — *Wagons à marchandises.* — Les wagons à marchandises des chemins de fer sur routes ne présentent rien de particulier. Ils ne sont que la réduction de ceux de la voie normale. Trois modèles sont en usage : le wagon fermé, le wagon tombereau et le wagon plat. Leur tare est généralement de 2 t.,5. Ils reçoivent de 4 à 5 tonnes de marchandises.

268. — *Freins et systèmes divers d'attelages.* — Les freins pour les voitures et wagons de chemins de fer sur routes sont sensiblement les mêmes que pour les cars des réseaux de tramways. On les fait seulement plus puissants, la vitesse étant plus grande, et les véhicules à arrêter plus lourds avec la traction mécanique qu'avec la traction animale.

Le frein Westinghouse automatique à air comprimé universellement connu, est le plus efficace de tous les freins actuels. Il est, du reste, appliqué sur presque toutes les grandes lignes de chemins de fer du monde entier et son emploi tend à se généraliser, également, sur les chemins de fer secondaires à traction mécanique ou électrique pour lesquels des modèles spéciaux ont été créés.

Le frein automatique Westinghouse est continu sur toute la longueur du train ; il est actionné par de l'air, comprimé dans un réservoir principal, porté par la locomotive et emmagasiné dans une série de petits réservoirs auxiliaires, dont un est installé sur la locomotive, un sur le tender et un sur chacune des voitures. Tous ces réservoirs sont mis en communication par un tuyau appelé conduite générale, régnant sur toute la longueur du train. Chaque véhicule porte aussi un distributeur (triple valve) et un cylindre à freins dont les pistons sont reliés aux leviers de freins proprement dits.

Tant que la pression est maintenue dans la conduite générale, les freins sont desserrés, mais si l'air de cette conduite vient à s'échapper, par suite d'une circonstance intentionnelle ou accidentelle, la diminution de pression qui en résulte provoque aussitôt le jeu des organes de distribution et les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

freins sont instantanément appliqués par suite du passage de l'air des petits réservoirs dans les cylindres à freins.

Pour diminuer l'obliquité de l'attelage en courbe, on emploie une barre de traction continue, prenant son point d'attache sur l'axe longitudinal du châssis, le plus près possible du centre du véhicule, et on place sur cette barre une articulation. Un certain jeu donné à la sortie de la barre sur la traverse de tête lui permet de prendre une position oblique dans le passage des courbes raides.

Différents systèmes d'attelages ont été appliqués aux voitures destinées à circuler sur les voies étroites pour faciliter leur passage dans les courbes. Parmi les meilleurs, citons celui de MM. Delettrez, à attache centrale automatique, particulièrement convenable pour ce genre de petits chemins de fer.

L'attelage se fait en tamponnant les véhicules les uns contre les autres. Le décrochement a lieu au moyen de leviers se manœuvrant de chaque côté, afin d'éviter l'obligation de se placer entre les voitures. Pour les cars avec paliers en bout, ces leviers se manœuvrent de dessus les paliers.

Le ressort de choc sert en même temps de ressort de traction. Sous son action, les tampons et les crochets de traction sont toujours en contact.

MM. Delettrez ont appliqué, en outre, aux locomotives de tramways, un système d'attelage et de tampon disposé de façon à ce que la traction s'opère toujours vers le centre du châssis. Cette disposition a pour but de faciliter le passage dans les courbes, tout en obtenant entre le remorqueur et la voiture une liaison qui empêche les chocs aux arrêts et aux démarrages. Ces chocs sont rendus très doux au moyen de deux ressorts en spirale, travaillant également dans les deux sens, et dont la course est limitée par des rondelles et clavettes disposées convenablement sur une tige d'attelage. Cette tige peut rentrer à frottement doux dans un tube relié au centre du remorqueur.

L'appareil se meut dans un plan horizontal, à droite et à gauche de l'axe du remorqueur, et se déplace aussi verticalement, ce qui permet de laisser une certaine latitude à la voiture dans les oscillations résultant de la flexibilité des ressorts de suspension. Ces deux systèmes d'attelage sont brevetés.

269. — *Attelages de la maison Chevalier et Cie.* — MM. Chevalier et Cie ont adopté pour les voitures à voie réduite qu'ils ont construites pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le Brésil, un appareil de choc et de traction qui convient très bien au matériel à petite voie.

Une tige en fer qui va d'une traverse de tête à l'autre du châssis, passe à travers un appareil élastique composé de rondelles en acier système Belleville et placé au centre. Elle se termine au dehors par une cloche venue de forge avec la tige, et qui sert à la fois de crochet d'attelage et de tampon. On réunit les deux tampons des voitures en contact à l'aide d'un maillon qu'on fait pénétrer dans les deux cloches.

Chaque cloche est percée de deux trous dans lesquels on introduit un goujon qui passe dans l'extrémité du maillon. Quand on veut découpler les véhicules, il suffit d'enlever un des goujons engagés dans le maillon et celui-ci devient libre. Les goujons sont retenus au tampon par une chaînette, afin qu'ils ne se perdent pas.

270. — *Autres systèmes d'attelages pour chemins de fer sur routes.* — Parmi les meilleurs dispositifs imaginés dans le cours de ces dernières années, citons ceux imaginés pour les chemins de fer à voie étroite de la Norvège et du Brésil, par les ateliers Powers. Ils conviennent mieux encore que les précédents aux matériels de petites voies. Les barres sont terminées par des disques formant tampon, et portant à la partie supérieure une entaille dans le plan vertical de laquelle se meut un crochet spécial qui sert à opérer l'accouplement. Ce crochet ne peut se soulever parce qu'il est retenu par une chaîne à verrou ou à contrepoids. On peut encore engager les deux bouts des barres dans un manchon mobile percé de quatre trous dans lesquels on enfonce deux goujons qui traversent en même temps les barres et les maintiennent en contact.

271. — *Considérations générales.* — Ajoutons, pour terminer ce chapitre, que l'étude du matériel spécial aux voies étroites de chemins de fer sur routes, a fait de véritables progrès et reçu d'importants perfectionnements depuis l'époque de la publication de la dernière édition de cet ouvrage. Citons, parmi les constructeurs qui se sont fait une spécialité de ce genre de constructions MM. Decauville, Weidknecht, Bonnefond, Desouches-David, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III

LOCOMOTIVES POUR CHEMINS DE FER ROUTIERS

Il est presque impossible de faire usage des chevaux pour la traction des voitures sur les chemins de fer routiers, pour de multiples raisons dont les principales sont le coût élevé auquel reviendrait la traction, et la faible vitesse que l'on pourrait dépasser avec les attelages animés. On emploie donc partout la traction mécanique pour remorquer les trains sur voies étroites, mais les machines motrices diffèrent, bien que la vapeur soit le générateur le plus répandu. On peut classer les tracteurs en trois catégories qui sont :

a. — Voitures portant leur moteur ou *automobiles*.

b. — Locomotives à foyer remorquant les trains.

c. — Locomotives sans foyer.

Nous étudierons ces trois modes de traction, dans l'ordre qui vient d'être énoncé, au cours du présent chapitre.

272. — *Car Baldwin.* — Ce système a été construit à Philadelphie par l'usine de locomotives qui porte ce nom. La chaudière verticale, en acier, est placée sur la plateforme d'avant. Sous le plancher de la voiture est fixé un mécanisme de locomotive indépendant de la caisse et dont les cylindres sont logés sous la plateforme d'arrière. Quatre roues couplées, dont les essieux sont écartés de $1^{m},83$, soutiennent la caisse. La chaudière peut supporter une pression de 21 kilogrammes, mais en service journalier, la pression ne dépasse pas 6 kilogrammes. La voiture pèse, à vide, 5.900 kilogrammes et peut remonter des rampes de 45 millimètres à bonne allure, son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

adhérence étant suffisante. La consommation du combustible, par kilomètre parcouru, est de 2 kil.,250 environ, et celle de l'eau de 12 litres. La machine ne produit ni bruit ni fumée, sa dépense journalière, pour un parcours de 142 kilomètres, ne dépasse pas 32 fr.,50.

L'usine Baldwin construit également de petits tracteurs pour tramways dont le mécanisme est disposé de la façon que nous venons d'indiquer, sauf que la chaudière est reportée au milieu du truck. Leur poids varie de 5.500 à 7.500 kilogrammes.

273. — *Car Todd.* — Cette voiture, également d'origine américaine a un châssis en fer, et quatre roues couplées, avec chaudière verticale à l'avant, cylindres intérieurs et caisse à eau à l'arrière. La position du car sur les roues est telle que, vide ou avec son chargement de voyageurs, le poids appliqué sur chaque roue est à peu près constant, ce qui assure une usure égale des bandages, et préserve les bielles d'accouplement de toute torsion. La machine est séparée des voyageurs par un espace vide de 15 centimètres d'épaisseur. Le car peut recevoir 40 personnes assises, sa longueur est de $7^{m},50$, sa largeur de 2 mètres et sa hauteur de $4^{m},40$ avec son impériale couverte. Son poids, à vide,est d'environ 6 tonnes, et de 8 tonnes avec les voyageurs au complet et le personnel de service.

274. — *Car Ransomes.* — Cette automobile à vapeur, construite par M. L. Ransomes, circulait en 1877, sur la ligne du tramway de Market-street à Philadelphie. Longueur $4^{m},875$, contenance 20 voyageurs. Chaudière verticale comme les précédents.

275. — *Car F. Grums.* — Construit à Hambourg sur les plans de M. Samuelson, ingénieur à Wandsbeck. Chaudière verticale, timbrée à 12 atmosphères et chauffée au coke. La voiture a 7 mètres de long sur $1^{m},90$ de large, contient 43 places assises. Consommation par kilomètre 4 kg.,5.

276. — *Car Grantham.* — Construit en 1871 sur les plans de M. Grantham, modifié en 1873 suivant les conseils de M. Edwards Woods. La chaudière est verticale ; elle sort des ateliers de MM. Schand, Mason et Cie ; elle est placée à l'avant, ainsi que la machine, dont les cylindres sont légèrement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inclinés. Le car est porté à l'avant par une paire de roues motrices de 0m,60 de diamètre et à l'arrière par un bogie. Son poids est de 6.604 kilogrammes avec coke et eau, et de 13.209 kilogrammes avec ses 60 voyageurs.

277. — *Car Rowan.* — La voiture à vapeur, de 9m,75 de long, est portée sur deux bogies. Le pivot de celui d'avant est assez grand pour servir de plaque de fondation à un générateur et à une machine de 18 chevaux. Le chemin de fer à voie normale de Hillerod à Grastel, dans l'île de Seeland, en Danemark, est exploité au moyen de ces voitures et nous avons vu, que les lignes de tramways de Tours à Vouvray, et d'autres encore à Paris et à l'étranger sont desservies par des voitures Rowan. Nous n'insisterons donc pas.

278. — *Car Brunner.* — Les frères Brunner, à Winterthur, ont construit une voiture à impériale pour 64 places, dont le poids à vide est de 5 t.,5 et le poids total de 11 t.,1/2. La caisse repose sur deux trucks, dont l'un porte l'appareil moteur et l'autre un pavillon pour les fumeurs. Cette voiture a fait, un moment, le service sur la ligne Lausanne à Echallens.

279. — *Car E. Perrett.* — MM. Manlove, Alliott, Fryer et Cie, de Nottingham, ont construit, sur les plans de M. E. Perrett, une voiture automobile à impériale couverte, destinée aux tramways de Dublin à Lucan. Elle est portée sur 4 roues couplées, dont les essieux sont à l'écartement de 1m,219, et sur deux trains bissels. Double chaudière verticale, une à chaque bout, communiquant entre elles. Mécanisme placé en dessous. Le poids de ce car avec ses voyageurs est de 9 tonnes.

280. — *Voitures à vapeur Belpaire.* — M. Evrard, de Bruxelles, et MM. Cabany et Andry, de Malines, avaient exposé en 1878 au Champ de Mars, deux voitures à vapeur du système Belpaire destinées à faire l'exploitation des lignes à faible trafic et s'arrêtant, au besoin, en route comme les omnibus. La disposition était la même pour les deux; celle de M. Evrard avait une forme droite, et celle de MM. Cabany et Andry une forme gondolée ; c'était là à peu près toute la différence, sauf pour les dimensions, qui variaient un peu. La voiture comprenait un compartiment pour les bagages et deux compartiments pour les voyageurs, l'un de première et l'autre de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deuxième classe, renfermant ensemble 50 places réparties sur quatre rangs de banquettes en long. La chaudière était placée sur une plateforme à l'avant et le mécanisme, au-dessous du plancher.

Le poids avec 50 voyageurs et 500 kilogrammes de colis et provisions, était de 20 t.,10 pour la voiture de M. Evrard et de 24 t.,47 pour celle de M. Cabany.

L'adhérence au 1/6 du poids utile de ces voitures à vapeur était de 1.468 kilogrammes, et la puissance de traction, calculée d'après la formule $F = \frac{0{,}65\, p\, d^2\, l}{D}$ de 633 kilogrammes. En France, l'Etat a aussi des véhicules à vapeur de ce genre pour certains embranchements de son réseau (Le Mans à La Châtre, notamment).

281. — *Locomotives ordinaires, pour traction des véhicules de chemins de fer routiers.* — La plupart des constructeurs de locomotives de grandes lignes et de tramways construisent, pour les chemins de fer sur routes, des locomotives particulières pour ce genre de service. Quand ces locomotives circulent sur l'accotement d'une route isolée, elles présentent ordinairement la même disposition, mais en réduction, des locomotives de grandes lignes, mais, quand elles doivent traverser des villages et pénétrer jusque dans le centre des villes, elles doivent présenter, de plus, les qualités suivantes :

1° Ne présenter aucun danger pour les voyageurs et les riverains ;
2° Ne laisser voir aucune partie du mécanisme, ni aucune trace de feu ;
3° Ne produire ni bruit, ni fumée pour ne pas effrayer les chevaux rencontrés ;
4° Avoir ses organes de transmission à l'abri de la poussière et de la boue ;
5° Pouvoir passer dans les courbes n'ayant que 20 mètres de rayon ;
6° Etre pourvues de freins assez puissants pour que, lancée sur une pente de 2 centimètres par mètre, avec une vitesse de 20 kilomètres à l'heure, la machine puisse être arrêtée, sans le secours des freins, sur un espace de 20 mètres au plus ;
7° Ne donner aucune odeur, et ne répandre sur la voie publique ni flammèches, ni escarbilles, ni cendre, ni fumée, ni eau excédente ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° Enfin, fournir un travail plus économique que celui des chevaux avec autant d'élasticité dans le taux de production (possibilité de donner des coups de collier en certains cas).

Inutile d'ajouter que, comme les locomotives de grandes lignes, les machines destinées au service des chemins de fer sur routes doivent pouvoir marcher à volonté dans les deux sens, afin d'éviter au terminus l'emploi des plaques tournantes ou des triangles américains.

Reconnaissons en passant, avec M. de Marchena, que la réduction d'un organisme aussi complexe que celui d'une locomotive, sous un poids et un volume bien moindres, est loin d'être avantageux. Les petites locomotives sont nécessairement plus délicates que les grandes, et ne peuvent présenter le même caractère de puissance et de solidité, principalement en ce qui concerne la chaudière.

Cependant le service que doivent effectuer les petites locomotives de tramways est bien plus dur et plus pénible ; les voies établies soit sur chaussée, soit sur accotement de route, sont toujours dans des conditions d'établissement et d'entretien bien inférieures à celles des grandes lignes posées sur plateforme spéciale.

Elles présentent, en outre, un profil généralement accidenté avec des rampes et des courbes très dures, et bien souvent sont trop faibles pour les charges et les efforts qu'elles ont à supporter.

Aussi l'entretien, le nettoyage et les réparations de ces petites locomotives constituent-ils trop souvent des charges particulièrement onéreuses, principalement en ce qui concerne la chaudière dont les avaries causent la majeure partie des mises hors de service.

Pendant le fonctionnement, le foyer, le niveau et la pression de ces chaudières nécessitent une surveillance et des soins constants qui obligent généralement à avoir deux hommes sur la locomotive et augmentent les frais de personnel.

L'utilisation du combustible est beaucoup moins avantageuse dans ces petites chaudières que dans les puissants générateurs fixes qui peuvent être munis de toutes les dispositions permettant l'économie, et l'emploi rationnel du combustible. De même pour ce qui concerne l'utilisation de la vapeur dans les cylindres moteurs, comparée à son utilisation dans les machines fixes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à grande détente et à condensation. Aussi la consommation de combustible par cheval indiqué dans les cylindres moteurs est-elle trois ou quatre fois plus considérable que la consommation obtenue dans de bonnes machines fixes, ce qui compense en grande partie l'affaiblissement du rendement produit par les transformations successives de l'énergie.

La chaleur, la fumée, les projections de flammèches et d'escarbilles font que ce mode de traction est peu agréable aux voyageurs et aux riverains des lignes ; l'emploi en a même été interdit par beaucoup de municipalités. Il n'est guère admissible pour la circulation dans les villes et peut tout au plus se tolérer pour les lignes vicinales et de banlieue. Les voitures toujours plus ou moins souillées par la fumée et la poussière de charbon, offrent un aspect peu engageant et se prêtent difficilement à un service prétendant au confortable et au luxe.

Enfin, les conditions d'élasticité de puissance ne sont pas faciles à satisfaire ; la force motrice n'est produite qu'au fur et à mesure de son emploi et il n'y a pas de réserve pour un effort momentané (démarrage sur une forte rampe), ni pour un coup de collier un peu prolongé (forte charge à remorquer ou longue et forte rampe à gravir). Le seul moyen d'y remédier est d'augmenter plus qu'il ne serait nécessaire les dimensions, la puissance de vaporisation et, par suite, le poids mort de la locomotive.

Tous ces inconvénients et quelques autres qui en découlent, expliquent suffisamment les motifs qui ont porté à rechercher et à employer d'autres systèmes que nous avons énumérés, systèmes moins simples évidemment, mais tous mieux appropriés à un service urbain plus régulier et satisfaisant.

Ces inconvénients n'empêchent pas, toutefois, les locomotives à vapeur de constituer le mode de traction mécanique le plus employé à l'heure actuelle en Europe pour les tramways et les lignes vicinales. En Angleterre seulement, leur nombre s'élève à plus de 500 et il y en a beaucoup aussi en Belgique, en Suisse, en Italie.

Elles sont aussi très répandues aux Etats-Unis, malgré la vogue qu'y possèdent les tramways électriques et à câble, et ont donné d'excellents résultats dans nombre d'installations où, par suite du faible trafic, ces deux systèmes auraient été d'une application très désavantageuse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elles évitent l'installation de coûteuses usines fixes et les seules dépenses de premier établissement, en ce qui concerne la traction, consistent dans l'achat de ces locomotives en nombre suffisant pour le service à effectuer. Aussi l'augmentation et l'extension du trafic sont-elles des plus faciles à obtenir puisqu'il suffit d'augmenter d'une quantité correspondante le nombre des locomotives en circulation.

En général, ces petites locomotives n'ont que deux essieux couplés, aussi rapprochés que possible, afin de réduire l'empattement au minimum. Les

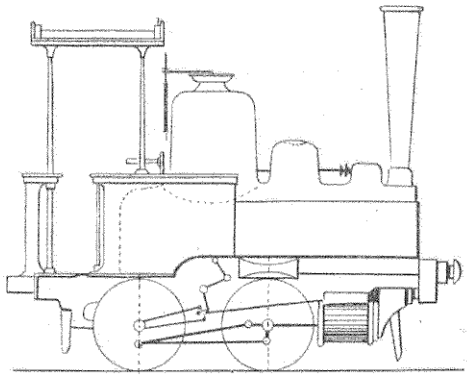


Fig. 180. — Petite locomotive pour voie de 1 mètre.

plus fortes cependant en ont trois afin d'avoir une meilleure stabilité et de réduire la charge par essieu qui ne doit pas dépasser autant que possible 5 à 6 tonnes pour des voies de chmins de fer. Parfois, alors, le premier essieu est un simple essieu porteur indépendant ; dans ce cas l'adhérence complète n'est pas utilisée. Le plus souvent les trois essieux sont accouplés et les boudins des roues du milieu sont supprimés.

Le mécanisme est protégé par une enveloppe métallique le soustrayant le plus possible à l'action de la poussière et de la boue ; parfois même, il est disposé au-dessus du châssis, ce qui est défavorable à la stabilité.

Le combustible employé est ordinairement du coke ou un mélange donnant très peu de fumée ; le tirage est activé par l'échappement de la vapeur, et le bruit dû à cet échappement est aussi atténué que possible par l'usage de divers artifices. Ainsi, on a cherché à ramener, par une détente prolongée, la pression d'évacuation de la vapeur au minimum, ou à condenser la vapeur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

arrivant des cylindres, par son passage dans un condenseur tubulaire refroidi par un courant d'air. Certaines de ces dispositions ont donné de bons résultats.

Avant de décrire les principaux types de locomotives employés actuellement en Europe et en Amérique sur les lignes de chemins de fer sur routes, rappelons qu'il est indispensable avant tout de choisir un matériel irréprochable sous le rapport de la qualité des matières, comme sous celui de la bonne construction et disposition des pièces. Trop souvent les économies faites sur ce point ont été ensuite chèrement payées en entretien et réparations de toute espèce.

282. — *Divers systèmes de locomotives à foyer remorquant les trains légers.* — Les premiers essais de ce genre, réalisés en France par M. Harding, concessionnaire du système Merryweather de Londres, ont eu lieu sur le réseau des Tramways-Sud de Paris vers 1878, et à Rouen en 1881. Mais les résultats ne furent pas trouvés suffisamment avantageux, et après quelques mois, elles furent retirées pour céder la place à la traction animale, toujours employée depuis sur le réseau des Tramways-Sud de Paris, tandis qu'à Rouen la traction électrique a admirablement réussi.

Les locomotives Waessen, construites par les ateliers de Saint-Léonard à Liége, et les locomotives Brown employées concurrement, à l'origine, sur la ligne de l'Etoile à Courbevoie, ont également disparu pour être remplacées par les locomotives sans foyer de Lamm et Francq que nous étudierons un peu plus loin.

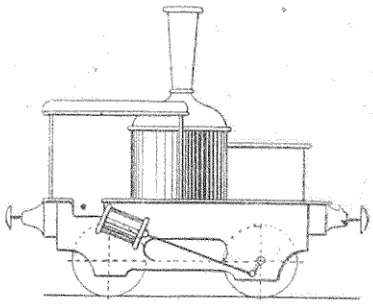


Fig. 181. — Locomotive de Porter Bell.

Les locomotives système Hughes employées, un moment à la traction des voitures sur le réseau des tramways de la Clyde, puis à Lille sur les lignes de la Compagnie des tramways du Nord, et enfin à Paris sur la ligne de la Bastille à Charenton, n'ont donné que de très mauvais résultats, en raison de leur construction tout à fait défectueuse, et elles ont été envoyées, après un court essai, à la ferraille. Le prix de la traction par kilomètre, variait, avec les locomotives Hughes, entre 0,85 et 2 fr. 80, tandis qu'elle ne coûte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que 33 centimes avec les machines Carels de Gand. Ces chiffres montrent quelle était la valeur de ces outils.

En 1878, quelques mois avant l'ouverture de l'Exposition Universelle, la Société de Construction d'Aulnoye-Berlaimont fit circuler sur la ligne de Saint-Denis une locomotive de tramway ayant la forme d'un élégant petit car. Exposée plus tard au Trocadéro, cette locomotive remportait une médaille d'argent. La machine d'Aulnoye-Berlaimont est à quatre roues couplées ; la chaudière est verticale et placée au milieu ; les cylindres sont extérieurs et inclinés latéralement. Les caisses à eau et à combustible sont placées sur les côtés, au-dessus des cylindres. La machine est symétrique et peut marcher dans les deux sens. Le foyer à double porte, une à l'avant, l'autre à l'arrière. Les appareils de conduite et de sûreté sont en double. La vapeur, en sortant des cylindres, arrive par deux conduits dans une couronne en cuivre rouge placée dans le foyer. Elle en sort, à un état de division presque moléculaire, par des tuyaux placés horizontalement et ajustés sur les tubes de la chaudière. Pendant le trajet, elle est soumise à toute l'action de la chaleur du foyer, sans cependant qu'aucun contact ait lieu avec le combustible, et elle traverse les tubes en activant le tirage. A sa sortie de la cheminée, elle est assez surchauffée pour être invisible.

La machine est munie d'un frein à vapeur agissant immédiatement sur les quatre roues. Contrairement à ses similaires, celui-ci agit par émission de vapeur, et non par *admission*.

Le système d'attelage est très ingénieux. Il est disposé en forme de parallélogramme articulé et monté à genouillère sur les tiges de traction de la machine et de la voiture attelée à sa suite. Il permet le mouvement dans tous les sens tout en restant très rigide. Les dimensions principales de la locomotive exposée étaient les suivantes :

Diamètre des cylindres	$0^{m},150$
Course des pistons	0 ,250
Diamètres des roues motrices	0 ,550
Pression effective	10 kilog.
Poids à vide	6.000 —
Poids en charge	7.500 —
Adhérence au $^1/_6$	1 250 —
Puissance de traction	665 —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On construit sur ce modèle des machines pesant à vide 4 tonnes, 6 tonnes et 8 tonnes. L'enveloppe métallique peut être remplacée par une simple toiture.

La Société d'Aulnoye-Berlaimont fabrique pour les petits chemins de fer industriels des machines à chaudière verticale, sans couverture. Deux de ces machines font le service des trains supplémentaires sur la ligne de Rueil à Port-Marly, concurremment avec les machines Francq.

Le troisième type de locomotives de cette Société est plus grand et plus robuste que les précédents; sa disposition est aussi différente. La chaudière est horizontale et tout le mécanisme, y compris les cylindres, est logé entre les longerons. Sa largeur ne dépasse pas 2 mètres. Cette machine convient aux chemins de fer sur routes à fortes rampes. Elle est employée sur la petite ligne de Villiers-le-Bel, et elle remorque trois voitures pleines et un petit fourgon sur la rampe de 53 millièmes qui se trouve au milieu du village; c'est un poids de 13 tonnes environ, non compris celui de la machine.

Ses principales dimensions sont les suivantes :

Diamètre des cylindres	0m,270
Course des pistons	0 ,280
Diamètre des roues	0 ,600
Pression de la vapeur.	10 kilog.
Poids de la machine à vide	10.600 —
Poids de la machine en charge.	13.600 —
Adhérence au $^1/_6$	2.266 —
Puissance de traction	1.769 —

283. — *Locomotives Henschel et fils.* — Cette maison, construit pour les tramways et les chemins de fer sur routes des machines de plusieurs dimensions dont voici les traits les plus saillants : cylindres inférieurs ; mécanisme placé sous les yeux du chauffeur et pouvant être visité et graissé en marche ; porte du foyer sur le côté pour que le mécanicien puisse voir la voie ; soutes à eau à l'avant et caisses à charbon à l'arrière ; appareil de condensation sous la toiture, comme dans les machines Merrywheater ; frein à pédale ; échappement silencieux. Ce dernier résultat est obtenu en envoyant la vapeur sous la boîte à fumée, dans un réservoir où elle se condense. L'eau de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

condensation est amenée par un tuyau dans le cendrier pour éteindre les escarbilles. La machine repose sur de forts ressorts en acier fondu. La chaudière a un dôme de prise de vapeur très élevé, pour éviter les entraînements.

La maison Henschel a adopté pour ses machines l'attelage Grondona qui sert à la fois pour la traction et le tamponnement. Dans les courbes les plus raides, les tampons, qui sont placés au centre de la traverse, sont toujours en contact. Toutes les machines qui sortent de ces ateliers n'ont que quatre roues couplées. Leur poids à vide varie de 5.750 à 11.200 kilogrammes, sans condensation, et de 6.050 à 11.900 kilogrammes, avec condensation. La pression est de 12 kilogrammes par centimètre carré. Le type de 9 tonnes, pesant en charge 11.500 kilogrammes, a une adhérence, comptée au 1/6, de 1.700 kilogrammes et une puissance de traction de 1.200 kilogrammes. Il remorque 15 tonnes sur rampe de 50 millièmes.

MM. Henschel ont fourni à 21 chemins de fer sur routes, en Italie, des machines variant de dimensions, mais dont la disposition est la même pour tous les types.

284. — *Locomotive Krauss.* — M. Krauss, de Munich, un des meilleurs constructeurs de l'Allemagne, a fait quelques locomotives légères pour le service d'une section de la ligne de Berlin à Gorlitz, — celle de Berlin à Grünau, — d'une longueur de 13 kilomètres environ. Les voyageurs se composent surtout d'étudiants et d'ouvriers qui n'occupent que des places de troisième classe à prix réduits.

La machine Krauss ressemble, extérieurement, à celle de Merrywheater. Elle a, comme elle, une cheminée assez haute pour atteindre la toiture de l'impériale de la voiture qu'elle remorque. Elle est à cylindres et mécanisme extérieurs et à quatre roues couplées.

Voici ses dimensions principales :

Diamètre des cylindres.	0m,160
Course des pistons	0 ,300
Diamètre des roues	0 ,630
Écartement des essieux.	1 ,500
Surface de chauffe totale	13 mèt. carrés.
Pression effective de la chaudière	12 kilog.
Poids de la machine en service.	7.500 —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La voiture repose sur deux bogies. Elle a les dimensions suivantes :

Longueur totale	9m,800
Largeur extérieure	3 ,030
Nombre de places (assises)	100
— — (debout)	40
Poids de la voiture à vide	11.300 kilogr.
— — en charge	20.400 —
Poids mort par voyageur	80 —

285. — *Locomotives de la Société la Métallurgique.* — Cette Société, qui jouit à l'étranger d'une réputation méritée, a livré, à différentes compagnies de tramways, notamment a celles de Valenciennes-Anzin et de Milan-Pavie, des locomotives a quatre ou six roues couplées dont les dimensions principales étaient les suivantes :

	N° 1		N° 2
Diamètre des cylindres	0m,10	0m,23	0m,25
Course des pistons	0 ,36	0 ,36	0 ,36
Diamètre des roues	0 ,90	0 ,90	0 ,85
Pression par centimètre carré	15 kil.	12 kil.	12 kil.
Adhérence au $^1/_6^e$	1.260 —	1.500 —	1.166 —
Puissance de traction	1.264 —	1.650 —	2.000 —

Parmi les ateliers belges qui fabriquent pour les voies ferrées industrielles, et les chemins de fer sur routes des locomotives bien étudiées, il faut encore citer ceux de Saint-Léonard à Liége qui construisent de petites machines à chaudière verticale faisant un bon service. Nous en donnons ci-dessous les dimensions principales, la locomotive du type A est en service sur le petit chemin de fer de Turin à Rivoli, l'autre, du type B fonctionne en Suisse.

	Type A	Type B
Diamètre des cylindres	0m,23	0m,28
Course des pistons	0 ,40	0 ,46
Nombre de roues motrices	4	4
Nombre de roues porteuses	»	»
Diamètre des roues motrices	0m,80	1m,15
Diamètre des roues porteuses	»	0 ,60
Écartement des essieux	1m,50	4 ,35
Longueur de la grille	0 ,79	1 ,05
Largeur de la grille	0 ,59	0 ,70
Surface de chauffe directe	2m²,70	4m²,35
Surface de chauffe des tubes	25m²,60	36m²,70
Pression effective	9 atm.	8 atm.
Poids de la machine vide	9.000 kil.	14.000 kil.
Poids de la machine en charge	11.000 »	17.500 »
Traction théorique	2.460 »	2.590 »
Traction effective (65 %)	1.600 »	1.700 »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La maison Carels frères, de Gand, a livré aux tramways du Nord, pour la ligne de Lille à Roubaix, des machines de 10 tonnes, dont on a été très satisfait. Ce sont ces machines qui, concurremment avec des locomotives de la *Métallurgique*, font le service des tramways à vapeur de Saint-Etienne. Ces machines, qui pèsent 12 tonnes à vide et 15 tonnes en charge, sont très puissantes. Elles ont six roues couplées, mais les roues du milieu n'ont pas de boudin, afin de présenter moins de résistance dans les courbes; elles font le parcours de Rive-de-Gier en remorquant aisément trois voitures, pesant 3 tonnes à vide et 6 tonnes en charge, sur les plus fortes rampes. La vitesse moyenne, malgré de nombreux arrêts, est de 10 à 12 kilomètres à l'heure. La consommation de combustible est d'environ 4 kilogrammes de coke par kilomètre-train et 1 kg. 600 par kilomètre-voiture. Le parcours journalier d'une locomotive Carels sur le réseau de Saint-Etienne, est de 110 kilomètres; il y a 34 machines en tout, dont 22 en circulation et les autres en réserve ou en réparation. La circulation journalière atteint au total 2.400 kilomètres correspondant à plus de 6.000 kilomètres-voitures; le nombre de voyageurs transporté annuellement dépasse 8 millions, vu la modicité du tarif (10 centimes pour la traversée de la ville). Enfin, les frais de traction, par kilomètre-train et par kilomètre-voiture sont les suivants :

	Par kil.-train	Par kil.-voiture
Combustible eau et graissage . . .	0fr,188	0fr,071
Personnel de conduite	0 ,175	0 ,162
Entretien des locomotives et divers .	0 ,137	0 ,052
Totaux . . .	0fr,500	0fr,190

Ce mode de traction est donc très économique.

286. — *Locomotives diverses.* — On connaît encore les systèmes de Cockerill de Seraing, de Cail et Cie, de Fives-Lille, de la Société de Marcinelle et Gouillet, parmi ceux particulièrement applicables à la traction des véhicules sur les chemins de fer routiers. Les locomotives Cockerill ont une chaudière verticale, les cylindres et le mouvement sont à l'extérieur des longerons, et une toiture légère les recouvre entièrement. Leur poids en charge est, suivant les modèles, de 6.200, 9.300 et 12.000 kilogrammes.

Au nombre des systèmes les plus intéressants au point de vue spécial qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous occupe et qui a été établi par la Société Cail, citons la locomotive compound, imaginée par M. Mallet, et construite pour le chemin de fer de Biarritz. C'est, en apparence, une machine ordinaire, dont les cylindres et le mouvement sont extérieurs, et les caisses à eau placées sur le côté comme dans toutes les locomotives-tenders. La vapeur est introduite, à gauche, dans un petit cylindre, enveloppé d'un plus grand rempli de vapeur. Elle passe de là par un gros conduit, dans le cylindre de droite, de plus fort diamètre, où elle est détendue. Les cylindres communiquent entre eux, et avec la chaudière par un appareil spécial, dit tiroir de démarrage, qui permet au mécanicien d'introduire à la fois de la vapeur dans les deux cylindres, lorsqu'il s'agit de démarrer avec une forte charge ou de gravir une rampe Des dispositions très simples permettent de varier à volonté la durée de l'introduction dans les deux cylindres séparément, et de modérer la pression dans le grand cylindre lorsque la machine marche avec admission directe sur les pistons.

On comprend tout le parti qu'on peut tirer, pour les tramways et les chemins de fer sur routes, de la locomotive Mallet. L'économie de combustible qu'elle donne et qui est de 30 % de la consommation ordinaire, doit forcément entrer en ligne de compte, quand on a à choisir une machine pour l'exploitation économique d'une petite ligne. La machine Mallet est en service sur les chemins de fer de Bayonne à Biarritz, de la Meuse, etc. A l'étranger, elle est employée sur plusieurs lignes à faible trafic, auxquelles une machine du système ordinaire ne pourrait convenir.

Signalons, en terminant cette revue des locomotives européennes, la machine des ateliers de Petit-Bourg pour le service des exploitations agricoles. Sa cheminée américaine et son cendrier à clapet lui permettent de passer sans danger d'incendie au milieu des champs de blé en pleine maturité.

287. — *Machines américaines.* — Tous les ingénieurs ayant l'expérience des chemins de fer savent qu'une machine à quatre roues couplées du poids de 20 tonnes a autant d'adhérence qu'une machine américaine de 30 tonnes également à quatre roues couplées, mais avec bogie à l'avant. Il semblerait tout d'abord naturel d'adopter le premier type, de préférence au second, pour les chemins de fer économiques. Il n'en est rien cependant, et la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machine à train radial ou à bogie est encore preférée aux Etats-Unis, parce qu'elle est plus stable à une certaine vitesse, que la machine a quatre roues, et qu'elle se comporte mieux sur une ligne défectueuse ou insuffisamment entretenue.

Quand on veut qu'une locomotive à roues couplées puisse franchir des courbes de faible rayon, on est obligé de rapprocher les roues comme dans les cars de tramways. Si l'on examine un de ces véhicules passant avec une certaine vitesse sur un croisement de voie, on le voit prendre une sorte de mouvement de galop. Or la vitesse d'un car est faible si on la compare à celle d'une machine, et son instabilité n'a pas de conséquences fâcheuses.

Il n'en est pas de même lorsqu'on a à exploiter une ligne en mauvais état, comme on en rencontre tant parmi les chemins de fer économiques.

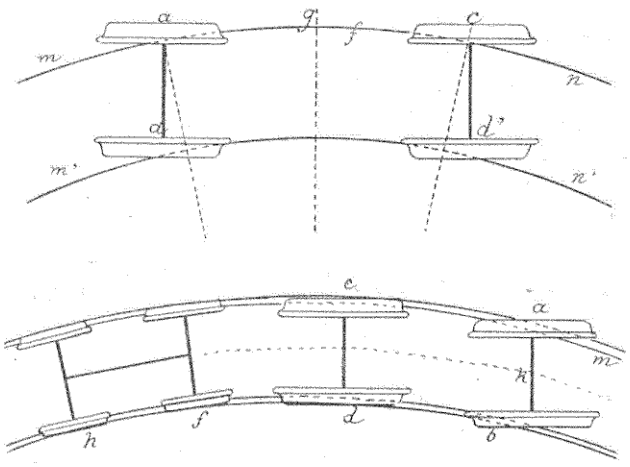


Fig. 182. — Position d'un essieu à roues couplées dans une courbe.
Fig. 183. — Essieux à bogie, positions en courbe.

L'addition d'un bogie enlève un tiers environ du pouvoir adhérent d'une machine. Mais les ingénieurs américains considèrent que l'accroissement de stabilité sur la voie et la facilité de passer les courbes, en donnant à la machine une longue base de roues et un truck pour les roues porteuses, compensent et au delà la perte de l'adhérence.

Dans la locomotive de Billerica et Bedford, qui est à huit roues, le poids de la machine et de la chaudière est porté par les roues motrices comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans une machine à quatre roues couplées. En prolongeant le châssis au delà de la boîte à feu, on a ménagé de l'emplacement pour l'eau et le charbon, et on a placé un bogie sous la partie prolongée. On a évité ainsi un tender, et, en même temps, le poids de l'approvisionnement sert à maintenir le bogie sur la voie. De là, deux sortes de poids sur la machine : celui du mécanisme et de la chaudière qui est invariable et forme l'adhérence, et celui du charbon et de l'eau qui est variable, mais qui n'enlève pas de charge aux roues motrices.

Voici les dimensions principales de la machine de Billerica :

Largeur de la voie	0m,609
Diamètre des cylindres	0 ,203
Course des pistons	0 ,304
Diamètre des roues motrices	0 ,761
Base totale des roues	3 ,961
Poids de la machine en service	10.758 kilog.
— sur les roues motrices	6.506 —
— sur le bogie	4.252 —
Adhérence au 1/6e	1.085 —
Puissance de traction	925 —

MM. Porter, Bell et Cie, de Philadelphie, fabriquent pour les tramways de petites machines à quatre roues couplées. Il y a trois types dont voici les dimensions principales :

	1	2	2
Diamètre des cylindres	0m,15	0m,17	0m,20
Course des pistons	0 ,25	0 ,30	0 ,40
Diamètre des roues motrices	0 ,70	0 ,76	0 ,91
Poids en service	4.080 k.	6.350 k.	9.068 k.

Les tramways de la Nouvelle-Orléans emploient des machines du type 2 avec un bogie à deux roues placé à l'avant.

288. — *Réseau des tramways suisses de Genève.* — Nous emprunterons à M. de Marchena (1) quelques renseignements sur cette ligne où il est fait usage, pour la traction, de locomotives.

« La ligne présente une longueur totale de 11 kilomètres 870 mètres, à

1. E. de Marchena *La Traction Mécanique des Tramways.* Op. cit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voie normale, présentant des rampes atteignant jusqu'à 43 millimètres par mètre. La voie, système Marsillon, composée de rails de 15 à 17 kilogrammes, est trop faible. Elle était prévue pour recevoir des voitures à traction animale pesant 5 tonnes en charge et elle donne actuellement passage à des trains circulant à des vitesses de 20 kilomètres à l'heure avec des locomotives pesant près de 10 tonnes en charge. La compagnie a reculé devant la grande dépense qu'aurait entraînée le remplacement complet de la voie et s'est contentée de la consolider en doublant le nombre des dépenses d'entretien considérables.

Les locomotives employées sont du type Brown, de la fabrique de Winterthur, pesant 8,5 tonnes à vide et remorquant deux ou trois voitures de 35 places, pesant à vide 2.500 kilogrammes. Il y a sept locomotives en tout, dont cinq en service, effectuant 100 à 115 kilomètres par jour.

Le tarif moyen est de 0,06 franc par kilomètre ; mais il comporte des réductions pour les billets d'aller et retour et pour certaines catégories de voyageurs.

La consommation moyenne de combustible est de 3,5 kilogrammes par kilomètre-train, soit 1,55 kilogramme par kilomètre-voiture. Le combustible employé est un mélange de 2/3 coke et 1/3 agglomérés revenant en moyenne à près de 40 francs la tonne. Ce combustible est donc cher.

Par contre la main-d'œuvre est bon marché : 3 à 6 francs par jour suivant la qualité de l'ouvrier.

Les frais de traction par kilomètre-train et par kilomètre-voiture ont été les suivants en 1893 :

	Par kil.-train	Par kil.-voiture
Combustible, eau et graissage. . .	0fr,191	0fr,084
Personnel de conduite	0 ,120	0 ,054
Entretien des locomotives	0 ,046	0 ,020
Total. . . .	0fr,357	0fr,158

On remarquera la faiblesse du chiffre porté pour les dépenses d'entretien des locomotives ; l'année précédente ces dépenses n'avaient été que de 0,073 franc par kilomètre-train. Ces chiffres sont d'autant plus remarquables que la voie est mauvaise ; ils sont tout en faveur du matériel employé et du personnel de conduite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par contre, l'entretien de la voie est très onéreux; en n'en imputant qu'une moitié seulement à la traction mécanique, le prix de revient du kilomètre-train est grevé de ce chef d'environ 0,15 et le kilomètre-voiture d'environ 0,0675.

Le parcours annuel total, pendant l'exercice 1893, a été de 180.759 kilomètres-trains et 407.321 kilomètres-voitures.

Il est assez intéressant de comparer les résultats ci-dessus avec ceux qu'a donnés la traction animale appliquée au même réseau :

Nourriture et litière des chevaux. . .	0fr,175	par kil.-voiture
Personnel des écuries et cochers . . .	0 ,107	—
Entretien des harnais et chevaux. . .	0 ,048	—
Total.	0fr,330	—

Par suite le kilomètre-voiture par traction animale revient presque aussi cher que le kilomètre-train par traction mécanique. Cette traction est faite par 122 chevaux, ayant effectué, en 1893, 460.277 kilomètres-voitures, soit en moyenne 3.770 par cheval et par an.

La même compagnie construit et se propose d'exploiter sous peu une ligne de 5.600 mètres, à traction électrique avec fil aérien; la force motrice hydraulique lui est fournie à raison de 0,055 le cheval-heure, et elle espère que le prix de traction ne dépassera pas 0,20 par kilomètre-voiture amortissement non compris.

289. — *Locomotives sans foyer, système Lamm, Francq et Mesnard.* — La plupart des inconvénients des locomotives à vapeur proviennent de la chaudière et de l'embarras que donne la présence d'un foyer en combustion, bien plus que de l'emploi même de la vapeur.

Aussi a-t-on été amené par une pente naturelle à supprimer la chaudière et le foyer tout en conservant les avantages économiques de l'emploi direct de la vapeur sans intermédiaire.

Cette conception a été réalisée d'une manière pratique par les locomotives sans foyer, imaginées en même temps, quoique sur des bases différentes, en Amérique par le docteur Lamm, et en France par M. Francq.

Le but principal, la suppression du foyer de la locomotive, est atteint, dans ce système, par l'utilisation de la grande capacité calorifique de l'eau. La chau-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dière est remplacée par un simple réservoir d'eau, capable d'emmagasiner une quantité de chaleur suffisante pour obtenir la production de vapeur nécessaire au fonctionnement pendant un laps de temps de donné.

Cette quantité de chaleur est puisée à la fin de chaque trajet à des foyers établis à demeure dans une installation fixe.

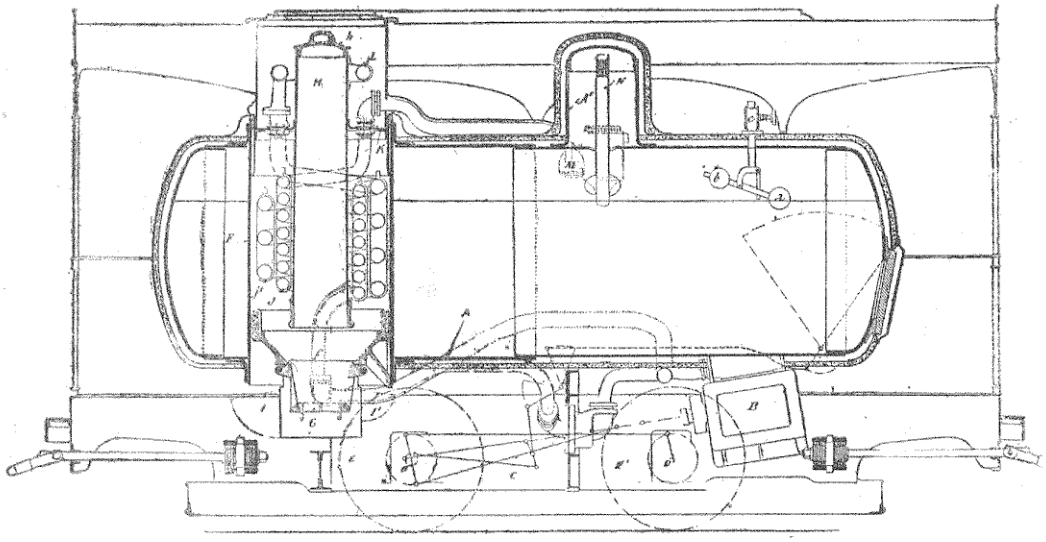


Fig. 184. — Mécanisme de la locomotive sans foyer Francq.

Le moyen le plus pratique d'obtenir la transmission de chaleur rapide de ces foyers au réservoir d'eau de la locomotive est d'employer le chauffage à la vapeur en faisant barboter, dans ce réservoir d'eau qui tient lieu de chaudière, un courant de vapeur actif à haute pression.

Cette vapeur est produite par des générateurs fixes, installés à la station de départ et utilisant la chaleur des foyers.

L'écoulement de vapeur s'opérant en vertu de la différence de pression entre les deux milieux, la pression dans la chaudière fixe, doit être portée à un point assez élevé limitée par la solidité des tôles et le soin de la sécurité. La température finale, de son côté, est limitée par la pression la plus basse qu'on puisse admettre pour le fonctionnement du mécanisme moteur, pression dépendant de l'effort de traction à développer, et, par conséquent, du profil de la route aux environs de la station de rechargement. La quantité de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaleur que l'eau peut emmagasiner entre ces deux limites peut seule être utilisée avec profit.

La manœuvre à exécuter pour fournir à l'eau la chaleur qu'elle doit posséder au départ est très simple : il suffit d'ouvrir deux robinets : l'un sur la conduite des chaudières, l'autre sur le réservoir de vapeur, alors la vapeur à haute pression pénètre avec force à l'intérieur de ce dernier et, par l'effet de petites ouvertures pratiquées sur un tuyau intérieur, l'eau se trouve agitée par la vapeur dans tous les sens et assez violemment pour répartir uniformément la chaleur.

Quand il y a équilibre de pression entre les chaudières et le réservoir, on ferme les robinets et l'on rompt la communication. La locomotive est alors prête à partir, et la chaleur renfermée dans l'eau ne tarde pas à provoquer l'ébullition, dès que l'espace libre supérieur du réservoir est mis en communication avec les cylindres de la machine à vapeur.

Le moteur peut donc rendre sur les pistons un travail mécanique à peu

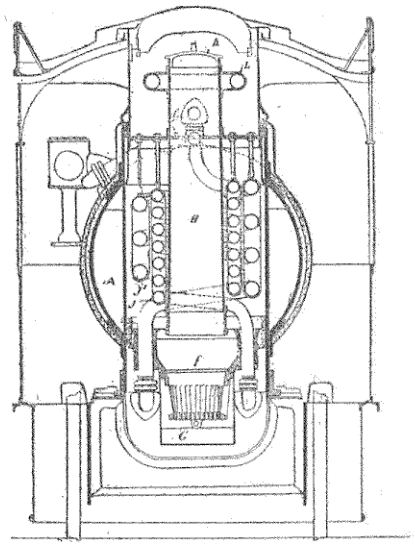


Fig. 185. — Mécanisme de la locomotive sans foyer (vue de face).

près équivalent à la chaleur contenue dans l'eau, entre les limites fixées par la pratique. Ces limites peuvent être très éloignées l'une de l'autre. c'est-à-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dire que la température initiale de l'eau peut être portée aussi loin que possible, tandis que la température finale peut être ramenée au plus bas.

Dans la pratique, la température initiale peut atteindre 200° correspondant à une pression effective de 15 kilogrammes, et la température finale être fixée à la pression minimum indispensable au moteur pour opérer les démarrages, même en rampe; et comme ce n'est là qu'une question d'effort à exercer, qu'une disposition spéciale du mécanisme peut toujours permettre, la température de 133° correspondant à la pression effective de 2 kilogrammes, peut suffire.

Dans ces conditions, la vapeur peut agir à basse pression et grande détente, si l'on veut; on parviendra à en tirer ainsi le maximum d'effet utile.

Cette vapeur peut évidemment agir, le cas échéant, avec une énergie plus considérable, par l'utilisation d'une grande pression sur les pistons, lorsque, pendant le trajet, il se présente une résistance accidentelle plus forte. Il y a donc intérêt à interposer, entre le réservoir de vapeur et le mécanisme moteur, un régulateur de pression permettant l'écoulement constant de la vapeur à une pression fixe, choisie par le mécanicien, et qu'il peut faire varier en cours de route suivant les accidents du profil.

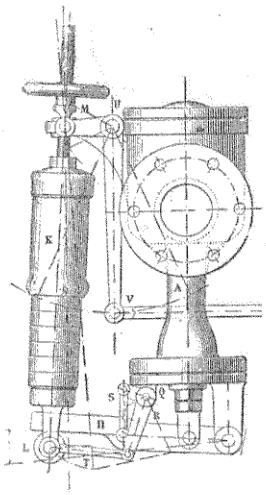


Fig. 186. — Régulateur-détendeur de vapeur.

C'est ce qui a été réalisé à l'aide d'un *régulateur-détendeur* de vapeur dû à MM. Francq et Mesnard. La distribution s'opère par coulisse Stephenson, Walshaert ou autre, permettant de faire varier à volonté le degré d'admission. Grâce à la combinaison de ces deux moyens, on peut modifier dans de grandes limites la pression moyenne dans les cylindres, suivant l'effort de traction à développer, et obtenir presqu'autant d'élasticité qu'avec les moteurs à air comprimé.

L'usine fixe de chargement se réduit à une installation de chaudières à haute pression et d'une tuyauterie convenablement disposée pour permettre le rechargement facile des locomotives. Ces chaudières peuvent, bien entendu, être

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

munies de tous les perfectionnements et dispositions permettant d'obtenir une bonne utilisation du combustible et un taux de vaporisation élevé. Elles peuvent aisément donner 7 à 8 kilogrammes de vapeur sèche par kilogramme de houille brûlée ; et sont généralement timbrées à 16 kilogrammes. Par suite de ces pressions élevées, on ne peut donner de très grandes dimensions transversales aux différents éléments de ces chaudières et on choisit le plus souvent des générateurs multitubulaires genre Babcock et Wilcox, Roser, Niclausse, etc..., qui se sont beaucoup répandus dans l'industrie depuis une dizaine d'années et auxquels on a soin d'adjoindre un réservoir d'eau et de vapeur de dimensions plus grandes qu'à l'ordinaire. Toutefois, M. Francq préfère aux chaudières multitubulaires les générateurs à foyer intérieur genre locomotive, qui paraissent donner de meilleurs résultats pour cette application.

Ces chaudières, doivent débiter de la vapeur d'une manière irrégulière ; mais l'irrégularité dépend beaucoup du nombre de moteurs en circulation. Quand le nombre de moteurs en service est assez grand pour qu'il y en ait constamment à la charge, cet inconvénient disparaît et on peut alors obtenir un écoulement et une production de vapeur tout à fait réguliers ; ceci se produit aussitôt que le nombre de ces moteurs dépasse 9 ou 10. Quand ils sont, au contraire, trop peu nombreux pour qu'il y en ait constamment en chargement, les chaudières fixes doivent posséder un volume d'eau suffisant pour pouvoir emmagasiner une certaine quantité de chaleur entre deux charges sans trop monter en pression. On a aussi la ressource d'alimenter après chaque charge, ce qui fait tomber la température et la pression et donne une marge de quelques degrés pour remonter en pression jusqu'à ce qu'une autre locomotive se présente au chargement. Toutefois, si ces moyens très simples n'étaient pas jugés suffisants, il serait très facile d'en imaginer d'autres qui rempliraient complètement le but et à peu de frais.

Une locomotive sans foyer se compose essentiellement d'un vaste récipient cylindrique formant réservoir d'eau chaude et d'un mécanisme complètement analogue à celui des locomotives ordinaires. Le récipient est préservé très soigneusement du refroidissement par rayonnement externe grâce à une enveloppe extérieure en tôle, sur laquelle est appliquée directement une épaisseur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de calorifuge spécial de 35 millimètres et laissant entre la tôle du réservoir et elle-même une couche d'air emprisonnée de 35 millimètres d'épaisseur.

Grâce à cette disposition, la déperdition de chaleur pendant un trajet complet est tout à fait insignifiante, même par des temps très froids, et ne dépasse pas 1 calorie par heure, degré d'écart et mètre carré de surface extérieure, soit 1 à 2 % de la quantité de chaleur dépensée. Une locomotive chargée, au repos, ne perd guère plus de 1 kilogramme de pression en quatre heures de stationnement.

Le récipient est surmonté d'un dôme de vapeur dans lequel se fait la prise du fluide au moyen d'un tube vertical la puisant, par une série d'ouvertures longitudinales, aussi loin que possible du plan d'eau. Ce tube se raccorde à un appareil extérieur constituant à la fois le régulateur d'admission et le détendeur de vapeur, appareil ayant pour mission de régler à la volonté du mécanicien la pression d'admission de vapeur aux cylindres.

Avant d'arriver à ceux-ci, la vapeur traverse une chambre de vapeur détendue, constituée par un faisceau tubulaire plongé dans la masse d'eau chaude du réservoir et qui sert, en même temps, de réchauffeur-sécheur. Grâce à cette disposition, la vapeur entre dans les cylindres absolument sèche et même légèrement surchauffée pendant une grande partie du parcours, ce qui est une condition favorable de son fonctionenment. On a souvent constaté que dans les premières parties du trajet, on n'avait pas à purger les cylindres, ce qui est une preuve évidente de la surchauffe. En sortant des cylindres, la vapeur est envoyée dans un condenseur à air formé d'un vaisseau tubulaire vertical disposé au-dessus du récipient; la vapeur, avant de s'échapper définitivement au dehors, se répand autour de ce faisceau à l'intérieur duquel cet échappement même produit une circulation d'air active. On arrive ainsi à condenser jusqu'à 30 % de la vapeur d'échappement; le reste est rejeté au dehors sous forme de panache plus ou moins épais.

La locomotive sans foyer Francq et Mesnard est pourvue de tous les appareils nécessaires à une locomotive ordinaire : changements de marche, admission et distribution de la vapeur, freins, etc.; mais tous ces mouvements et leurs leviers de commande sont établis en double, à chaque extrémité du réservoir, de telle façon que la machine puisse aussi bien être dirigée d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plateforme que de l'autre, sans avoir besoin d'être retournée sur une plaque tournante. Le mécanicien a donc, de chaque côté de sa machine, sous le yeux et sous la main, tous les appareils nécessaires à la conduite et à la manœuvre.

Le poids d'eau contenu dans le récipient atteint, en général, 30 % du poids de la locomotive à vide. Il est de 2.000 kilogrammes pour les locomotives pesant 7 tonnes à vide, et de 3.600 kilogrammes pour celles de 12 tonnes. Quant au volume de vapeur, il est d'environ 20 % du volume total du réservoir.

290. — *Prix de revient de la traction mécanique par locomotives sans foyer.* — Avec le système à eau chaude, comme avec le système à air comprimé, il y a une perte de temps forcée pour le chargement des locomotives, perte de temps qui oblige à avoir au total (y compris les réserves) un nombre de locomotives égal à une fois et demie celui qui est en circulation.

Afin d'avoir une base pour les calculs, nous supposerons l'emploi de locomotives pesant environ 16 tonnes en charge et nous admettrons qu'il y a en moyenne 2 voitures en circulation par locomotive. Ce cas est évidemment un cas extrême et il va sans dire que tous les chiffres qui vont résulter de cette hypothèse pourraient être sensiblement réduits avec l'emploi de locomotives d'une moindre puissance.

Nous rapporterons les frais de premier établissement :

1° Au nombre de locomotives en circulation ;
2° Au nombre de voitures (supposées de 50 places) ;
3° Au nombre de kilomètres-voitures à effectuer par heure.

Les locomotives coûtant environ 30.000 francs, la dépense de premier établissement ressortira donc, de ce chef, à :

45.000 francs par locomotive en circulation ;
22.500 — par voiture en circulation ;
2 250 — par kilomètre-voiture à effectuer par heure.

En ce qui concerne maintenant l'usine pour le rechargement, le total des frais de premier établissement peut s'évaluer à :

55.000 francs par locomotive de 16 tonnes en circulation ;
27 à 28.000 francs par voiture de 50 places en circulation ;
2.700 à 2.800 francs par kilomètre-voiture à effectuer par heure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces prix seraient réduits de 10 % avec des locomotives de 10 tonnes, au lieu de locomotives de 12 tonnes.

En ce qui concerne maintenant les frais d'exploitation inhérents à ce mode de traction, nous donnerons les quelques indications que voici :

C'est en 1878, sur la ligne de Rueil à Marly, que les locomotives sans foyer ont fonctionné régulièrement pour la première fois en Europe. Cette ligne, longue de 9 kilomètres environ, est sensiblement de niveau sur tout son parcours, à part quelques rampes de 50 à 60 millimètres entre Port-Marly et Marly-le-Roi.

Les frais de la traction, par kilomètre-train de deux ou trois voitures, ont été les suivants pendant l'exercice 1880 :

Combustible et graissage. . .	0fr,165 (charbon à 30 fr. la tonne).
Personnel et traction. . . .	0 ,120
Entretien et réparations . . .	0 ,090
Total. . . .	0fr,375 par kilomètre-train.

Amortissement non compris.

La consommation moyenne de houille a varié de 4 à 4 kg. 50 par kilomètre-train.

Après l'absorption de la ligne par la Compagnie des Tramways de Paris à Saint-Germain, le service fut fait pendant un certain temps par des locomotives beaucoup plus puissantes pesant 15.600 kilogrammes en charge et remorquant des trains de 30 tonnes. Puis ces locomotives furent elles-mêmes remplacées par des locomotives à foyer, probablement par suite de la trop grande longueur du trajet. Maintenant les locomotives Francq ont repris leur service sur la ligne.

Les locomotives sans foyer avaient fonctionné très régulièrement et il paraîtrait que la substitution des locomotives à foyer a amené une sensible augmentation dans les frais d'exploitation.

Les dépenses de traction par les locomotives sans foyer avaient été les suivantes en 1891, par kilomètre-train :

Personnel de conduite.	0fr,081 par kilomètre-train.
Combustible et graissage. . . .	0 ,255 —
Personnel des usines fixes. . . .	0 ,040 —
Entretien du matériel	0 ,069 —
Total des frais de traction. . . .	0fr,445 par kilomètre-train.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats satisfaisants fournis par ce système de traction ont donné une grande extension aux procédés Francq, et il existe maintenant, en France et à l'étranger, un grand nombre d'installations, parmi lesquelles nous citerons :

Les lignes de Lille à Roubaix et de Roubaix à Tourcoing ;
Les lignes de Lyon à Saint-Fons, à Bron et à Montplaisir ;
La ligne de l'Etoile à Courbevoie ;
La ligne de Batavia à Kramat et Meester Cornelis (Java) ;
La ligne de l'Est (à Marseille), etc.

291. — Si l'on se rapporte au compte rendu de l'assemblée générale de la Compagnie générale des Tramways de Paris et du département de la Seine, le coût total, par kilomètre parcouru, des trois systèmes de traction employés par cette compagnie, peut être établi comme suit :

Traction animale (coût de la voiture-kilomètre). .	1fr,0307
Traction mécanique par locomotive sans foyer, par train-kilomètre.	0 ,8254
(Le train se compose de 2 voitures à voyageurs à 50 places et d'un fourgon à bagages).	
Traction électrique par accumulateurs, par voiture-kilomètre.	1 ,0577
Dans ces chiffres sont comprises les dépenses communes aux trois systèmes et comptées à . . .	0 ,4178

Aux tramways Est (de Marseille), d'après le rapport du Conseil d'administration à l'assemblée générale extraordinaire du 22 novembre 1894, les frais d'exploitation se montaient en tout, pour dix mois d'exploitation, à 144.115 fr. 84, soit à 14.411 fr. 58 par mois, laissant un excédent de 45,5 % des recettes.

Actuellement les ateliers de la Compagnie de Fives-Lille ont en construction 3 locomotives sans foyer pour la ligne à voie normale de Saint-Germain-en-Laye à Poissy, longue de 6 kilomètres, et présentant des rampes de 52 millimètres par mètre et des courbes de 30 mètres de rayon. Les trains les plus lourds se composeront de deux voitures à voyageurs de 50 à 60 places pesant en charge 7t,5 et d'un fourgon à bagages pesant en charge 5 tonnes ; le poids total du train sera donc de 20 tonnes. Il y aura en service journalier 15 trains en été et 10 trains en hiver, marchant à la vitesse de 25 kilomètres à l'heure dans la forêt de Saint-Germain et de 15 kilomètres sur les autres parties de la ligne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les dimensions principales des machines sont les suivantes :

Diamètre des cylindres	$0^{m},33$
Course des pistons	0 ,30
Diamètre des roues	0 ,84
Empattement	1 ,55
Diamètre intérieur du récipient	1 ,20
Longueur	4 ,20
Capacité totale	$4^{m3},00$
Volume de l'eau chaude	$3^{m3},60$
Volume de la vapeur	$0^{m3},40$
Pression maximum dans le récipient	16 kilog.
Plus grande largeur de la machine	$2^{m},20$
Poids à vide de la machine, environ	12 tonnes
Poids en ordre de marche de la machine, environ	$15^{t},6$

Ces machines sont munies d'un réchauffeur de vapeur chauffé au coke, et l'emploi de la vapeur surchauffée dans les cylindres conduit à une économie considérable. Cet appareil présente encore l'avantage de rendre complètement invisible la vapeur d'échappement, de sorte que ces machines ne dégagent pas le moindre panache de vapeur.

Ces réchauffeurs, qui sont disposés à l'intérieur des récipients et qui sont absolument invisibles, retardent dans une certaine mesure le refroidissement de l'eau, de sorte que les locomotives munies de ce dispositif perfectionné peuvent parcourir, avec un volume d'eau égal et sans rechargement, une distance plus longue qu'une locomotive sans foyer ordinaire, ou bien encore, à égalité de parcours, la locomotive nouvelle pourra être plus légère à cause de la diminution du volume d'eau.

Voici d'après M. Francq lui-même, quels sont les frais afférents à son système de traction. Nous extrayons ces chiffres de la lettre qu'il a adressée en 1895 à M. le Président de la Société française des Ingénieurs coloniaux.

« Je viens de recevoir le premier numéro du *Bulletin de la Société*, dans lequel j'ai pu lire le compte rendu de la très intéressante conférence de M. H. Maréchal, ingénieur des Ponts et Chaussées et du service municipal de la ville de Paris.

« J'ai été surpris de voir que le prix de revient de la traction des tramways, au moyen des locomotives sans foyer de mon système, est chiffré à rai-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

son de 46 centimes par kilomètre-voiture, ce qui implique pour le kilomètre-train, un prix beaucoup plus élevé.

« Ce chiffre de 46 centimes, afférent à l'exercice 1894, a sans aucun doute été pris par M. Maréchal dans le rapport fait à l'assemblée générale de 1895, de la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine, où il figure en effet, mais il faut tenir compte que l'année 1894, ainsi que le fait observer le rapport même de la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine (page 32), a supporté des travaux extraordinaires ayant plutôt le caractère de dépenses d'établissement que de frais d'entretien et que cependant on a tenu à imputer entièrement au compte de l'Exploitation. Ces travaux concernent principalement : le montage d'un nouveau générateur et d'un réservoir à eau ; l'installation de sablières et de freins automatiques sur un certain nombre de machines ; l'agrandissement du dépôt de Courbevoie, etc.

« Pour bien apprécier le prix de revient de la traction par les locomotives sans foyer, employées sur le tramway de l'Étoile à Courbevoie, il faut se reporter aux résultats d'exercice de 1893, et pour cela consulter le rapport du conseil d'administration de l'assemblée générale de 1894, laquelle a établi les dépenses de l'exercice 1893, vous y trouverez, page 13, le tableau III. (Dépenses spéciales à la traction à vapeur, c'est-à-dire au moyen des locomotives sans foyer) ci-après reproduit :

III. — Dépenses spéciales a la traction mécanique (a vapeur)

	ANNÉE 1892 Kilomètres parcourus : 603.601		ANNÉE 1893 Kilomètres parcourus : 659.236	
Frais généraux. . . .	14,052 60	0,0232	30,221 12	0,0458
Production et transmission de la vapeur . .	77,805 01	0,1289	83,252 31	0,1262
Roulement : mécaniciens, manœuvres, etc. . .	46,001 92	0,0762	52,077 21	0,0790
Petit entretien et nettoyage, outillage. . .	24,293 32	0,0402	23,690 16	0,0360
Gros entretien des machines et générateurs .	39,875 55	0,0661	38,257 13	0,0580
Dépenses diverses, chauffage, éclairage . . .	3,078 23	0,0051	4,254 66	0,0065
Total	205,106 63	0,3398	231,752 59	0,3515

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tableau duquel il résulte qu'il y a :

« En 1892, 205,106 fr. 63 pour 603.601 kilomètres parcourus soit une dépense par kilomètre de 0 fr. 3398.

« En 1893, une dépense de 231.752 fr. 59 pour 659.236 kilomètres parcourus, soit une dépense par kilomètre de 0 fr. 3515, chiffre, comme vous le voyez, tout à fait différent de celui cité plus haut; il est vrai que le rapport de 1895, indique, pour l'exercice 1893, un autre prix de revient de 11 centimes plus élevé, mais il est visible qu'il y a là une simple erreur matérielle sur le nombre de kilomètres parcourus qui a été indiqué très inférieur au chiffre réel.

« Le même document, page 14, vous fournit le renseignement comparatif entre les différents systèmes, renseignement établi par la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine et qui indique :

RÉCAPITULATION	ANNÉE 1892		ANNÉE 1893	
	DÉPENSES		DÉPENSES	
	par chapitre	par kilomètre voiture	par chapitre	par kilomètre voiture
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
I. — Dépenses communes aux diverses tractions . .	1.472.105 95	0,4113	1.656.927 88	0,4345
II. — Dépenses spéciales à la traction par chevaux. . .	1.501.980 51	0,5475	1.309.647 58	0,5571
III.— Dépenses spéciales à la traction mécanique (à la vapeur) . . .	205.106 63	0,3298	231.752 59	0,3515
IV. — Dépenses spéciales à la traction électrique . .	155.940 74	0,6734	435.575 71	0,5422
Dépenses totales (non compris les dépenses d'ordre).	3.335.133 83		3.633.903 77	

« Ces chiffres sont assez éloquents par eux-mêmes, sans qu'il soit besoin de s'y arrêter davantage; permettez-moi d'ailleurs de vous faire observer que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'économie particulièrement remarquable que produit l'emploi des locomotives sans foyer, comme mode de traction, pour tramways et chemins de fer secondaires, ressort clairement de faits et de témoignages nombreux, parmi lesquels il y a lieu de citer les suivants :

« 1° Une convention en date du 23 décembre 1888, intervenue entre la Compagnie continentale d'exploitation des locomotives sans foyer et la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine, réglait les conditions de l'application du système Francq, pour assurer la traction des trains sur la ligne de la place de l'Étoile à Courbevoie, au moyen de quatorze vieilles locomotives à feu, qui devaient être transformées en locomotives sans foyer.

« Aux termes de cette convention, la Compagnie continentale garantissait que les frais de traction ne dépasseraient pas 40 centimes par kilomètre-train de une voiture, 60 centimes par kilomètre-train de deux voitures et 80 centimes par kilomètre-train de trois voitures. En conséquence, il était stipulé que si le chiffre moyen de dépenses calculé sur ces bases était dépassé dans la pratique, la Compagnie continentale ne recevrait pas de prime ; mais que, dans le cas contraire, il lui reviendrait les deux tiers de la différence constatée entre les prix ci-dessus et les prix réels de la traction.

« En fait, les frais réels de la traction ont été de 44 centimes par *kilomètre-train* et 26 centimes par *kilomètre-voiture*.

« Ces résultats favorables de traction, qui correspondaient à une *prime mensuelle* de 3,108 fr. 25 à payer à la Compagnie continentale, ont déterminé les deux Sociétés à conclure par transactions, en 1892 et pour une durée de quinze années, un nouveau contrat, d'après lequel la Compagnie continentale perçoit à titre de droit de licence, une prime mensuelle de 1.250 francs, soit 15.000 francs par an.

« 2° Dans son rapport à l'assemblée générale, en 1894, cette même Compagnie signalait à ses actionnaires, la différence de dépenses afférentes à chacun des divers systèmes qu'elle emploie pour la traction de ses trains.

« Des chiffres qu'elle a fournis, il ressort que la traction par accumulateurs électriques lui a coûté, par kilomètre-train de une voiture, 0 fr. 542 alors que la traction par locomotives sans foyer ne lui a coûté, par kilomètre-train, de deux ou trois caisses de voitures que 0 fr. 351.

« 3° Le tramway de Lille à Roubaix, ligne de 11.666 mètres de longueur,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec rampes de 53 millimètres par mètre et courbes de 18 mètres de rayon, accuse, pour des trains de vingt-huit tonnes, machine comprise, une dépense de traction de :

0 fr. 378 par kilomètre-train,
0 fr. 236 par kilomètre-voiture.

« 4° Le tramway de Lille à Tourcoing, ligne de 11.015 mètres de longueur, avec rampes de 30 millimètres et courbes de 25 mètres de rayon, accuse, pour des trains de trente tonnes, machine comprise, une dépense de traction de :

0 fr. 339 par kilomètre-train,
0 fr. 258 par kilomètre-voiture.

« Un certificat délivré par l'administrateur délégué de la Compagnie des Tramways du département du Nord, qui exploite les deux lignes ci-dessus, s'exprime ainsi qu'il suit :

« En 1881, nous avons intercalé deux machines sans foyer dans le service « de la traction mécanique sur la ligne de Lille à Roubaix, et le *bénéfice* « *d'exploitation a été de* 4.972 francs.

« En 1883, quatre locomotives sans foyer ont été intercalées dans le ser- « vice de ladite ligne, *et le bénéfice s'est élevé à* 30,225 francs. »

« Enfin, en 1884, avec l'emploi exclusif des dites machines sans foyer, sur la même ligne, *le bénéfice est ressorti à* 110.745 fr. 83.

5° Le tramway de Batavia à Kramat et Meester Cornelis, dont la ligne a 12 kilomètres 615 mètres de longueur, avec rampes de 33 millimètres, et courbes de 25 mètres de rayon, accuse une dépense de traction de :

33 centimes par kilomètre-train,
12 centimes par kilomètre-voiture.

6° Le tramway de Rueil à Marly-le-Roi, accuse, pour une exploitation, d'une dizaine d'années, une dépense de traction de 11 centimes par kilomètre-voiture.

7° Le tramway de Paris (Étoile) à Saint-Germain, accusait des dépenses de traction de 41 centimes par kilomètre-train ; son profil présente des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rampes de 59 millimètres par mètre, et le poids des trains atteint 40 tonnes machines comprise.

8° Le chemin de fer de la place de Noailles (Marseille au cimetière de Saint-Pierre) de la Compagnie du chemin de fer de l'Est-Marseille inauguré l'année dernière, et qui emploie aussi les locomotives sans foyer, a fait part, récemment, à ses actionnaires, des résultats d'exploitation, pour la période correspondant aux dix premiers mois, et ce, dans les termes ci-après :

« Depuis le 1er janvier jusqu'au 30 octobre 1894, nous avons transporté 1.044.711 voyageurs qui nous ont procuré une recette de 264.683 fr. 60. Nos dépenses de toute nature s'élèvent à la somme de 144,115 fr. 84, d'où il ressort un bénéfice d'exploitation de 120.768 francs soit 45 % de la recette brute. »

9° La Compagnie des Omnibus et Tramways de Lyon (ligne de Lyon à Saint-Fons et Vénissieux) fait ressortir ses dépenses de traction à :

0 fr. 452 par kilomètre-train,
0 fr.326 par kilomètre-voiture

« Cet ensemble de résultats pratiques, relevé sur des exploitations diverses, situées dans différents pays, démontre de la façon la plus péremptoire la supériorité économique de la traction par locomotives sans foyer sur les autres systèmes ; il convient donc de limiter là ces citations qui suffiront à fixer le lecteur sur les avantages du système de ces machines à vapeur sans feu.

« J'espère Monsieur le Président et cher Collègue; que les explications ci-dessus auront pour résultat de vous permettre d'apprécier le bien fondé de ma protestation et que vous voudrez bien assurer, dans le bulletin de notre Société, l'insertion de la présente.

« Veuillez agréer Monsieur le Président et cher Collègue, l'expression de mes sentiments les plus distingués.

« Signé : L. Francq. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV

LES TRACTEURS MÉCANIQUES SUR ROUTES

292. — *Rôle des automobiles.* — On peut penser — cette hypothèse est défendable — que si les véhicules automobiles avaient été connus avant les grands trains de charbon de terre remorqués sur des voies à ornières et ensuite sur des rails, en Angleterre vers 1820, en France (à Saint-Etienne) en 1836, on peut penser qu'il n'y aurait pas aujourd'hui une seule ligne de chemin de fer au monde. Mais on a commencé par vouloir transporter par la vapeur des milliers de tonnes de houille. Voilà le mal.

Tous les autres transports se seraient faits tout aussi bien et aussi vite. Cette sorte de bloc du transport a été un mauvais début et a occasionné des constructions extrêmement coûteuses et quelquefois même dangereuses. Le zèle des ingénieurs a violenté la nature. Les gares s'engorgeant de marchandises, il a fallu inventer le *délai moral* et le cas de force majeure; tandis qu'avec les automobiles, l'ingénieur pouvait conserver les anciennes routes qui chôment. Un savant de Genève a même eu une idée originale : Le blindage des routes principales, suppression radicale et absolue du rail !...

Mais malgré l'état de choses résultant de l'accroissement des lignes de chemins de fer, l'automobilisme peut rendre les plus grands, services et son utilité est incontestable dans bien des circonstances; car le rôle de ce mode de locomotion serait singulièrement limité si on voulait le restreindre aux promenades, aux déplacements des touristes, et ne faire que des fiacres ou des voitures dont le seul avantage serait la suppression de l'attelage animé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

habituel. Le premier cas qui se présente à l'esprit est celui d'un service postal ou de messageries ou d'un service de messageries à une grande distance, dépassant ou non celle d'un relais de cheval. Il ne manque pas, en France, de villages qui se trouvent encore fort éloignés des gares, dans des régions quelque peu accidentées. Etablir une nouvelle ligne de chemin de fer, même à voie étroite, serait onéreux, et l'on s'exposerait à n'y pas avoir toujours un trafic rémunérateur. Un grand omnibus à vapeur est appelé au contraire à rendre des services importants ; et c'est pour cela que la Compagnie du chemin de fer du Nord fait usage entre Creil et Beauvais, d'une voiture automobile système Serpollet pour desservir les localités où le service postal lui est imposé, mais où les paysans ne quittent pas volontiers leur « home ». Il est vrai que, lorsque l'on multiplie les moyens de transport dans un pays, on y multiplie aussi le nombre des voyageurs.

Il en sera de même dans une seconde circonstance, pour le transport sur route des matériaux lourds, pour les services auxquels la locomotive routière a été essayée à plusieurs reprises. Les constructeurs doivent nous donner à bref délai cette locomotive routière.

Certaines carrières sont séparées d'une gare d'expédition par de grandes distances et doivent effectuer leur transport par chevaux. Il serait trop onéreux, en effet, d'établir une voie Decauville, l'importance de la carrière ne comportant pas des frais de premier établissement aussi considérables. Certaines pierres de construction, comme la meulière, auraient leur avantage à être traînées sur plusieurs chariots le long des routes par une voiture automobile.

Il en est de même pour les minerais de fer, que, dans quelques régions, le coût du transport empêche d'exploiter, plus encore qu'une faible teneur. Il en est de même pour le charbon. Si les résultats obtenus par les nouveaux procédés de traction mécanique sur routes ordinaires étaient mieux connus, il est à penser que les industriels préféreraient employer des remorqueurs pouvant passer partout, plutôt que d'établir à grands frais des voies ferrées étroites, Decauville ou autres, se raccordant avec la ligne de chemin de fer la plus voisine.

C'est donc, comme l'a dit avec raison M. Colomer dans la *Vie Scientifique*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vers la locomotive routière bien plus encore que vers les améliorations de la voiture automobile légère ou de luxe que doivent se porter les efforts des constructeurs. Qu'ils donnent à cette locomotive la plus grande force possible, mais qu'ils en étudient en même temps convenablement le poids et la résistance de toutes les pièces. Car il ne s'agit pas de défoncer nos routes, dont nous pouvons être fiers à juste titre (les autres pays étant loin d'en posséder de pareilles), mais bien d'y remorquer, sans les dégrader, des voitures à voyageurs remplaçant avec plus de célérité et de confort, les anciennes pataches « correspondance du chemin de fer » et des fourgons à marchandises d'un poids n'ayant rien d'excessif. Ne serait-ce pas là la meilleure solution du problème des chemins de fer sur routes? Plus de voie coûteuse à établir, plus de rail : l'omnibus et le camion automobiles, plus indépendants, fournissent un moyen beaucoup plus économique.

La chose a d'ailleurs été comprise et le fait a frappé l'esprit des inventeurs ; aussi existe-t-il maintenant des matériels parfaitement compris et aménagés pour ce genre de transport que nous étudierons l'un après l'autre dans ce chapitre. On se convaincra ainsi que la lacune est désormais comblée, et que les locomotives routières ont fait leurs preuves et peuvent être recommandées, étant maintenant absolument pratiques.

293. — *Tracteur à vapeur de Dion.* — La partie essentielle de cette machine est le générateur, qui permet, sous un très faible poids et peu de volume, de produire une vaporisation abondante. Le combustible (ordinairement du coke) est versé sur la grille par un tuyau débouchant à la partie supérieure et traversant la chaudière ; l'eau est contenue dans une enveloppe concentrique extérieure à ce tuyau et elle circule à travers des tubes inclinés et disposés comme les rayons d'une roue, tout autour du tuyau central. La chaleur du foyer est bien utilisée par cette disposition. La vapeur produite est séchée par son passage dans une série de tubes placés à la partie supérieure, et séparés des premiers par une cloison formant diaphragme, puis, ainsi surchauffée, elle est envoyée au moteur. Les gaz de la combustion sont conduits à l'arrière au moyen d'une cheminée recourbée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici quelques chiffres permettant d'apprécier les qualités de cette chaudière :

Surface de chauffe	$2^{m²},116$
Surface de grille	0 ,173
Poids à vide.	240 kilogr.

Cette chaudière peut alimenter normalement un moteur de 18 chevaux-vapeur, ce qui constitue un très remarquable résultat. Le poids du générateur n'est pas supérieur à 13 kilogrammes par cheval, et on peut vaporiser 6 kilogrammes d'eau environ par kilogramme de coke, ce qui est un rendement excellent, supérieur même à celui obtenu avec des chaudières Serpollet.

Le moteur est compound, le grand cylindre ayant 180 millimètres de diamètre et le petit 120 millimètres seulement, avec une course de 130 millimètres. Le volume de ces cylindres a été déterminé de façon à ce que le travail produit dans chacun d'eux soit sensiblement identique.

L'admission dure pendant les 8/10 de la course dans le petit cylindre, à la vitesse normale de marche de 330 tours à la minute. La voiture roule alors à l'allure de 20 kilomètres à l'heure et le moteur développe une puissance de 18 chevaux.

Le pignon moteur commande un engrenage différentiel qui permet aux roues de prendre des vitesses variables. Les chaînes Galle de transmission sont remplacées par un assemblage Cardan reliant l'arbre moteur aux arbres des roues motrices. La fusée qui porte la roue est creuse, et le bout d'arbre qui est commandé par le dernier joint Cardan passe à l'intérieur de cette fusée pour venir attaquer extérieurement le moyeu de la roue. Les plateaux constituant les joints entre les arbres décrivent un cercle égal au déplacement relatif d'un plateau par rapport à l'autre. Grâce à ce dispositif, l'appareil tout entier peut se déplacer indépendamment du moteur, tout en évitant l'emploi des chaînes, qui présentent de nombreux inconvénients.

Le tracteur de Dion, construit par M. Bouton, et portant le n° 1, pèse à vide 2.000 kilogrammes, et peut remorquer une charge de 2.200 kilogrammes à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure en palier. Le coût de la force motrice ne dépasse pas 10 à 12 centimes par kilomètre parcouru. Le tracteur n° 2,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pesant 4.000 kilogrammes, peut tirer un chariot ou un véhicule quelconque d'un poids de 10 tonnes, à une vitesse de 8 kilomètres à l'heure.

Les constructeurs de ce puissant cheval de fer ont cru devoir l'appliquer à la traction des voitures de plaisance, bien que rien ne soit moins élégant qu'un semblable attelage. Comme dit M. Farman, dans son livre sur les *Automobiles*, c'est un hippopotame traînant une pirogue, et rien n'est moins esthétique que de voir ce monstre à vapeur souffler et grincer pour traîner derrière lui un coupé ou une victoria. Il est certain que son rôle est bien plutôt dans un service commercial pour remorquer des camions ou des cha-

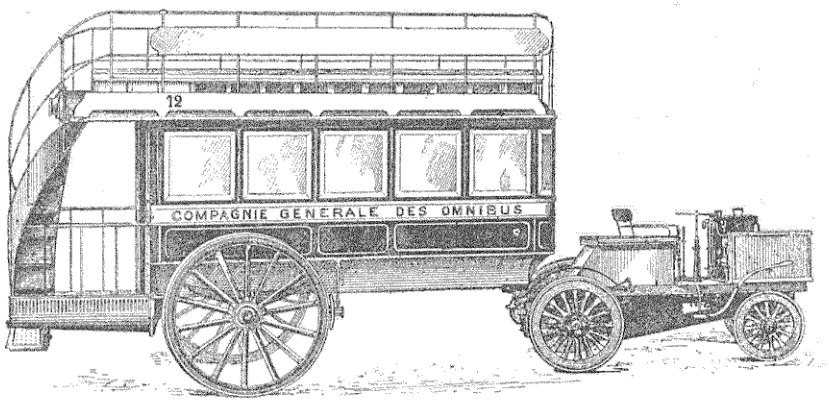


Fig. 187. — Tracteur à vapeur de Dion-Bouton traînant un omnibus.

riots remplis de marchandises, et faire un service commercial entre des localités dépourvues de tout moyen de communication. Le tracteur de Dion est une excellente locomotive routière, bien qu'elle ne soit pas aussi capable que d'autres systèmes (celui de Le Blant, par exemple) de donner des coups de collier énergiques, comme cela est souvent nécessaire pour démarrer sur les rampes ou dans les courbes.

294. — *Omnibus à vapeur Bollée.* — M. Bollée, fondeur de cloches au Mans, est l'un des plus anciens partisans et adeptes de la locomotion à vapeur routière, et nous avons pu voir dans ses ateliers les spécimens des premiers remorqueurs à grande puissance et les premiers modèles de voitures automobiles de plaisance. Nous ne nous occuperons ici que des omnibus à vapeur automobiles, qui remplaceraient avec de très sérieux avantages les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

patachès faisant le service de correspondance entre les gares et les localités éloignées de la ligne.

Le type de ces omnibus est représenté par la *Nouvelle*, véhicule construit en 1880 et qui montre à quelle perfection M. Bollée était arrivé à cette époque.

Cette voiture, qui a pris part à la course d'automobiles de Paris-Bordeaux-Paris en 1895, est arrivée neuvième, malgré un accident qui, presque au départ, l'avait mise hors de service (une bielle brisée). Et cependant, en arrivant dans ce rang, M. Bollée s'était classé à la tête des vaporistes qui effectuèrent le parcours.

C'est M. Bollée qui imagina et appliqua pour la première fois dans les voitures automobiles à quatre roues la *direction à deux pivots*, manœuvrés chacun par une came commandée par une chaîne, calculés de façon à donner des mouvements différents aux deux roues. Ce dispositif, qui a été copié ensuite par tous les constructeurs venus après M. Bollée, présente de sérieux avantages sur l'avant-train à cheville ouvrière. La voiture porte toujours sur un rectangle indéformable constitué par les deux roues de devant et les deux roues de derrière, et on obtient ainsi une très grande stabilité, quelles que soient les courbes et l'allure suivie.

La chaudière des voitures Bollée est à tubes Field, du même type que celles fabriquées pour les pompes à incendie à vapeur. On sait que ces tubes se composent, en principe, d'un tuyau pendentif en acier, bagué dans une plaque horizontale, et fermé à sa partie inférieure. Ce tuyau, dont la surface extérieure est léchée par les flammes du foyer, est rempli d'eau arrivant par un tube vertical et descendant jusqu'à quelques centimètres du fond. Il en résulte donc une circulation d'eau très active et une abondante production de vapeur. La vaporisation peut atteindre, par ce système, 100 kilogrammes d'eau par mètre carré de surface de chauffe et par heure. La mise en pression est très rapide, et la circulation énergique de l'eau dans les tubes empêche le dépôt des incrustations. La chaudière de l'omnibus à vapeur la *Nouvelle* mesure 70 centimètres de diamètre extérieur et contient 118 tubes pendentifs ; elle peut être mise en pression en 20 minutes ; elle est timbrée à 10 kilogrammes et produit de la vapeur surchauffée à 300 degrés.

Le moteur est constitué par deux cylindres, calés à 45 degrés, munis d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

distributeur rotatif équilibré permettant la détente et le changement de marche.

Leur diamètre est de 15 centimètres pour une course de 160 millimètres. Le moteur peut développer normalement 15 chevaux ; mais, à pleine admission, sa puissance peut s'élever jusqu'à 30 chevaux. Le poids total du véhicule en ordre de marche, avec le chauffeur, le conducteur, huit voyageurs avec leurs bagages, est de 4.800 kilogrammes.

La vitesse moyenne est de 25 à 28 kilomètres à l'heure, et peut atteindre 45 kilomètres en palier, sur une route bien entretenue. En résumé, cet omnibus est très bien compris, relativement léger par rapport avec sa puissance et sa vitesse, et il constitue un excellent véhicule automobile pour le transport en commun de quelques voyageurs.

L'omnibus à vapeur Weidknecht, récemment construit et qui a été expérimenté avec succès, en août 1897 à l'épreuve dit des Poids Lourds organisé par l'Automobile-Club de France, diffère peu de celui que nous venons de

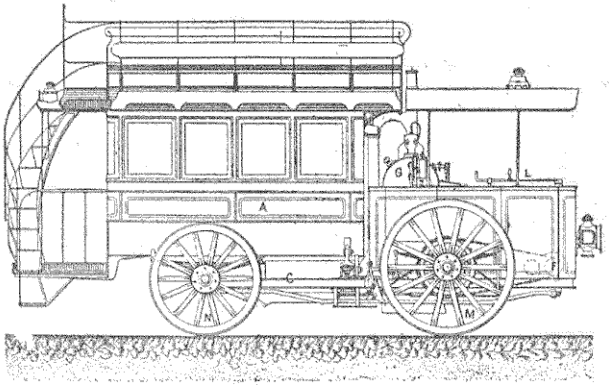


Fig. 188. — Omnibus à vapeur Weidknecht

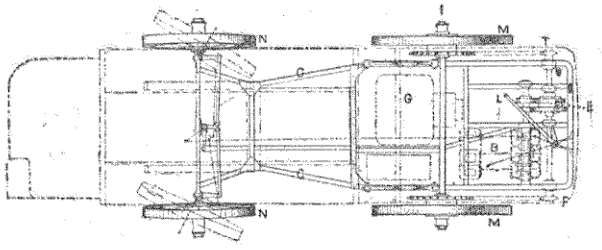


Fig. 189. — Plan du mécanisme.

décrire. Les figures 188 et 189 ci-contre montrent l'aspect de cet omnibus qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donne également une solution très heureuse au problème du transport sur routes, et en commun, d'un assez grand nombre de voyageurs.

295. — *Tracteurs à vapeur Maurice Le Blant.* — M. Le Blant a admirablement compris les conditions nouvelles auxquelles doit satisfaire la locomotive routière, et il a combiné un matériel de traction constituant le véritable chemin de fer sur routes de l'avenir. Le rail, la voie ferrée quelque rudimentaire qu'elle soit, est radicalement supprimée, et l'économie considérable réalisée de ce seul chef, rend plus réalisable les communications rapides entre localités éloignées, et dépourvues de trafic important.

C'est en 1894 qu'apparut le tracteur Le Blant, qui obtint le troisième prix de la course Paris-Rouen organisée par le *Petit Journal*. Voici quelques chiffres relatifs à cet appareil.

La voiture pesait à vide	2.700 kilog.
Outils, freins, provision de charbon.	300 —
600 litres d'eau	600 —
10 voyageurs et le chauffeur.	750 —
Total.	4.350 kilog.

Pendant le parcours de Paris-Rouen, la consommation de charbon fut, d'environ 3 kilogrammes par kilomètre parcouru, chiffre relativement élevé, dû au mauvais état de la grille, et qui à été abaissé depuis lors à 2 kilogrammes. La consommation d'eau est de 8 kilogrammes par kilomètre ; la provision emportée dans les bâches est donc suffisante pour une étape de 75 kilomètres. Le prix de revient de la traction, le personnel payé à part est de 25 centimes environ par kilomètre.

M. Le Blant n'a pas sensiblement modifié la disposition de ses véhicules jusqu'à présent, si ce n'est les roues motrices, dont il a diminué le diamètre afin de les rendre plus résistantes à égalité de poids. Ses moteurs surtout sont très remarquables, en raison de leur grande puissance qui leur permet de gravir les côtes les plus dures et ne pas s'arrêter en marche par le mauvais état d'une route détrempée et nouvellement rechargée. Ils peuvent donner, le cas échéant, un effort double ou triple de celui normal, et subir impunément les à-coups les plus rudes, grâce à leur grande élasticité.

Le générateur employé est du genre Serpollet, mais les tubes sont rangés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

différemment et ont une longueur de 1^{m},20, rarement atteinte dans les générateurs de cette espèce. Les tubes du bas, les plus chauffés, sont ronds et disposés en travers, de façon à avoir moins de longueur que les tubes du haut qui sont placés en long. Cette disposition a été adoptée pour éviter qu'une dilatation exagérée, par suite d'un chauffage intense ne fasse prendre aux tubes une courbure nuisible. Les tubes supérieurs sont courbés en forme de C comme dans le système Serpollet.

La surface de chauffe est de 12 mètres carrés, et la surface de grille de 60 décimètres, soit un rapport de 1/20 en ces surfaces. Ce rapport qui est le plus ordinairement de 1/30 a été forcé par M. Le Blant, de façon à prévoir les débits exagérés que l'on demande souvent au générateur. L'échappement se fait dans la cheminée pour activer le tirage, il est réglable à volonté. L'alimentation s'opère par injection d'eau, à l'aide d'une pompe à main dans les arrêts, et de deux pompes alimentaires actionnées par un petit cheval, pendant la marche. Le trop plein de l'eau retourne à la bâche par un clapet spécial.

Bien que le générateur ne fournisse régulièrement de la vapeur que pour produire 40 chevaux, le moteur du tracteur Le Blant est calculé pour développer une puissance maximum de 60 chevaux-vapeur, ce qui est nécessaire pour lui permettre de résister sans fatigue aux efforts résultant des coups de collier au moment du démarrage ou pendant la montée des côtes. Il en résulte une très grande souplesse d'allure, la chaudière pouvant, grâce au volume de chaleur emmagasiné, fournir de la vapeur à haute pression pendant le temps relativement court nécessaire à ce démarrage ou à cette montée, et même dépasser de beaucoup le débit nécessaire au moteur pour qu'il puisse donner ses 60 chevaux.

Le moteur est donc composé de deux cylindres dont les pistons agissent sur des manivelles calées à 90 degrés pour éviter le point mort. Chaque cylindre a 20 centimètres de diamètre et 220 millimètres de course. L'admission de la vapeur est opérée à l'aide de tiroirs cylindriques équilibrés la distribution est assurée par une coulisse Walshaërt, qui permet de marcher à divers degrés de détente, et même renverser le sens de rotation du moteur, de même qu'avec une coulisse Stephenson. En marche normale, la puissance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

développée n'est que de 20 chevaux, et le degré d'admission tombe à 15 % ; lorsque le moteur fournit ses 60 chevaux, la vitesse est de 180 tours par minute à la pression d'admission de 10 kilogrammes par centimètre carré. Le poids de ce moteur est de 900 kilogrammes ; les divers organes et le bâti sont en acier coulé, excepté le corps même du cylindre et les segments des pistons qui sont en fonte.

La transmission du mouvement du moteur aux roues motrices, se fait par chaînes travaillant à 2.000 kilogrammes de tension et pouvant supporter jusqu'à 5.000 kilogrammes sans se rompre. L'avant-train tout entier est mobile, et commandé par deux roues dentées et une chaîne ordinaire, dispositif qui permet de tourner très facilement et presque sur place, et présente plus de sécurité, vu le poids du véhicule, que les doubles pivots employés dans presque toutes les automobiles.

Voici maintenant les chiffres relatifs au tracteur de 60 chevaux que nous venons de décrire :

Tracteur.	Poids à vide	6.500 kilog.
	Provision d'eau	650 —
	— de charbon	250 —
Voiture remorquée.	Poids à vide	1.700 —
	Provision d'eau	600 —
	20 voyageurs assis	1.490 —
	Bagages et messageries	400 —
	Total	11.600 kilog.

Il est facile, dit M. Farman à qui nous empruntons ces documents, de déduire de ces chiffres et des formules mathématiques basées sur l'expérience, que, sur une route offrant un coefficient de traction de 0,2, on peut atteindre une vitesse de 20 kilomètres à l'heure avec une puissance moyenne de 30 chevaux. On a en effet, dans ce cas :

$$\text{Effort de traction} = 0{,}2 \times 11.600 \text{ kil.} = 232 \text{ kilogrammes.}$$

$$\text{Vitesse en mètres à obtenir} = \frac{2.000}{60 \times 60} = 5^{m},55.$$

$$\text{Puissance requise} = \frac{232 \times 5^{m},55}{75} = 31 \text{ chevaux-vapeur, environ.}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Le Blant a construit également des voitures de son système, non plus locomotives remorqueuses, mais automobiles. Leurs poids total est de 7 tonnes, elles contiennent 20 places assises et consomment 25 litres d'eau par kilomètre. Ces voitures paraissent, d'après les qualités particulières du générateur employé, tenir une des premières places parmi les véhicules à vapeur, et elles peuvent rendre les meilleurs services aux personnes qui auront l'initiative de substituer la traction mécanique à la traction animale, ou créer des services de correspondances par la route dans des pays où il serait trop onéreux de construire un chemin de fer d'intérêt local, lequel n'aurait, au surplus, qu'un trafic insuffisamment rémunérateur, comme par exemple sur certains chemins de fer départementaux que nous connaissons et dont l'exploitation est ruineuse.

296. — *Voiture Thornycroft.* — La question essentielle de tout véhicule routier est le moteur, qui doit être aussi énergique que possible et capable d'efforts brusques et répétés, tels que ceux que nous venons d'étudier. M. Thornycroft, l'inventeur de la remarquable chaudière employée pour les torpilleurs et les embarcations de toutes sortes, a songé à installer ce puissant générateur sur une voiture destinée au transport des voyageurs et des mar-

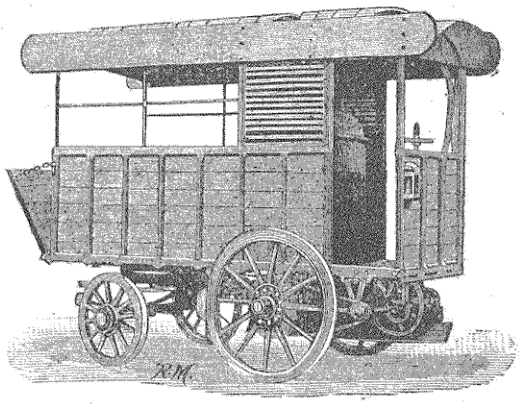


Fig. 190. — Voiture Thornycroft.

chandises comme la précédente. Le modèle qui vient d'être essayé est destiné à emporter, en plus du mécanisme et accessoires un poids d'une tonne environ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans cette voiture, le mécanisme de propulsion est placé à l'avant ; le moteur comprend deux petites machines compound verticales en tandem, avec cylindres de 51 et 102 millimètres et 76 millimètres de course. La transmission se fait par engrenages et chaînes et pignons, avec interposition d'un différentiel.

La chaudière est multitubulaire, avec tubes d'eau formant également barreaux de grille, du type qu'emploie M. Thornycroft sur les petites chaloupes à vapeur.

Les tubes ont 16 millimètres de diamètre extérieur, ils ont $4^{m2},6$ de surface de chauffe et 23 décimètres carrés de surface de grille ; sur le toit est placé un condenseur par surface, formé de tubes en cuivre ; il pèse 100 kg. environ, tient peu de place et est suffisant néanmoins pour condenser toute la vapeur employée, ce qui évite tout bruit désagréable ; on y conduit de même en cas de besoin la vapeur qui peut s'échapper de la soupape de sûreté. La chaudière est alimentée au moyen d'une pompe directement actionnée par les machines : l'eau est aspirée dans un réservoir relié au condenseur.

Le poids mort du véhicule en ordre de marche est de 1 t. 5 seulement.

La direction est commandée par engrenages et cercle de direction manœuvrés par un arbre vertical et un volant.

La longueur du véhicule est de $3^m,40$, dont $1^m,10$ seulement occupé par la chaudière et le mécanisme. La caisse repose sur ressorts munis d'articulations à leurs extrémités, ce qui donne à l'ensemble une très grande souplesse.

Comme combustible on emploie généralement le coke, et la chaudière est timbrée à 10 kg. 5.

Un dispositif spécial permet d'envoyer directement la vapeur dans les cylindres à basse pression pour faciliter les démarrages et aider à gravir les fortes rampes.

Divers essais effectués dans ces conditions ont donné d'excellents résultats et confirmé ce que nous vonons de dire au sujet du tracteur Le Blant, c'est que la vapeur reste jusqu'à ce jour, désignée pour les services exigeant un effort de traction considérable, tels que les transports de marchandises, les services publics réguliers, etc., dont le développement en France, n'est espé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rons-le, qu'une question de quelques mois, puisque nous avons nous aussi, les éléments nécessaires.

297. — *Le train Scotte.* — Une autre solution du problème de la traction mécanique sur route ordinaire, sans rails, applicable au transport en commun des voyageurs et des messageries et marchandises, a été donnée par l'ingénieur Scotte, dont le système permet de relier économiquement aux voies ferrées les localités non desservies par des diligences ou des tramways et d'installer des services réguliers sur des lignes, dont le trafic, insuffisant pour comporter les frais de construction d'une voie sur rails, peut cependant donner d'importants bénéfices lorsque la dépense est limitée au prix des véhicules circulant sur des routes ordinaires, enfin d'organiser économiquement des services temporaires pour les localités telles que : villes d'eaux, stations hivernales, etc., fréquentées seulement pendant une partie de l'année.

La Société qui construit et exploite ce système a établi deux types particuliers, que nous examinerons successivement et qui sont :

Le train Scotte à voyageurs, composé d'un omnibus à vapeur et d'une voiture remorquée, pouvant transporter ensemble 40 personnes à la vitesse moyenne de 12 à 15 kilomètres ;

Le train Scotte à marchandises, composé d'un tracteur et d'un chariot remorqué, pouvant transporter ensemble de cinq à six tonnes à la vitesse moyenne de 6 à 7 kilomètres.

Le train à voyageurs se compose :

1° D'une voiture motrice (omnibus à vapeur) pouvant porter 14 voyageurs et les deux servants de la machine.

Poids de la voiture vide avec tout l'appareil moteur, environ	3.500 kilog.
Longueur totale.	4m,20
Largeur à la ceinture	1m,80

2° D'une voiture attelée pouvant contenir 24 voyageurs.

Poids de la voiture vide	1.500 kilog.
Longueur totale.	4m,65
Largeur à la ceinture.	1m,80

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'omnibus à vapeur est à la fois tracteur et porteur. Il est d'une légèreté caractéristique qui a beaucoup contribué à son succès. Le poids utile à l'adhérence est fournit par les voyageurs qui prennent place dans le corps de la voiture placé à l'arrière du châssis.

L'appareil moteur situé à l'avant, occupe un espace restreint et n'a aucun contact avec les voyageurs. Il se compose d'une machine à vapeur verticale à deux cylindres, à détente variable, avec changement de marche et changement de vitesse.

Le moteur est alimentépar un générateur vertical d'un type spécial breveté, à grande production et à circulation rapide. La chaudière de la machine, dont on s'est attaché à réduire le poids, et le moteur sont sous les yeux et bien à la portée du chauffeur et du mécanicien ; elles sont, l'une et l'autre, d'une construction simple et d'une conduite facile. La marche avant ou arrière du véhicule est commandée par des chaînes en acier souples et robustes qui actionnent les roues d'arrière.

La direction est donnée par les roues d'avant qui pivotent chacune sur une fusée verticale. Ce mouvement est commandé par un volant à la main du mécanicien. La voiture motrice peut tourner suivant un cercle de $3^{m},50$ de rayon. La voiture remorquée suit exactement sa trace. Par une disposition spéciale, la vapeur de l'échappement et les gaz provenant de la combustion sortent à peu près invisibles de la cheminée.

L'omnibus à vapeur est muni d'un frein rapide mû par pédale et d'un frein à vis mû par volant. On peut encore, en cas urgent, faire agir le changement de marche. La voiture remorquée à voyageurs porte un frein américain. La caisse au combustible peut contenir 200 kilogrammes de coke ou de charbon, quantité suffisante pour quatre heures de marche. Le bâches d'alimentation, qui contiennent 200 litres d'eau, sont placées sous les banquettes et sous le plancher de la caisse à voyageurs.

La voiture motrice porte cinq appareils d'éclairage au pétrole : un falot d'avant éclaire la route ; une lampe de pavillon éclaire la machine et la chaudière ; deux lanternes carrées, diagonalement placées à l'avant et à l'arrière de la caisse des voyageurs, éclairent l'intérieur par des feux blancs et projettent à l'extérieur un feu vert à l'avant et un feu rouge à l'arrière. Une petite lampe à main éclaire en outre la chaudière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

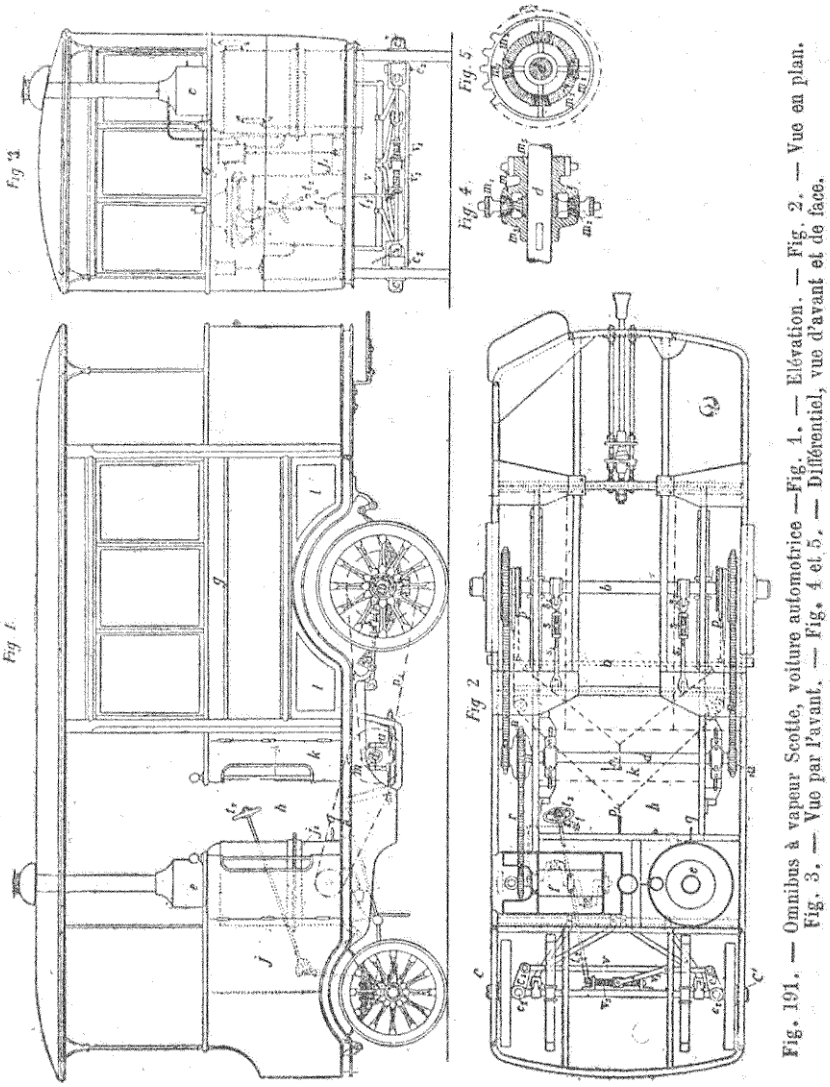


Fig. 191. — Omnibus à vapeur Scotte, voiture automotrice —Fig. 1. — Elévation. — Fig. 2. — Vue en plan. Fig. 3. — Vue par l'avant. — Fig. 4 et 5. — Différentiel, vue d'avant et de face.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La voiture remorquée, où les voyageurs prennent place, porte deux lanternes carrées, semblables à celles de la voiture motrice, qui est pourvue de la trompette d'avertissement réglementaire. Toutes les pièces mécaniques sont étalonnées avec soin, de manière à permettre de les remplacer facilement après usure ; elles sont interchangeables. Enfin le prix d'un train complet est de 26.000 francs et celui de la voiture motrice seule (omnibus à vapeur, de 22.000 francs.

Dans le train à marchandises, le mécanisme moteur est semblable à celui de l'omnibus à vapeur. La forme et la disposition des caisses varient suivant la nature des marchandises à transporter. La puissance motrice est la même et ces trains peuvent remonter, avec leur chargement des rampes de 6 millimètres par mètre, avec une grande souplesse de direction qui permet de les faire circuler même sur les voies les plus encombrées.

298. — *Comparaison des divers systèmes de traction entre eux.* — Quel que soit le mode de traction qu'on lui applique, l'établissement d'un service de tramway comporte, pour la fourniture et la pose de la voie, une dépense minimum de 21.000 francs par kilomètre. Comme la mise en place de la voie nécessite le plus souvent des remaniements de la chaussée et des ouvrages d'art, la dépense s'élève généralement à un prix supérieur à 30.000 francs. On voit que, pour des distances, variant entre 5 et 28 kilomètres, qui séparent généralement les points extrêmes à relier, la dépense de premier établissement exige un capital important dont l'intérêt et l'amortissement grèveront l'exploitation pendant toute la durée de la concession. La solution pourra être excellente si la ligne est susceptible d'un grand trafic. Il n'en sera plus de même si le trafic est sans importance. L'expérience montre que les lignes dont l'exploitation a donné lieu à des mécomptes sont nombreuses. Sans prétendre qu'il ne reste plus à construire de lignes de tramways dont l'exploitation soit rémunératrice, on peut affirmer que, parmi les services restant à établir, les plus nombreux sont ceux dont le trafic ne comporte pas une dépense de voie de 30.000 francs par kilomètre.

C'est à ce genre de service particulier que s'appliquent admirablement les divers systèmes de tracteurs à vapeur que nous venons d'étudier, et dont les frais de premier établissement se limitent au prix du matériel roulant et à la dépense de la remise abritant ce matériel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le train Scotte partage, avec les omnibus à chevaux (Cars-Ripert) et les diligences, les avantages résultant de l'économie de la voie ferrée et du changement facultatif d'itinéraire ; mais il a sur les modes de transport employant la traction animale une très grande supériorité, car il fait disparaître l'aléa redoutable auquel est exposée toute industrie qui emploie de la cavalerie.

On sait que le prix des chevaux, leur entretien délicat et les variations du prix de la ration mettent chaque année ces exploitations à la merci d'une épizootie ou même d'une récolte médiocre. La traction mécanique est à l'abri de pareilles incertitudes ; les tableaux comparatifs ci-après montrent, en outre, qu'elle est notablement plus économique. Pour l'établissement de ces tableaux on a supposé :

1° Que la ligne à exploiter a une longueur de 10 kilomètres ;

2° Que chaque train doit pouvoir transporter trente-huit voyageurs ;

3° Que chaque train effectuera un trajet journalier de quatre-vingts kilomètres.

1° *Tramways à vapeur sur rails.*

FRAIS D'INSTALLATION

10 kilomètres de voie à 30 000 francs le kilomètre.	300.000 fr.
2 automobiles à vapeur sur rails à 24.000 francs.	48.000
1 — — en réserve	24.000
Bâtiments et plaques tournantes.	12.000
Capital engagé. . .	384.000 fr.

FRAIS D'EXPLOITATION

Amortissement à 10 % 38.400 francs Intérêts à 5 % . . . 19.200 —	57.600 fr.
Dépenses pour un parcours journalier, par voiture, de 80 kilomètres :	
On compte pour les frais de traction et l'entretien 0 fr. 55 par kilomètre-voiture et par jour ; et pour le parcours annuel de deux voitures :	
$44 \times 2 \times 365 =$	32.120
Frais annuels d'exploitation. . .	89.720

2° *Tramways sur rails avec chevaux.*

FRAIS D'INSTALLATION

10 kilomètres de voie à 30.000 francs le kilomètre.	300.000 fr.
2 voitures tramways à 4.000 francs.	8.000
1 — — en réserve	4.000
Bâtiments, écuries, remises.	12.000
10 chevaux à 800 francs.	8.000
Capital engagé.	332.000 fr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FRAIS D'EXPLOITATION

Amortissement à 10 % 33.200 francs Intérêts à 5 % . . . 16.600 —	. . .	49.800

Dépenses journalières :

10 chevaux à 3 francs par jour. . .	30 francs.	
2 palefreniers à 3 fr. 50.	7 —	
2 conducteurs à 4 francs.	8 —	
2 contrôleurs à 3 fr. 50.	7 —	
Entretien, matériel et chevaux . .	10 —	
Total par jour. . .	62 francs.	
Dépenses annuelles : 62 francs × 365 jours =. .		22.630
Frais annuels d'exploitation. . .		72.430

3° *Omnibus avec chevaux et sans rails (Cars-Ripert).*

FRAIS D'INSTALLATION

4 Cars-Ripert (20 places), à 4.000 francs. . .	16.000 fr.
1 — en réserve.	4.000
24 chevaux à 800 francs.	19.200
Écurie et remise.	15.000
Capital engagé.	54.200

FRAIS D'EXPLOITATION

Amortissement à 10 %. 5.420 francs. Intérêts à 5 %. . . . 2.710 —	. . .	8.130

Dépenses journalières :

24 chevaux à 3 francs par jour. . .	72 francs.	
5 palefreniers à 3 francs par jour . .	15 —	
4 cochers à 4 francs par jour . . .	16 —	
4 contrôleurs à 3 fr. 50 par jour . .	14 —	
Entretien (matériel et chevaux). . .	20 —	
Dépenses par jour. . . .	137 francs.	
Dépenses annuelles 137 francs × 365 jours. . .		50.005 fr.
Frais annuels d'exploitation. . .		58.135

4° *Traction mécanique sur route sans rails.*

FRAIS D'INSTALLATION

1° *Tracteurs à vapeur Le Blant.*

2 tracteurs de 30 chevaux à 17.500 francs. . . .	35.000 fr.
4 voitures remorquées fermées à 5.000 francs. . .	20.000
1 voiture automobile de réserve.	20.000
Bâtiment pour remise, et gare terminus	8.000
2 fourgons à marchandises à 2.000 francs . . .	4.000
Total.	87.000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Trains-Scotte.*

2 omnibus à vapeur à 22.000 francs.	44.000 fr.
4 voitures remorquées fermées à 4.000 francs . .	16.000
1 automobile de réserve	22.000
2 fourgons à marchandises à 1.500 francs. . . .	3.000
Bâtiment pour remiser et gare terminus	8.000
Total.	93.000 fr.

FRAIS D'EXPLOITATION

600 kilogrammes de charbon à 40 francs la tonne. . .	24 fr.
Huile de graissage.	4
2 mécaniciens-conducteurs à 6 francs par jour. . . .	12
2 chauffeurs et 2 receveurs à 5 francs par jour. . . .	20
Entretien du matériel et divers.	10
Amortissement de 90.000 francs à 10 %.	24 65
Intérêts à 5 %.	12 35
Total. . . .	107 fr,00

FRAIS ANNUELS D'EXPLOITATION : $107 \times 365 = 39.055$ francs.

299. — *Tableau comparatif (Résumé).*

DÉSIGNATION	Capital engagé	Amortissement Intérêts	Frais annuels d'exploitation	Total des frais annuels
Tramways à vapeur sur rails. .	384.000	57.600	32.120	89.720
Tramways sur rails à traction animale	332.000	49.800	22.630	72.430
Omnibus, sans rails à traction animale	54.200	8.130	50.005	58.135
Traction à vapeur sur routes sans rails.	90.000	13.500	25.500	39.055

Ajoutons, pour terminer avec les omnibus et tracteurs à vapeur sur routes que le système Le Blant et le train Scotte ont été soumis à de nombreuses expériences qui ont démontré leurs qualités. Le premier a été essayé entre Saint-Germain et Poissy, puis à Rouen sur toutes les côtes qui entourent la ville. Le second a été expérimenté dans la Meuse, puis entre Saint-Germain-en-Laye et Ecquevilly, distants de 15 kilomètres. Les résultats ont été

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

excellents et ils permettent de croire à l'avenir de cette application de la vapeur aux transports, et à la solution économique de la locomotion routière.

300. — *Omnibus à pétrole de la Compagnie générale des Automobiles.* — Si l'automobile ne devait s'adresser qu'à une clientèle de luxe, cette industrie n'aurait qu'un développement fort limité, disions-nous au commencement de ce chapitre. Les constructeurs sont si bien de cet avis que, tout en édifiant des voitures de promenade : breaks, phaétons ou fiacres automobiles, ils étudient l'omnibus pour le transport en commun des voyageurs. M. G. Pierron, vice-président du *Touring Club* de France, constate le fait dans un récent article et il ajoute :

« ... C'est là de la bonne, féconde et utile besogne, car c'est dans les transports lourds que l'automobile prouvera son incontestable supériorité.

« Il est certain que les tramways sur route, d'intérêt local... et électoral, d'un établissement et d'un entretien ruineux, seront avant longtemps remplacés par des diligences automobiles dont les entrepreneurs gagneront de l'argent, alors que certains chemins de fer sur routes perdent annuellement des sommes énormes.

« Il n'est pas moins certain qu'à brève échéance, de petits omnibus automo-

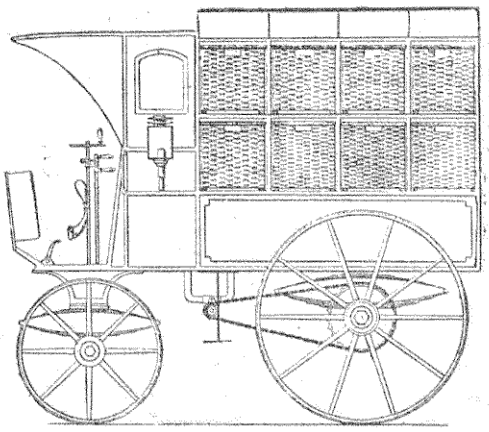


Fig. 192. — Voiture de livraison à pétrole de la Compagnie Générale des automobiles.

biles desservant les gares et faisant le service de correspondance seront, petits rabatteurs rapides, les précieux auxiliaires de nos grands réseaux de chemins de fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Mais au risque de paraître paradoxal, je soutiens que *dans certains cas*, les automobiles seront supérieures aux chemins de fer pour le transport des marchandises. »

Nous venons de voir les efforts, d'ailleurs couronnés de succès, de quelques ingénieurs dans cette voie, et les nouvelles machines à vapeur ont donné là encore une preuve de leur valeur. Cependant, on a essayé de leur substituer le moteur à la mode, le moteur à essence de pétrole, qui est appliqué à toutes les automobiles de plaisance, et on a construit des omnibus pourvus de machines de ce genre. Tel est l'omnibus de la Compagnie générale des Automobiles, où la machine à vapeur est remplacée par un moteur Triouleyre, placé sous la caisse de la voiture et actionnant les roues motrices par une chaîne. Le conducteur est assis à l'avant, dans une loge vitrée de forme triangulaire, pour diminuer l'effort de la résistance de l'air ; il a à sa portée tous les leviers de direction et de commande du moteur. La voiture peut recevoir douze voyageurs confortablement assis, et dont les bagages sont placés sur la toiture, sous une bâche imperméable.

Cet omnibus est certainement très bien compris et son agencement montre qu'il est dû à un ingénieur connaissant à fond toutes les ressources de son art. Mais nous craignons cependant un insuccès dû à la nature du moteur employé, qui ne présente aucune des qualités de puissance et de souplesse de la vapeur. L'avenir décidera, mais jusqu'à présent la vapeur semble supérieure, pour cette application, au pétrole.

301. — *Tracteur à vapeur Lepape.* — M. Lepape, lui, a cru trouver la solution du problème de la locomotion automobile dans l'emploi de tracteurs à moteurs à pétrole, destinés à remorquer une voiture de forme quelconque. Cela n'est guère admissible pour la locomotive de plaisance ; pour les services industriels et les transports de marchandises, le moteur à pétrole sera plutôt insuffisant, car il aura une marche plus irrégulière que la machine à vapeur, il fera plus de bruit et la diminution du poids due à la suppression du générateur, n'offrira aucun avantage et aura l'inconvénient de diminuer l'adhérence et par conséquent la charge à remorquer. Cependant, constatons que les dispositions mécaniques du tracteur Lepape sont très bonnes et pourraient être appliquées avec succès à un omnibus ou à un tramway automobile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moteur comporte trois cylindres calés à 120 degrés l'un de l'autre pour réduire les trépidations et uniformiser le couple moteur. L'admission et l'échappement se font par des soupapes, l'allumage du mélange explosif s'opère électriquement. La transmission s'effectue par un embrayage mettant en contact deux plateaux disposés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre ; la friction est assez énergique pour produire l'entraînement. L'adhérence est proportionnelle au travail transmis, et le conducteur n'a qu'à approcher ces plateaux pour les mettre en prise : la pression nécessaire se produit automatiquement. La direction est donnée par les roues d'arrière montées sur pivot et actionnées au moyen d'un levier particulier, disposé à proximité du conducteur.

Une disposition analogue de tracteur a été exposée au Salon du Cycle de 1896 par M. Prétot. Dans ce système, le moteur à pétrole avec ses accessoires, était enfermé dans une caisse sous l'avant-train de la voiture qui affectait la forme d'un coupé ordinaire.

Tels sont les divers appareils expérimentés dans le cours de ces dernières années et proposés pour remplacer les tramways à traction de chevaux et les chemins de fer économiques. La comparaison que nous avons faite entre les différents systèmes montre quels avantages la traction mécanique, surtout celle s'effectuant avec des moteurs à vapeur, présente sur les autres procédés. Aussi peut-on croire à l'avenir de ces applications qui donneront une extension encore plus considérable à l'industrie des transports.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V

LES VOITURES AUTOMOBILES DE PLAISANCE

302. — *Voitures à vapeur.* — On peut dire que c'est le succès de la vélocipédie qui a décidé de l'avenir de l'automobilisme, tombé dans le discrédit depuis Trevithick et Vivian, en 1820, par suite de l'extension immense prise par la locomotion sur voies ferrées. L'exercice du cyclisme est charmant mais quelque peu fatigant, aussi était-il tout indiqué de remplacer la légère machine à deux ou trois roues, actionnée par la seule force de son cavalier, par une voiturette élégante pouvant circuler à grande vitesse sur les routes sans exiger aucune dépense de force de la part de son conducteur. Ainsi l'automobilisme donne les mêmes agréments et les mêmes avantages que la bicyclette procure aux adeptes de la vélocipédie. Ce n'est certes pas banal que de disposer d'une monture qui ne fatigue pas, de pouvoir parcourir à son gré les routes les plus pittoresques, les sites les plus agréables et de pouvoir s'arrêter quand bon vous semble pour repartir ensuite à la recherche de pays nouveaux. C'est donc surtout au point de vue de l'agrément et du tourisme que l'on peut prévoir un grand avenir aux voitures automobiles légères. D'autre part, comme elles constituent un moyen de locomotion routière de plus en plus en vogue, nous devions leur consacrer un chapitre pour montrer rapidement l'état de la question et les avantages ou inconvénients des divers systèmes actuellement en présence.

Au début, les voitures automobiles furent actionnées par des machines à vapeur, dont le mécanisme avait été allégé autant que possible. Telles furent la calèche à vapeur Bollée, le tricycle de Dion et les voitures Mérelle, le phaéton Serpollet et le tricycle Roger de Montais. Mais les multiples incon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vénients de ces moteurs en réduction, résultant de la difficulté de l'alimentation et du poids de l'approvisionnement d'eau et de charbon nécessaire, découragea les automobilistes, qui se rejetèrent alors sur le moteur à essence de pétrole. La vapeur paraît donc être réservée aujourd'hui à la traction des

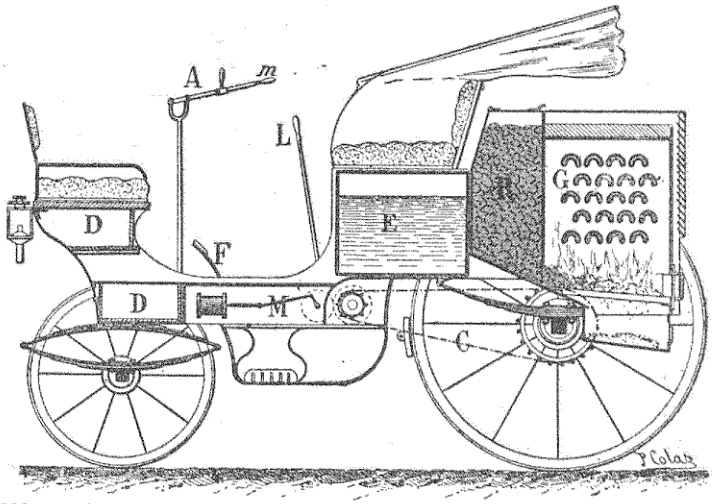


Fig. 193. — Coupe du phaéton à générateur à vaporisation instantanée système Serpollet
Légende. — A, levier de direction. C, chaîne de traction. G, chaudière. M, Moteur. F, pédale du frein. E, réservoir à eau. L, levier de commande.

véhicules pesants, aux chemins de fer sur routes, et les voitures de plaisance sont presque toutes actionnées par la gazoline, qui n'exige, comme générateur qu'un carburateur très simple et léger, et peut être mise entre les mains de tout le monde sans exiger aucunes connaissances spéciales.

Nous allons donc passer en revue les principaux modèles de voitures automobiles à pétrole pour la locomotion sur routes et dans les villes, et les fiacres électriques, qui, tôt ou tard, détrôneront tous les autres systèmes, en raison de leur facilité de manœuvre.

303. — *Voitures Panhard et Levassor.* — Depuis douze ans, cette importante maison construit des voitures automobiles à pétrole pour lesquelles elle a adopté le moteur de Daimler, qui a monté lui-même l'usine Panhard et mis en train la fabrication. Pour apprécier la valeur de ces véhicules, il suffit de rappeler qu'ils ont constamment gagné les premiers prix dans toutes les courses importantes de voitures automobiles organisées ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

années dernières : Paris-Rouen, Paris-Bordeaux et retour, Paris-Marseille et retour, etc., ont été autant de succès et ont placé au premier rang le moteur Daimler et les voitures Panhard. Dans la course Paris-Bordeaux notamment, la distance de 1.200 kilomètres fut couverte en 48 heures trois quarts, soit à une allure moyenne de 25 kilomètres à l'heure. Que peut-on demander de plus, et quelle est même la locomotive qui pourrait faire le trajet de Paris à Bordeaux, aller et retour, sans se reposer et laisser refroidir ses organes échauffés et grinçants. Il n'y en a probablement pas.

Le moteur Daimler comporte deux cylindres, légèrement inclinés l'un par rapport à l'autre, et fonctionnant simultanément. Pendant que l'un se trouve à la période d'explosion, l'autre aspire le mélange gazeux qui doit être brûlé pendant la course suivante du piston. A chaque tour, il y a donc une explosion dans un cylindre ou dans l'autre, ce qui assure une vitesse assez constante au moteur sans l'emploi d'un lourd volant. Le cycle est à quatre temps, comme dans les moteurs à gaz Otto ; l'allumage du mélange explosif (vapeurs de gazoline à 700) s'opère par un tube de platine porté à l'incandescence par un brûleur spécial qui, à l'aide d'un tiroir ou d'une soupape, mis en contact avec le mélange au moment voulu. Il n'y a pas de graisseur : deux soupapes, l'une pour l'admission l'autre pour l'échappement, une circulation d'eau pour le refroidissement du cylindre et une grande vitesse de rotation sont les caractéristiques de ce moteur auquel on peut surtout reprocher d'être mal équilibré, ce qui donne lieu à une trépidation fatigante, bien que tout le mécanisme se trouve suspendu sur des ressorts fixés à la caisse de la voiture. La transmission s'opère soit, par engrenages démultiplicateurs de différents diamètres, pour pouvoir disposer de plusieurs vitesses de marche, le moteur donnant cependant toujours le même nombre de coups de piston à la minute. Le dernier pignon communique avec l'essieu par une chaîne Galle passant sur une roue dentée.

La maison Panhard Levassor construit de nombreux types de voitures dont le moteur a été récemment très amélioré. Parmi ses modèles à deux, quatre ou six places, citons la wagonnette, le phaéton, le coupé, la victoria, le mylord, etc. Toutes les formes de carrosserie ont été employées, et la célèbre usine, a même établi des voitures de commerce et de livraison, et des camions pourvus du moteur à pétrole.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'embrayage s'exécute au moyen d'un manchon commandé par un levier placé à portée de la main du conducteur et, suivant qu'on met ainsi en rapport l'arbre intermédiaire actionné par la machine avec l'une ou l'autre de ces roues, on obtient une vitesse différente. Un second levier permet ensuite d'embrayer ou de débrayer d'un seul coup la paire d'engrenages coniques

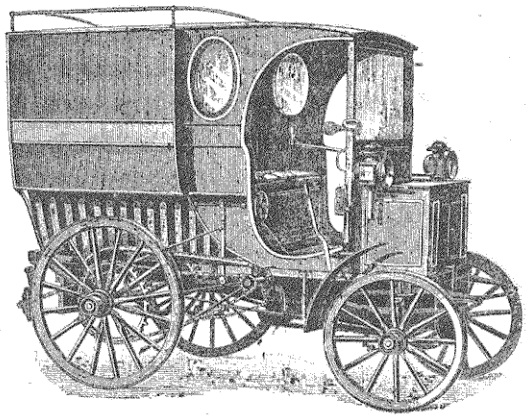


Fig. 194. — Omnibus à pétrole de Panhard et Levassor.

qui transmet le mouvement de rotation du moteur à l'essieu moteur par l'intermédiaire d'une chaîne Galle. L'arrêt complet et presque instantané de la voiture est assuré par ce débrayage et par un frein à friction, constitué par une bande métallique entourant la circonférence d'une poulie montée sur l'essieu moteur.

Dans le type de voiture à deux places, le moteur est placé à l'avant, dans une caisse étanche à soupape. L'essieu des roues motrices, placé en arrière, est pourvu d'un mouvement différentiel pour faciliter le passage de la voiture dans les courbes. Le carburateur est appliqué contre la paroi postérieure de la caisse, un peu au-dessous du robinet servant de régulateur à main pour l'admission. La provision de gazoline renfermée dans ce carburateur est suffisante pour assurer la marche pour un voyage de 80 kilomètres. Le moteur de la voiture à deux places développe environ 3 chevaux et pèse 200 kilogrammes avec son mécanisme. Le poids total du véhicule en charge ne dépasse pas 600 kilogrammes.

Tel est l'agencement du modèle de voiture mécanique le plus répandu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais en regard d'avantages indéniables, le système Panhard présente de sérieux inconvénients, dus à la complication du moteur, dont les soupapes s'encrassent et se détraquent, au changement de vitesse dont les dentures se rompent sous un effort brusque de démarrage, enfin à la trépidation constante due à la position verticale du moteur, et à la mauvaise odeur de la gazoline.

304. — *Voitures de Peugeot frères.* — Si le moteur Daimler ne cons-

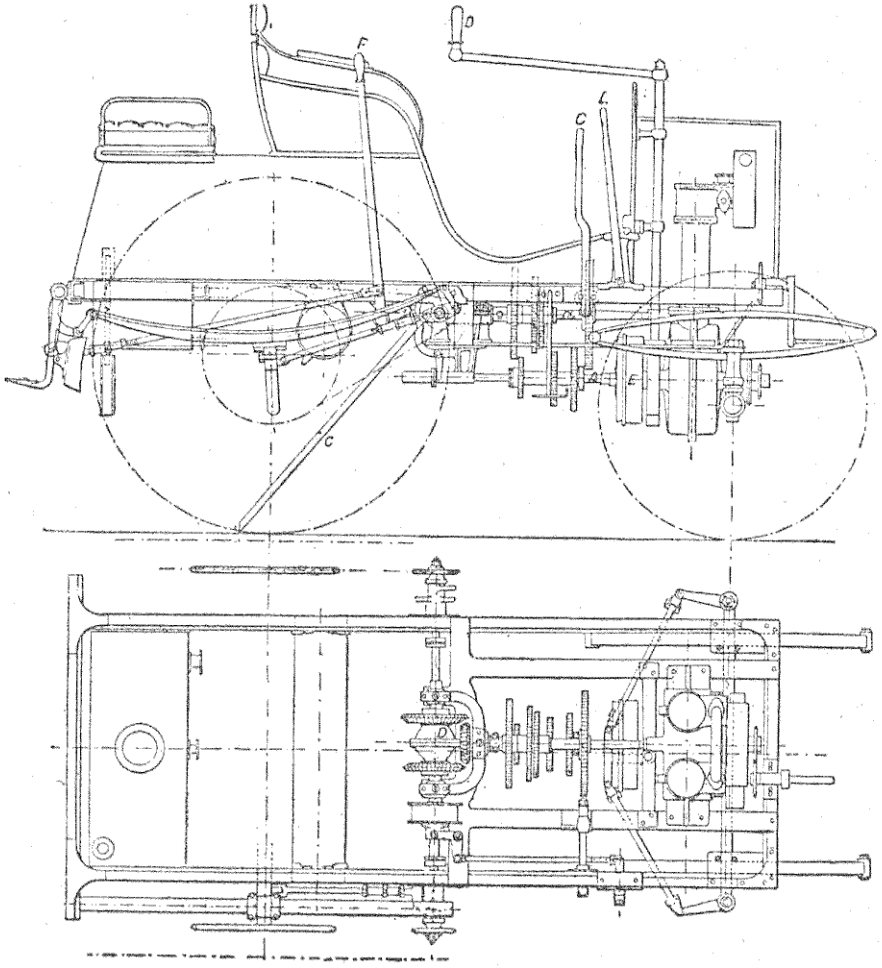


Fig. 195 et 196. — Mécanisme de la voiture à pétrole Peugeot en élévation et en plan.

titue pas, il faut bien le reconnaître, le meilleur dispositif existant pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'utilisation des hydrocarbures et la production de la force motrice, il n'en présente pas moins une construction simple et pratique, surtout s'il s'agit d'un usage constant et à poste fixe. En ce qui concerne l'application à la traction, les inconvénients que l'on peut reprocher à tous les systèmes à explosion reparaissent; nous venons d'énumérer ces défauts et nous n'y reviendrons pas.

Il était tout naturel que les constructeurs venant après les premiers initiateurs de ce genre d'appareils portassent leurs efforts sur les moyens propres à améliorer, et à simplifier surtout, les mécanismes de production et de transmission de l'énergie motrice Nous décrivons donc les véhicules de la maison Peugeot frères, qui ont remporté *ex-æquo* avec les voitures Panhard Levassor le premier prix dans plusieurs courses de voitures automobiles.

Après avoir étudié soigneusement les diverses sources de puissance motrice MM. Peugeot fixèrent leur choix sur la gazoline, qui donne les meilleurs résultats avec les moteurs fixes de Lenoir, Forest, Tenting, Niel, etc. Le dispositif Daimler, avec son appareillage de transmission, leur parut le plus convenable, et dès 1891 un premier véhicule était construit et essayé avec plein succès. L'expérience montra ensuite les perfectionnements à apporter à l'ensemble de ce mécanisme, et il faut reconnaître que les modèles actuels de voitures à deux et quatre places, à pétrole, de la maison Peugeot, sont aussi parfaits que le permet l'emploi de ce genre de moteur.

Au point de vue mécanique, il y a peu de différence entre la voiture Panhard et celle de Peugeot Nous y retrouvons le moteur Daimler à deux cylindres, avec le même mode de transmission que précédemment, mais ici le moteur est placé à l'arrière de la voiture au lieu de l'être à l'avant. Le centre de gravité est reporté plus en arrière vers l'essieu moteur et les trépidations se trouvent considérablement diminuées.

La direction de l'essieu brisé des roues d'avant est obtenue à l'aide d'un levier surmonté par un guidon placé devant le conducteur, et qui commande, par l'intermédiaire d'un pignon denté, la crémaillère agissant sur les roues de l'avant-train à l'aide de bielles à fourches.Un simple mouvement du guidon à droite ou à gauche permet ainsi de diriger la voiture. Une bielle spéciale, fixée sur le levier, commande le mécanisme de changement de vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'on la repousse vers l'avant, elle embraye la grande vitesse; ramenée vers le conducteur elle donne la plus petite. Un verrou à ressort s'engage dans les crans d'un secteur denté et permet d'arrêter le levier dans diverses positions correspondant aux diverses vitesses que l'on veut avoir.

Ainsi établie, la voiture Peugeot a un fonctionnement régulier, une direction sûre et facile, et une vitesse qui peut atteindre 18 kilomètres à l'heure pour le même modèle à quatre places avec moteur de 3 chevaux. Ce serait l'idéal du genre, sans les ennuis dus à l'emploi du moteur à gazoline.

305. — *Voiture Gauthier.* — Dans la voiture de M. Gauthier, la disposition générale ne diffère pas sensiblement de celle adoptée dans les types Peugeot et Panhard. Les modifications ne portent que sur des détails secondaires tels que le mode d'embrayage des roues, la direction, le freinage, etc. Voici la description de ces améliorations d'après la *Revue des Inventions nouvelles*.

Les pignons en bronze, commandant les roues pour le changement de vitesse, sont fous sur leur arbre et restent constamment en contact avec ces roues. Ils portent sur une de leurs joues une saillie occupant environ 1/3 de la circonférence; l'arbre porte lui-même trois saillies semblables, dont chacune peut, suivant qu'on repousse l'arbre dans un sens ou l'autre, venir en contact avec celle du pignon correspondant et provoquer son entraînement.

Le mouvement de translation de l'arbre est obtenu au moyen d'un levier placé à portée de la main du conducteur et qui produit en même temps le débrayage du moteur. Comme toutes les dentures sont toujours en contact, on évite les chocs brusques, souvent à craindre dans les systèmes analogues, surtout si le conducteur est peu familiarisé avec la direction de ce genre de machines.

Outre le frein à bande commandé par la pédale placée près du siège du conducteur, M. Gauthier a muni sa voiture d'un frein à mâchoires actionné par un petit levier à main et agissant sur une poulie calée sur un arbre intermédiaire parallèle à l'essieu d'arrière, lequel porte aussi le mouvement différentiel facilitant le passage des roues motrices dans les courbes de faible rayon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les voitures à quatre places, le nombre de changements de vitesses est porté à quatre, de sorte que l'on peut marcher à 3 1/2, 6, 12 et 18 kilomètres à l'heure, suivant la nature des routes.

306. — *Voiture Roger.* — Elle possède comme moteur le type de Benz, qui présente l'avantage de donner une explosion, et, par suite, une action motrice à chaque course du piston, tandis que, dans la plupart des autres modèles, il n'y a une explosion que tous les deux tours. Le cylindre agit dans la position horizontale pour éviter la trépidation causée dans le dispositif dit à pilon : l'alimentation se fait à l'aide de pétrole ordinaire.

La voiture, en forme de vis-à-vis, est d'un modèle à la fois élégant et solide ; elle est à quatre places et a la force de quatre chevaux. Sa direction est d'une facilité telle, qu'elle peut être conduite par un enfant ; son système d'embrayage et de frein la mettent à même d'être arrêtée instantanément.

Tout le système moteur est placé dans une caisse à l'arrière peu encombrante et qui en s'ouvrant met tout le mécanisme à découvert, donnant une grande commodité de nettoyage, qui du reste n'a pas besoin d'être effectué souvent.

La consommation est assez minime ; elle ne dépasse pas, paraît-il, trois centimes par kilomètre de parcours.

307. — *Voiture de Tenting.* — M. Tenting est un habile mécanicien, qui s'est appliqué depuis plusieurs années à édifier des moteurs à gaz et à pétrole vraiment industriels et a obtenu d'excellents résultats par leur application à la navigation d'abord, à la traction des véhicules ensuite.

La voiture qu'il a construite, et avec laquelle il a pu atteindre des vitesses de 40 kilomètres à l'heure, a la forme d'un vis-à-vis à quatre places. Le moteur est disposé horizontalement, il fonctionne à quatre temps suivant le cycle ordinairement employé dans ce genre d'appareils, et sa construction a été aussi simple que possible.

L'admission s'effectue par une soupape automatique et le réglage s'opère par une action sur la soupape d'échappement, qui se ferme et empêche toute arrivée de gaz jusqu'à ce que l'action cesse ; enfin l'allumage est assuré par une étincelle électrique fournie par une pile placée dans le coffre.

C'est à l'arrière du bâti, entre les roues motrices, que le moteur est installé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le mouvement circulaire de l'arbre, régularisé par un volant, est transmis aux roues par l'intermédiaire d'un pignon et d'une chaîne s'enroulant sur un plateau creux où se trouve un mouvement différentiel.

Le pignon se trouve réuni solidairement avec un disque mobile sur un arbre horizontal et mis en mouvement par son frottement entre deux plateaux horizontaux, disposés dans un plan perpendiculaire, et mobiles également sur les deux arbres horizontaux qui les portent. Ces plateaux glissent à l'intérieur du moyeu sur deux roues dentées coniques, qui leur donnent le mouvement qu'elles reçoivent d'une grande roue conique calée sur l'arbre-manivelle, mis en mouvement par les pistons du moteur.

Ce dispositif supprime les engrenages et permet d'obtenir, suivant la position qu'occupe le disque moteur, soit la marche avant, soit la marche arrière, à des vitesses variables, soit l'arrêt, le moteur lui-même continuant à fonctionner. Ces différents mouvements et variations de vitesse sont commandés par un levier de manœuvre placé sur le véhicule à portée de la main du conducteur. L'embrayage s'obtient à l'aide d'une pédale spéciale.

Un frein agit sur le plateau creux contenant le mouvement différentiel, par suite sur les roues motrices. Son action est des plus énergiques, quoique sans brusquerie ; il est actionné par une pédale spéciale placée près du conducteur. Le système de direction, est fort ingénieux : il repose sur la combinaison d'un ensemble de bielles reliées à un levier placé à portée de la main du conducteur de la voiture et commandant le mouvement à essieu brisé, faisant pivoter les roues sans qu'aucun ripage puisse se produire par l'effet de cette rotation, la voiture marchant même en grande vitesse. Les secousses sont presque entièrement éteintes au guidon de manœuvre et le véhicule est d'une direction aussi aisée et aussi douce qu'une bicyclette. L'alimentation d'air carburé s'effectue à l'aide d'hydrocarbures liquides renfermés dans un carburateur pouvant assurer une marche continue de dix heures.

Disons pour conclure, que l'inventeur a exécuté de nombreux et longs parcours avec cette voiture, sans avoir jamais eu d'accidents de route, et avec une très grande économie qui montre bien la valeur de cette application du moteur à pétrole.

308. — *Voitures automobiles à pétrole, systèmes divers.* — En

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

raison de l'engouement subit du public pour les véhicules de plaisance à traction mécanique, les premiers constructeurs d'automobiles à pétrole se sont vus débordés de commandes, et la conséquence directe de cet ordre de choses a été une concurrence effrénée, entre les carrossiers et les mécaniciens. Chaque année, l'automobilisme occupe une plus grande place au Salon du Cycle, et le nombre de modèles de voitures en tous genres mues par le pétrole s'accroît hors de toute mesure. Citons parmi les plus récents modèles et qui nous ont paru les mieux combinés et capables de rendre les services attendus :

La voiture Delahaye, de Tours, dont le moteur, de conception et de fabrication française, peut rivaliser avec le Daimler, a une forme élégante et un avant-train élancé qui habitue l'œil à l'absence des chevaux. Son bâti est en tubes d'acier le moteur est bien équilibré et la transmission de mouvement se fait par courroies.

Les automobiles Léo, de M. Lefebvre commencent à être appréciées : elles possèdent le moteur à pétrole le *Pygmée*, dont la construction est très remarquable, et qui présente l'avantage d'une très grande puissance sous un poids et un volume restreints au minimum. Le *Pygmée* est simple, bien équilibré et de faible consommation, le succès des automobiles qu'il actionne : voitures de commerce ou de promenade, est donc assuré.

Les voitures Delmer, de construction belge, sont très soignées comme carrosserie et mécanique ; leur moteur est un type dérivé du Benz, construit par M. Roger (aujourd'hui Compagnie Franco-Anglaise). Ces véhicules, qui ont été très admirés dans les divers concours et expositions, fonctionnent, paraît-il, convenablement et sont surtout très maniables et d'entretien facile.

Les voitures Audibert et Lavirotte de Lyon, de Rossel de Lille, de Gauthier et Wehrlé, de la Maison Parisienne, de la Société Gladiator aux Prés-Saint-Gervais, de Klaus, de Cusset, de Fisson, avec moteur Auriol, de Mors, de Michelin, de Gustin, de Landry et Beyroux, etc., etc., se font peu à peu une place dans la foule, et certains des systèmes que nous venons d'énumérer, sont aussi pratiques que des automobiles à pétrole peuvent l'être, et présentent même quelques particularités ingénieuses.

Parmi les modèles qui ont toutefois acquis une notoriété immédiate en raison de leur forme nouvelle ou de leurs qualités, citons la *voiturette Bollée* et la *victoriette Morel*, toutes deux assez intéressantes. La première

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte deux voyageurs en tandem, c'est-à-dire assis l'un derrière l'autre, mais, par une singulière aberration d'esprit de l'inventeur, c'est le deuxième voyageur qui est conducteur et dirige la marche, tandis que celui d'avant n'a qu'à se croiser les bras. C'est assez mal commode et même assez dangereux, le conducteur ne pouvant voir les accidents de la route. Le moteur, enfermé dans une caisse étanche, attaque un arbre intermédiaire, et le mouvement est transmis par une chaîne à la roue motrice placée dans l'axe et à l'arrière. La direction s'opère par les roues d'avant montées sur deux pivots dépendants et commandés par des bielles.

La Société des voiturettes Bollée, dont le directeur technique est un ingénieur du plus haut mérite, M. G. Chauveau, est parvenue à perfectionner considérablement, dans ces derniers temps, le mécanisme moteur de ces voitures, qui ont remporté le premier prix dans toutes les courses de vitesse (sur routes) organisées en 1897.

La victoriette Morel, composée de deux bicyclettes accolées (modèle pliant du capitaine Gérard), n'a donné que des résultats insuffisants, son moteur étant trop faible. Son constructeur aura peine, croyons-nous, à faire quelque chose de convenable avec ce dispositif mal conçu et insuffisamment étudié.

309. — *Motocycles.* — Les voiturettes nous ont conduit aux motocycles dont nous ne dirons qu'un mot, car ces machines ne rentrent que d'une manière indirecte dans le cadre de cet ouvrage. On donne le nom de *motocycles* à des vélocipèdes à deux ou trois roues pourvus d'un moteur mécanique dont le but est de venir en aide ou de suppléer même, au besoin, à la force musculaire du cycliste, lequel produit lui-même sa progression.

Le modèle le plus répandu est celui de Dion et Bouton ; mentionnons également les quadricycles, également à moteurs à pétrole, d'une force de 15 à 20 kilogrammètres, à refroidissement du cylindre par l'air ambiant, construits par la Société Gladiator ; les motocycles de Clément, le célèbre fabricant de vélocipèdes ; les bicyclettes à pétrole « *Soleil* », de Millet et celle de Hildebrand et Wolfmuller, affreuse charrue de provenance munichoise, qui n'a eu qu'une existence éphémère ; la bicyclette à moteur à pétrole Pennington, d'origine américaine ; la bicyclette à vapeur *Volta*, construite par M. Dalifol ; le tricycle Grivel ; le tandem à moteur Rübb, d'apparition récente, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A notre avis, les motocycles actuels sont encore peu pratiques, et leur invention ne répond nullement à une nécessité, à moins qu'on réduise considérablement le rôle de la mécanique. Le cyclisme, qui est avant tout un sport hygiénique, a tout au plus besoin d'un adjuvant momentané pouvant aider le vélocipédiste, par exemple à monter les côtes, et lui venir en aide dans les

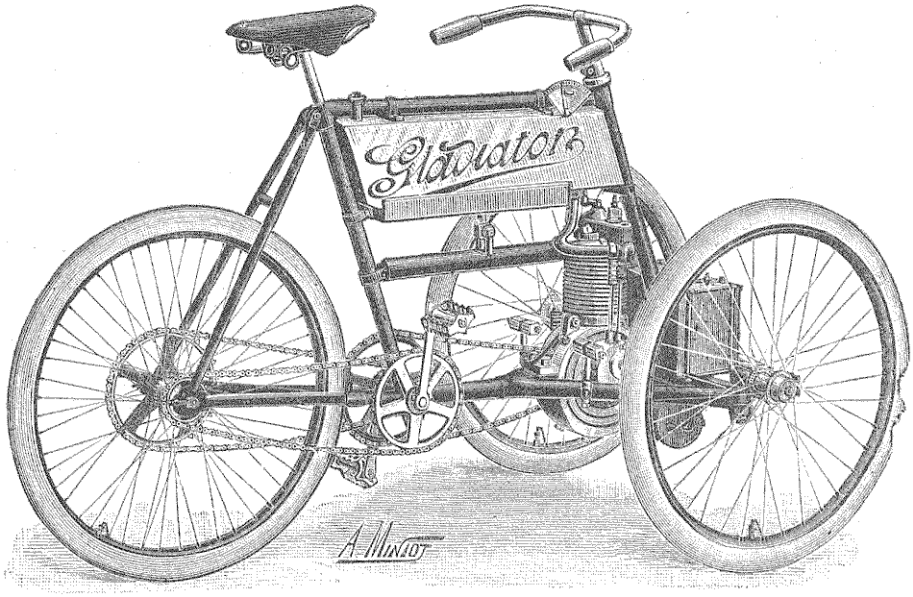


Fig. 197. — Motocycle à pétrole de la Société Gladiator.

moments de grande fatigue. Si l'on veut rouler à grande vitesse et longtemps, il est préférable de prendre une voiture où l'on est confortablement assis, plutôt qu'un de ces instruments bâtards, tenant du vélocipède et de l'automobile, et dont la disparition n'est plus qu'une question de temps, vu les résultats insuffisants qu'ils ont constamment fournis jusqu'ici.

310. — *Voitures et fiacres automobiles électriques.* — Les premiers essais de traction de véhicules légers par l'électricité remontent à l'année 1887, et c'est M. Gustave Trouvé (à Paris), et Magnus Volk (à Brighton, en Angleterre), qui en sont les promoteurs. Les premiers résultats obtenus furent médiocres ; car, à ce moment, les moteurs électriques et les accumulateurs étaient loin d'avoir atteint le degré de perfection qu'ils ont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aujourd'hui. Cependant les chercheurs ne se découragèrent pas, et, de 1888 à 1893, parurent plusieurs automobiles électriques dont nous donnerons une courte description :

La grande difficulté retardant la solution du problème de la traction électrique réside surtout dans le poids de la batterie génératrice du courant, sans compter qu'avec les accumulateurs à matière active juxtaposée, on a à craindre les chutes d'oxydes, par l'effet des secousses du transport, et, par suite, les courts-circuits intérieurs.

C'est cet inconvénient du poids qui avait amené certains inventeurs, notamment l'un des auteurs de ce livre, M. H. de Graffigny, à préconiser l'emploi des piles primaires pour cette application, car le poids s'abaisse à 20 kilogrammes par cheval-heure (270.000 kilogrammes fournis). Mais, en revanche, le prix de cette force est malheureusement très élevé, de 1 fr. 80 à 5 fr. 50 suivant le genre de piles employées.

Par suite d'une construction nouvelle des plaques d'accumulateurs, les chutes d'oxydes et les courts-circuits intérieurs sont maintenant beaucoup moins à redouter; enfin leur poids, eu égard à leur capacité, n'est plus un empêchement radical à l'application à la locomotion. La démonstration d'ailleurs en a été faite, en 1893, par un industriel d'Armentières, M. Pouchain, qui possède un véhicule électrique mû par une dynamo et une batterie d'accumulateurs Dujardin.

Ce véhicule (fig. 198) peut transporter quatre personnes à la vitesse moyenne de 14 kilomètres à l'heure. Le poids de la voiture en charge est de 1.380 kilogrammes et la puissance développée de 1.400 à 1.500 watts, soit deux chevaux-vapeur.

311. — *Voiture électrique Cummings.* — Cette voiture, d'origine américaine, destinée à un service public, est une sorte de fiacre à quatre places pouvant marcher facilement à des vitesses de 18 à 20 kilomètres à l'heure. Le moteur, de la force de deux chevaux, sous une tension de 25 volts, est renfermé dans une caisse placée au-dessous du plancher de la voiture, entre les deux essieux.

312. — *Voiture Carli.* — Cette voiture paraît réunir les conditions nécessaires à un bon fonctionnement. Son mécanisme est disposé comme suit :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un coffre suspendu au-dessous de l'essieu des roues motrices, contient 10 accumulateurs Verdier, du poids de 5 kg. 500 chacun, pour une capacité de 200 watts-heure ou 20 kilogrammètres-heure.

Ces accumulateurs sont à plaques horizontales, encaissées dans une cage en bois, et enfermées dans des caisses hermétiques en ébonite. Ils ont un rendement de 65 % au débit de 2 ampères par kilogramme de plomb, ce qui permet de développer jusqu'à 10 ampères sous la tension de 20 volts, soit 20 kilogrammètres pendant 5 à 6 heures. Pour une force emmagasinée de

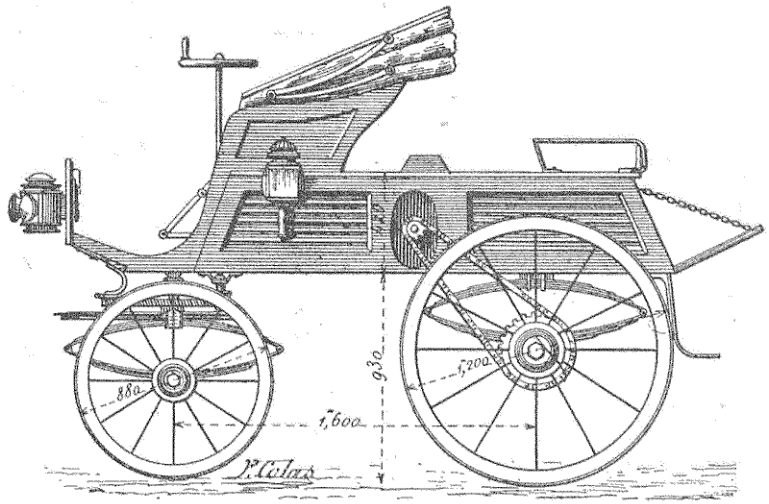


Fig. 198. — Phaéton électrique de M. Pouchain.

2 kilowatts-heure, la batterie ne pèse que 60 kilogrammes et l'ensemble du véhicule en ordre de marche, 160 kilogrammes.

Le moteur, placé également dans cette caisse, attaque l'essieu porteur au moyen d'engrenages : c'est une dynamo enroulée en dérivation et pouvant servir à recharger les accumulateurs, lorsqu'on lui fournit un mouvement de rotation suffisamment rapide. Comme moteur, l'anneau tourne à raison de 1.000 tours par minute; cette vitesse peut être réduite à 180 dans le même temps par les engrenages, ce qui fait un demi-tour de roues motrices par seconde.

On peut ainsi développer la plus grande puissance correspondant à chaque allure, marcher à très petite vitesse sur les côtes, à moyenne sur routes en palier et à grande vitesse dans les descentes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un rhéostat permet de faire varier de 100 à 3.000 tours par minute la vitesse de rotation du moteur, de sorte que l'on a à sa disposition tous les moyens de régler la vitesse du véhicule, suivant la nature de la route.

Un système de ressorts à tirants en caoutchouc permet d'assurer le démarrage en toute circonstance. On bande ce ressort à l'aide d'une petite manivelle pendant les temps d'arrêt ou même en marche.

Quand il est besoin d'une forte impulsion, on déclanche le système à l'aide d'une pédale à détente; on produit sur les roues un effort égal au double de la puissance même du moteur, et capable de faire parcourir au moins 50 mètres à la voiture.

313. — *Voiture Garrard et Blunfield.* — Ce système est d'origine anglaise, mais il est également breveté en France. On a cherché, dans la construction de ce véhicule, à obtenir la plus grande légèreté possible, cette question du poids du générateur ayant été reconnue d'importance primordiale pour cette application. Aussi toutes les pièces du mécanisme général de la caisse sont-elles fabriquées en tubes d'acier étiré à froid et sans soudures. Les quatre roues sont d'égal diamètre; les rayons sont montés en tension comme dans les roues de bicyclette, et pourvus de bandages en caoutchouc gonflés d'air comprimé et appelés : *pneumatiques.*

L'essieu des roues d'avant est mobile autour d'un axe vertical passant par son centre, et dont la rotation est obtenue par le moyeu des roues d'engrenages et d'un volant à manivelle.

Le moteur est placé sous la caisse, sur un arbre indépendant portant un rouleau de friction avec ressort, engagé entre deux disques qui, par l'intermédiaire de roues dentées et de chaînes, transmettent le mouvement à l'engrenage différentiel calé sur l'essieu des roues d'arrière. La vitesse de la dynamo motrice est constante, celle de la voiture est réglée par le conducteur, suivant qu'il engage plus ou moins le rouleau entre les deux disques. Une transmission analogue a déjà été employée dans une voiture automobile, celui de Tenting, qui donne une très grande facilité de commande et d'arrêt.

Dans la voiture que nous décrivons, tous les frottements sont à billes, de manière à réduire au minimum les résistances dues au frottement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le courant est fourni par une batterie de 24 accumulateurs placés sous les banquettes et dont la capacité est suffisante, à ce que prétendent les constructeurs, pour permettre au véhicule de parcourir 50 à 60 kilomètres avant qu'il soit nécessaire de les recharger ou de les remplacer.

La voiture, en ordre de marche — sans les voyageurs, bien entendu — ne pèse que 500 kilogrammes, dont 230 représentent le poids de la batterie secondaire. La vitesse moyenne varie de 12 à 18 kilomètres à l'heure, suivant l'état des routes et le nombre des personnes transportées. La dépense ne dépasse pas, paraît-il, trois centimes par kilomètre parcouru, ce qui n'est pas un prix supérieur à celui de l'entretien de la marche dans les voitures automotrices à pétrole ou à vapeur en usage.

On objectera, il est vrai, qu'il est nécessaire de disposer, avec ce genre de véhicule à accumulateurs, d'un courant primaire fourni par une dynamo. Mais le nombre des stations de distribution d'électricité tendant à s'accroître constamment, on peut supposer que bientôt il ne sera plus indispensable de posséder soi-même une petite usine avec moteur à pétrole et dynamo pour charger la batterie secondaire de sa voiture. On trouvera dans toutes les villes, en France comme à l'étranger, des stations d'éclairage où l'on pourra s'approvisionner de courant et recharger ses accumulateurs pour une dépense minime.

L'ère des fiacres électriques alors s'ouvrira, et au lieu d'être obligés de nous introduire encore dans des boîtes grinçantes et disloquées, traînées sur les pavés raboteux par des haridelles poussives et à demi-mortes de fatigue et de faim, nous aurons à notre disposition des véhicules coquets et rapides, mus silencieusement par un moteur électrique invisible. Et cet avenir n'est plus éloigné, pouvons-nous croire, en constatant les efforts constants des chercheurs pour créer ce moyen de locomotion si agréable à tous les points de vue.

314.— *Voitures électriques Jeantaud.*—Lors de l'invention des accumulateurs à formation artificielle, M. Jeantaud eut à construire une voiture pour MM. Faure-Philippart, ce qu'il fit avec le concours de Gramme, lequel exposa en 1881 le premier moteur électrique destiné à actionner une voiture. De ce jour, le carrossier se transforma en apôtre de la locomotion électrique, et ser-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rant de près les progrès accomplis par les accumulateurs, il leur a constamment donné comme corollaire un progrès nouveau dans la voiture. Voici, et l'expression est doublement exacte, le chemin parcouru.

Les premiers essais furent faits avec des éléments de 5 ampères-heure au kilogramme.

En 1892, avec des accumulateurs multitubulaires, donnant 10 ampères-heure au kilogramme, on put accomplir un trajet de 12 kilomètres en terrain varié.

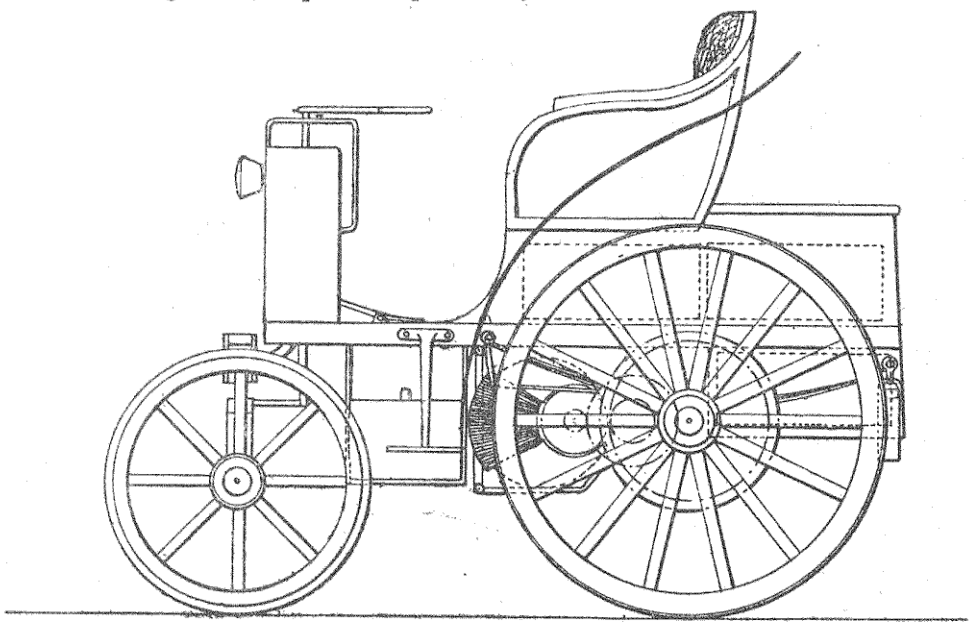


Fig. 199. — Voiture électrique à deux places de Jeantaud.

C'était le plus long parcours accompli par un véhicule électrique à cette époque; mais les accumulateurs « Fulmen » donnaient bientôt 18 ampères-heure au kilogramme, et M. Jeantaud construisit une nouvelle voiture qui fit 25 kilomètres : nouveau progrès.

En 1895, où ces mêmes « Fulmen » modifiés donnaient 22 ampères-heure, Jeantaud n'hésita pas et créa une voiture spéciale pour la course Paris-Bordeaux, laquelle fit 600 kilomètres avec 15 batteries de relais disposées sur la route. Un accident d'essieu arrêta la voiture pendant 24 heures à Orléans,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le grippage de cet essieu en obligeant à de nombreux arrêts pour le laisser refroidir causa de nouveaux retards ; et malgré cela, la vitesse commerciale de la voiture fut de 16 kilomètres à l'heure. Ce voyage coûta 40.000 francs qui furent souscrits par un Syndicat de fervents de l'électricité et eut pour résultat de prouver que la voiture électrique était née et née viable. Entre les 5 ampères-heure de l'accumulateur Faure-Phillipart et les 30 ampères-heure des nouveaux « Oméga » lesquels en même temps bravent les plus hauts régimes de décharge, on trouve toute la différence qu'il y a entre la voiture construite en 1881 et les trois nouveaux modèles qui absorbent M. Jeantaud en ce moment.

Le premier de ces modèles est une voiture à quatre places qui, avec 400 kilogrammes d'accumulateurs aura une puissance de parcours de 70 à 80 kilomètres en terrain varié. La seconde voiture n'aura que 2 places et, ne recevant que 200 kilogrammes d'accumulateurs, pourra parcourir 60 kilomètres.

Enfin le troisième véhicule est un fauteuil roulant, lequel avec 80 kilogrammes d'accumulateurs, pourra marcher dix heures à la vitesse de 9 kilomètres à l'heure et qui sera mis en service dans les expositions. Son maniement est d'une facilité telle qu'une femme ou un enfant peuvent s'en servir sans apprentissage spécial. Une poignée que l'on presse et le fauteuil roule ; dès qu'on cesse d'appuyer sur cette poignée de direction, il s'arrête. Un frein au pied permet de modérer la vitesse et d'arrêter aux descentes.

315. — *Coupé Darracq.* — Au Salon du Cycle de 1896, M Darracq a exposé un coupé électrique qui a été très admiré. Les batteries d'accumulateurs étaient enfermées dans deux compartiments: l'un à l'avant, l'autre à l'arrière de la voiture. Le courant envoyé dans le moteur pouvait avoir des valeurs diverses, suivant le groupement des éléments entre eux. La vitesse maximum en palier pouvait atteindre 20 kilomètres à l'heure, et le parcours total effectué, avant de recharger les batteries, de 60 kilomètres. La transmission du mouvement de l'anneau induit aux roues motrices s'effectuait par engrenages démultiplicateurs et chaîne Galle. Le poids total des accumulateurs était de 400 kilogrammes et celui de la voiture, en ordre de marche, de 1.200 kilogrammes environ.

Le poids utile remorqué est assez faible relativement au poids mort du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mécanisme à transporter, et il est évident qu'un moteur à pétrole de même puissance, 6 chevaux-vapeur, pèserait beaucoup moins. C'est encore là la pierre d'achoppement du véhicule automobile électrique ; mais il est à croire et on peut fermement espérer que des progrès seront encore réalisés dans un avenir très prochain, et que le fiacre électrique réellement pratique et supé-

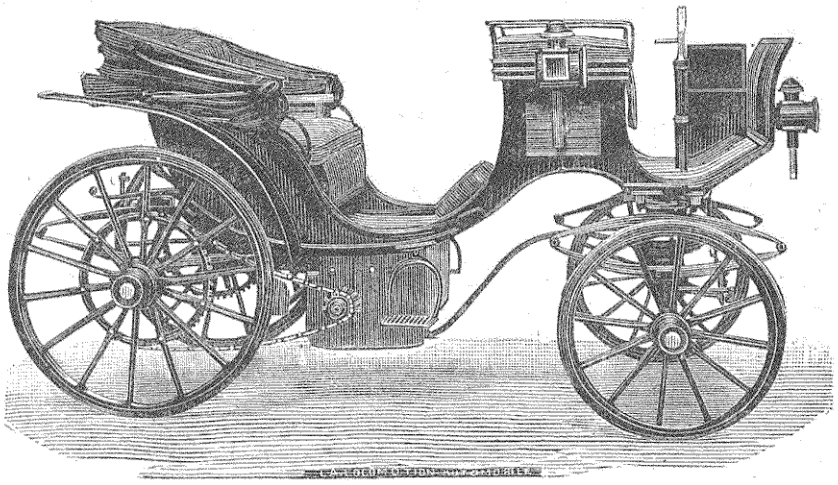


Fig. 200. — Victoria électrique construite en 1888.

rieur à la voiture à pétrole, ne tardera pas à être un fait acquis.

Ajoutons en terminant que des essais de voitures électriques à générateurs primaires (piles) ont été tentés à plusieurs reprises sans donner des résultats concluants, en raison surtout du prix de revient excessif du courant. Cependant un ingénieur espagnol, M. Julien, a édifié pour la reine d'Espagne une victoria, forme bateau, très élégante, actionnée par une nouvelle batterie récemment brevetée et qui, sous un poids de 100 kilogrammes, fournit l'énergie nécessaire pour entretenir la marche pendant 60 heures à l'allure de 16 kilomètres à l'heure, ce qui constitue un résultat vraiment magnifique.

316. — *Rôle futur des automobiles.* — Les « trains légers » desservant sur beaucoup de lignes de chemins de fer, à grand ou à moyen trafic, les stations rapprochées ne sont plus aujourd'hui ce qu'ils étaient autrefois,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'époque de leur création où leur but bien déterminé était convenablement rempli.

Les haltes ont pris plus d'importance sans arriver cependant à celle d'une gare.

On y accepte les bagages et les messageries. Enfin le conducteur de train est souvent doublé d'un contrôleur, car il lui arrivait de voler la Compagnie.

Le train léger marche moins vite qu'autrefois. Les arrêts fréquents, qui sont plus prolongés dans les haltes, empruntent un peu de l'insipidité des arrêts des trains omnibus. Aussi faut-il de nouveau trouver mieux que le train léger.

L'automobilisme est peut-être destiné à résoudre la question. Qu'y a-t-il de plus commode en effet qu'une voiture analogue à celles qui parcourent les rues de notre capitale et qui peuvent contenir un moteur, des sièges pour les voyageurs de deux ou trois classes et un petit espace pour les bagages ou pour le service de la poste, que l'Etat impose aux compagnies de chemin de fer sur des lignes à faible trafic ?

Pour la traction de ces voitures, le pétrole pourra jouer son rôle mieux qu'il ne le ferait pour la locomotive routière qui reste indiquée pour la traction des véhicules lourds. On pourra y utiliser avec avantage les moteurs puissants qui cherchent à concurrencer certains moteurs à gaz. Mais il faudra bien étudier la stabilité du véhicule pour ne pas donner aux voyageurs des secousses désagréables. La vapeur à haute tension remportera peut-être la palme, bien qu'elle nécessite des approvisionnements plus considérables et qu'elle expose à traîner un poids mort plus important. Avec elle les vitesses obtenues seront sans doute plus grandes. Quant à la traction électrique, elle se fera, bien entendu, par accumulateurs. Il est peu probable que les essais faits pour créer cette voiture automobile amènent à la réalisation de la locomotive électrique, que tant de personnes semblent souhaiter.

Quoi qu'il en soit, de ces essais qui vont être faits par nos grandes Compagnies de chemin de fer, il pourra résulter non seulement l'avantage pour la compagnie d'exploiter à meilleur marché des lignes à faible trafic, mais peut-être aussi pour le public la réalisation pratique du problème dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il était question plus haut. Rien n'empêchera en effet d'avoir sur un tronçon du réseau des automobiles se succédant à peu de distance, les unes portant les voyageurs, les autres voiturant leurs bagages. Ces automobiles s'arrêteront souvent, plus souvent même, s'il le faut, que le train léger. Les manœuvres des bagages seront localisées dans certaines haltes, où l'on pourra disposer d'un personnel suffisant pour leur manœuvre, le voyageur muni de bagages étant ainsi forcé de faire un plus long trajet que son confrère qui n'en a pas.

Aux gares terminus des tronçons les trains express à marche rapide prendront voyageurs et bagages. Les trains de messagerie emporteront les colis réservés aux transports par grande vitesse. Et l'on parviendra ainsi à augmenter la rapidité et la fréquence des transports pour la plus grande commodité du public, sans encombrer en quoi que ce soit les voies ferrées. Ce serait l'automobilisme qui opérerait ce prodige.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VI

LES CHEMINS DE FER DE MONTAGNES A CREMAILLÈRE

317. — *Considérations générales.* — La construction des chemins de fer de montagnes a réalisé d'importants progrès dans le courant de ces dernières années. C'est, dit M. Max de Nansouty dans un intéressant article, une sorte de conquête de la mécanique dont les résultats ont été considérables depuis que l'on a pu combiner les locomotives spéciales pouvant fonctionner à la manière habituelle tant que le terrain est plat ou la pente modérée, et qui engrènent avec la crémaillère placée entre les rails, dès qu'il s'agit d'aborder d'importantes déclivités. Les pentes abrutes des montagnes qui, pendant longtemps ont en quelque sorte défié les moyens de transport, se trouvent ainsi asservies, et le tracé des voies ferrées dans les régions les plus accidentées est considérablement simplifié.

L'emploi que nos ingénieurs font aujourd'hui de la crémaillère pour l'escalade des montagnes, est une confirmation en son genre du dicton populaire qui dit « que l'on retrouve parfois ce qui n'est pas perdu. » En effet, l'idée de la crémaillère est déjà relativement ancienne ; c'est un propriétaire de charbonnages de Middleton près de Leeds, en Angleterre, et nommé Blenkinsop qui pensa obtenir, par ce procédé, l'adhérence nécessaire pour assurer la progression des locomotives et des trains un peu lourds sur des rails en palier. Partant de cette idée, le minier fit construire, en 1811, une première locomotive, la *Blenkinsop*, reproduite ensuite à plusieurs exemplaires, et qui comprenait, entre les roues porteuses, dans l'axe longitudinal du châssis, une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

roue dentée qui engrenait avec une crémaillère placée parallèlement aux rails. Ces locomotives, les premières qui aient accompli un service régulier, remorquaient en palier une charge de 94 tonnes à la vitesse de 6 kilomètres à l'heure, résultat remarquable pour un début.

318. — C'est en 1813 que M. Blackett, autre ingénieur anglais s'imagina que la crémaillère ne servait à rien dans les voies en palier, et que l'*adhérence*, c'est-à-dire le collage de la locomotive sur les rails lisses provenant de son poids, était suffisante pour entraîner les trains les plus lourds. Il supprima la crémaillère et prouva qu'il avait raison. Dès lors, on ne voulut plus entendre parler de crémaillère pendant cinquante ans.

Mais, comme on a reconnu qu'il était économique de pouvoir aborder de fortes pentes sur les voies ferrées, au lieu de faire des détours et des lacets, la crémaillère est ressortie de l'oubli. Toutes les montagnes de la Suisse en sont hérissées, on est en train d'escalader les Andes par leur moyen, et de hardis chemins de fer à crémaillère, stratégiques ou autres, sont en construction partout ; les grandes usines de construction française les fabriquent couramment.

Où commence la crémaillère ? Où finit-elle ? C'est la question que l'on se pose dès que l'on y songe. Voici ce que répondent nos ingénieurs :

Tant que la pente à gravir ne dépasse pas 40 ou 50 millimètres par mètre, on peut se passer de la crémaillère ; mais, à partir de là, l'engrenage s'impose, car alors la locomotive ne peut plus guère traîner que son poids.

Au Vitznau-Righi et au Salzbourg-Gaisberg, la pente est de 200 millimètres ; au mont Washington, aux Etats-Unis, la pente atteint 350 millimètres. Enfin, au mont Pilate, on a abordé la pente vertigineuse de 480 millimètres par mètre : à moins d'installer des ascenseurs comme ceux de la tour Eiffel, il paraît impossible de pendre la crémaillère d'une façon plus audacieuse au flanc d'une montagne. Il va sans dire que des freins d'une puissance exceptionnelle sont le complément nécessaire de ces installations.

Comme la crémaillère coûte fort cher, on la limite autant que possible aux parties les plus raides de la voie ferrée, et tant qu'on le peut, on laisse la locomotive rouler par sa seule adhérence. Il est probable d'ailleurs que l'électricité va prochainement apporter un nouvel appoint à cette question

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en permettant d'augmenter l'adhérence par l'aimantation temporaire des rails ; on fait emploi déjà, dans cet ordre d'idées pour la navigation, de poulies magnétiques ingénieusement combinées par M. de Bovet, et qui donnent aux toueurs, sur les rivières, une puissance jadis irréalisable. En combinant tout cela, il n'est pas de montagne qui ne se laisse bientôt prendre victorieusement d'assaut.

L'idée de Blenkinsop, dont les machines marchaient encore en 1834, fut reprise vers 1860 par M. Riggenbach, chef de service de la traction du chemin de fer Central-Suisse ; après divers essais il prenait, en 1863, un brevet pour un « nouveau système de voie et de locomotives destinées au franchissement des montagnes. »

La première ligne construite d'après ce système est celle de Vitznau au Righi, qui présente des rampes atteignant jusqu'à 250 millimètres d'inclinaison par mètre. Des essais furent faits, dès le 21 mai 1870, sur une partie de la ligne, mais celle-ci ne fut ouverte à l'exploitation qu'un an après.

Déjà, en août 1868, on avait mis en service une autre ligne à crémaillère, celle du Mount-Washington, dans l'Etat de New-Hampshire, aux Etats-Unis, qui avait été construite par l'ingénieur Sylvestre Marsh.

Depuis, près de 40 lignes à crémaillère (chemins de fer et tramways) ont été construites en Europe, en Asie et en Amérique, d'après le système de M. Riggenbach, sans compter celles établies par d'autres ingénieurs.

Dans le système Riggenbach, la crémaillère consiste un une échelle de fer couchée au milieu de la voie, et dont les montants sont des fers en ⊏, et les échelons des fers trapézoïdaux rivés dans les montants et espacés de 10 centimètres environ d'axe en axe. La locomotive est, le plus souvent, du système dit « mixte » qui permet l'utilisation simultanée de l'adhérence et de la crémaillère. Les roues dentées et les roues porteuses y sont également motrices, l'arbre de la roue dentée reçoit d'abord l'action du mécanisme qu'il transmet aux roues porteuses par l'intermédiaire de billes d'accouplement. Ce dispositif permet de ne faire usage de la crémaillère que sur les parties de la ligne dont la rampe est supérieure à 25 ou 30 millimètres par mètre ; sur d'autres parties, la locomotive avance par le seul effet de son adhérence.

Parmi les nombreuses lignes du système Riggenbach fonctionnant un peu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partout, nous citerons celles du Righi, de Langres (Haute-Marne) et la ligne du Mont-Pilate, en Suisse, qui sont bien connues toutes trois.

319. — La ligne de Langres est copiée sur celle du Righi ; sa longueur est de 1.600 mètres ; elle met en relation directe la gare du chemin de fer de l'Est (ligne de Belfort) avec la ville, et rachète une différence de niveau de 132 mètres entre le point de départ et celui d'arrivée. Les rampes, de diverses inclinaisons, sont séparées par des paliers ou des parties dont l'inclinaison est insensible, et où alors la crémaillère est supprimée.

A l'entrée, la partie de la crémaillère est prolongée par une pièce mobile en forme de mâchoire, pourvue de dents et articulée sur l'échelle fixe ; cette pièce repose sur la voie par deux ressorts munis de guides latéraux destinés à prévenir les déviations de la crémaillère mobile, et grâce auxquels elle cède doucement sous l'impulsion de la roue dentée qui se présente, de sorte que l'engrènement s'opère sans secousse. On voit par la gravure que la locomotive employée diffère des machines ordinaires. Elle en diffère d'abord par la roue dentée placée à sa partie inférieure, et dont la destination nous est connue. En outre, elle repose sur ses roues ordinaires de manière à prendre dans les montées une position parfaitement horizontale, tandis qu'elle est légèrement penchée sur les paliers de niveau. Cette machine est munie de trois freins à air comprimé : deux freins de secours et le frein à contre-vapeur. Les deux wagons qui forment tout le train ont, en avant de la caisse, une plateforme sur laquelle se tient un agent chargé de la manœuvre du frein agissant sur la roue dentée.

La locomotive occupe toujours le côté de la vallée, poussant le train à la montée et le retenant à la descente. La marche atteint la vitesse de 10 kilomètres à l'heure. La crémaillère prévenant tout déraillement et l'arrêt instantané du train pouvant être obtenu en serrant à fond un seul des trois freins, la sécurité est absolue.

Les machines, la crémaillère et les wagons ont été construits à Belfort, dans les ateliers de la Société alsacienne de constructions mécaniques, et sur les plans de M. Riggenbach et de M. Cadart ingénieur des Ponts et Chaussées.

La ligne a son point de départ dans la cour même de la gare de Langres-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Marne ; elle suit un moment l'avenue conduisant les piétons et les voitures à la ville par un long détour, puis elle tourne à gauche, franchit les fortifications et arrive au pied de la falaise, qu'elle suit d'abord, pour franchir ensuite sur un viaduc d'escarpement assez raide qui la sépare encore de la cité, où elle pénètre enfin, à deux pas de la rue centrale.

Sur la plupart des lignes de nos grands réseaux, les rampes n'ont pas une inclinaison supérieure à 10 millimètres par mètre ; sur peu d'entre elles cette déclivité atteint 15 millimètres, et les lignes d'Auvergne sont à peu près seules à avoir des rampes atteignant 30 millimètres.

Les rampes de 12 millimètres réduisent de 45 à 50 % la charge utile qu'il est possible aux machines de remorquer sur les lignes dites de niveau, celles de 20 millimètres de 65 à 70 %, et celles de 30 millimètres de près de 80 %, les locomotives ne remorquant plus alors qu'un poids un peu supérieur au double du leur.

Sur les lignes de chemin de fer à voie étroite, pour établir une voie bon marché, on emploie couramment des rampes de 20 et même de 25 millimètres, et plus rarement de 30 et 35 millimètres. Même pour ce dernier chiffre, l'utilisation de la locomotive est bien faible, son poids propre devant être la moitié de celui du train.

Au contraire, avec la crémaillère, la locomotive peut être relativement légère, et pour remorquer sur une forte rampe le même poids qu'une locomotive à adhérence, elle a besoin d'être beaucoup moins puissante et moins lourde, proportionnellement.

Ainsi, sur le chemin de fer à crémaillère de Langres, qui comporte une rampe de 172 millimètres par mètre, une locomotive du poids de $15^t,6$ suffit à remorquer un train de $12^t,5$. Si on évalue la résistance des voitures en palier à 4 kilogrammes par tonne, et celle de la locomotive à 8 kilogrammes, on trouve que cette dernière doit, pour démarrer le train, développer un effort de traction de 5,008 kg. : $15,6\ (8 + 172) + 12,5\ (4 + 172)$.

Il serait à peu près impossible d'exploiter cette ligne par une locomotive à simple adhérence, car son poids devrait être de 110 tonnes pour une adhérence au 1/5, chiffre cependant très favorable, puisqu'on ne compte habituellement que 1/6 ou 1/7.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'effort à développer pour remorquer le train serait alors de 110 (8 + 172) + 12,5 (4 + 172) = 22.000 kilogrammes correspondant bien, en effet, avec une adhérence de 1/5 à un poids de la locomotive de : 22.000 × 5 = 110.000 kg.

Avec une adhérence au quart, qu'on estime ne pouvoir être dépassée, le poids de la locomotive serait encore de 31t,5, soit plus du double de celui de la locomotive à crémaillère.

Quant à la descente sur une pareille pente de 172 %, elle serait tout à fait dangereuse avec des locomotives ordinaires ; elle s'effectue au contraire normalement sur les lignes à crémaillère, la machine faisant naturellement frein par son engrènement avec la crémaillère ; d'ailleurs, un frein à air, agissant sur les pistons moteurs à la façon de la contre-vapeur dans les locomotives ordinaires, suffit à obtenir les ralentissements désirables et même l'arrêt total.

Sur les lignes de tramways, des rampes de 60 et 80 % peuvent être gravies par des voitures automobiles munies de moteurs à vapeur ou à air semblables à ceux des locomotives de chemins de fer, mais il ne serait pas prudent d'aller au delà, pour la descente également.

320. — *Ligne du Mont-Pilate.* — La longueur de cette ligne atteint 4.300 mètres, et elle offre une succession de rampes qui atteignent jusqu'à 50 millimètres par mètre ; les courbes ont de 80 à 100 mètres de rayon, et la largeur de la voie est de 80 centimètres. La crémaillère est placée dans l'axe de la voie, à égale distance de chaque rail et dans un plan légèrement supérieur à ces derniers. Elle est formée de barres dentées posées de champ et reliées dos à dos à un rail central qui est fixé lui-même sur des traverses à T encastrées dans la maçonnerie de la plateforme.

Deux pignons à axe vertical mis en action par le moteur, engrènent avec ces crémaillères, et déterminent ainsi l'avancement de la voiture, qui est portée par quatre roues de faible diamètre, sans boudin ; la direction est donnée par deux pignons moteurs placés à la partie supérieure de la caisse et dont le seul but est de servir de guides.

Dans les automobiles du Pilate, la chaudière à vapeur servant de générateur de force, est disposée à la partie inférieure de la voiture, transversalement à la voie afin d'occuper le moins d'emplacement possible ; elle est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

timbrée à 12 kilogrammes. En charge, le poids total du véhicule atteint près de 11 tonnes. La voiture est munie de quatre freins différents : deux à main pouvant être actionnés par le mécanicien et le conducteur, un à air comprimé, et un frein automatique qui agit par friction sur la paire de roues dentées supérieure, dès qu'à la descente la vitesse dépasse $1^{m},30$ par seconde, soit $4^{k},5$ à l'heure.

321. — *Funiculaire électrique du Bürgenstock* près Lucerne. — L'ouverture de cette ligne qui a été construite par MM. Bucker et Dürrer a eu lieu en 1887. Sa longueur totale est de 936 mètres seulement, mais la différence de niveau entre la station de départ et celle d'arrivée atteint 440 mètres, ce qui lui donne une inclinaison moyenne de 47 centimètres par mètre. Quant à la rampe maximum, elle est de 58 centimètres soit près de 45 degrés d'angle avec l'horizontale.

La force motrice est empruntée, au moyen d'une turbine Escher Wyss, actionnant deux dynamos génératrices Thury de 30 chevaux chacune, à la rivière l'Aa. La station électrique est située à 4 kilomètres du sommet de la ligne. Le courant produit sous une tension de 1.400 volts est distribué par une ligne aérienne à deux moteurs à courant continu de 25 chevaux, reliés en série, et qui actionnent à leur tour, par l'intermédiaire d'engrenages, le tambour sur lequel s'enroule le câble de traction. Ces moteurs mettent aussi en mouvement une dynamo servant à l'éclairage de l'hôtel du Bürgenstock, et une pompe foulante qui élève à 300 mètres l'eau potable nécessaire au service de l'hôtel.

Les voitures servant au transport des voyageurs sont à 24 places.

La voie, mesurant 1 mètre de largeur, comprend en son milieu une crémaillère double, du système Abt, formée de deux barres dentées posées à plat. Les dents ne correspondent pas entre elles, ce qui fractionne l'entrée en fonctions de l'engrenage et diminue par conséquent les chocs. Ce système permet aussi l'utilisation simultanée de l'adhérence et de la crémaillère, ou seulement de l'un ou l'autre de ces deux moyens de progression. Ainsi, lorsque la ligne à exploiter comporte des paliers ou des pentes de faible déclivité sur lesquelles l'adhérence seule suffit, la voie ne comporte pas de crémaillère sur les parties à forte déclivité et pour faciliter l'engrènement des dents, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

crémaillère se trouve soutenue — à l'extrémité par laquelle se fait l'entrée des voitures ou machines, et sur une longueur de trois mètres par des ressorts permettant son abaissement autour d'un axe horizontal qui rattache cet élément mobile au reste de la crémaillère.

Le pas de cette partie suspendue se trouve un peu plus faible que celui du restant de la crémaillère ; de la sorte, si à l'entrée de la voiture sur cette section les dents du pignon ne correspondent pas exactement à celles de la crémaillère, celle-ci s'affaisse sur ses ressorts, et la différence des pas ne tarde pas à produire l'engrènement.

Lorsque la ligne à exploiter à une plus grande longueur, on peut la partager électriquement en plusieurs sections indépendantes les unes des autres et réliées seulement à la même dynamo génératrice par la ligne de transport du courant. Chaque section a alors son câble propre, dont le poids à remorquer est de la sorte bien diminué ; cette disposition permet aussi d'atténuer l'influence fâcheuse des courbes, en même temps qu'elle donne plus de facilités pour le tracé de la ligne.

Chaque section comporte une station réceptrice pourvue d'une dynamo dont la puissance est proportionnée à l'inclinaison et à la longueur de la pente qu'elle dessert.

Pour terminer cette notice, nous indiquerons deux autres moyens qui ont été employés temporairement pour augmenter l'adhérence des locomotives.

Au percement du Mont-Cenis, M. Fell, utilisant d'abord pour l'adhérence le poids total de la machine, portée sur 4 roues de 85 centimètres de diamètre, obtenait le complément d'adhérence nécessaire au moyen d'une pression de la vapeur exercée sur un rail central par l'intermédiaire de quatre autres roues horizontales, mises en mouvement par un mécanisme spécial.

Cette machine, d'un poids de 26 tonnes seulement, pouvait remorquer ainsi sur une rampe d'une inclinaison moyenne de 70 millimètres par mètre, une charge de 30 tonnes à la vitesse de 18 kilomètres à l'heure.

Pour arriver au même but, M. Rees, de Baltimore, a imaginé de faire passer un courant électrique entre les roues d'avant et d'arrière de la machine et la partie de la voie comprise entre ces roues.

Des expériences ont été faites au moyen de ce système sur une partie en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rampe de 25 millimètres et longue de 13 kilomètres, avec des trains de 45 à 48 wagons, remorqués par une locomotive puissante. Lorsqu'on n'utilisait pas le courant électrique, le train avançait difficilement et s'arrêtait même fréquemment; le trajet durait plus de 50 minutes. Avec le courant électrique, au contraire, la montée se faisait facilement, sans aucun arrêt, et dans un temps relativement très court : 30 minutes environ. La dépense de combustible était aussi sensiblement moindre que dans le premier cas, parce qu'on n'avait pas de patinage ni de démarrage répétés.

Le courant était fourni par une machine dynamo montée sur la locomotive ; la tension est limitée de manière à ne présenter aucun danger, et le mécanicien pouvait constater et régler son effet sur l'adhérence des roues.

322. — *Funiculaires électriques de Grutsch à Murren et du Mont-Salève.* — On peut dire que la Suisse est par excellence le pays de montagnes où la traction électrique est la plus employée, pour transporter les touristes sur les cimes élevées d'où le panorama des glaciers peut être admiré. Et ce procédé de traction est ordinairement le plus avantageux dans ce cas, car il permet souvent d'utiliser pour la production de l'énergie électrique les chutes d'eau qui existent en si grand nombre dans cette région.

Nous venons de décrire l'installation du Bürgenstock, qui fonctionne près de Lucerne. Hâtons-nous d'ajouter qu'elle est loin d'être unique en son genre et nous pouvons citer le chemin de fer électrique du Stansstadt à Stans, le chemin de fer électrique du Mont-Salève près de Genève, et la ligne de Sampel au Petit-Saconnex, dans la même ville.

Nous ne pouvons donner une description complète de toutes ces installations ; mais nous nous arrêterons au moins sur deux d'entre elles, qui méritent une mention spéciale : *les Chemins de fer électriques de Grutsch à Murren et les chemins de fer électriques du Mont-Salève, près de Genève.*

Parmi les sites les plus remarquables du pays bernois, on cite en particulier la vallée dans laquelle se trouve Lauterbrünner. Cette dernière ville se trouve reliée à Grutsch par une voie ferrée à traction funiculaire sur une côte où les rampes atteignent 60 millimètres par mètre. De *Grutsch* à *Murren*, sur une distance de 4.300 mètres, la traction est électrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La station centrale de force motrice est située à 1.600 mètres du terminus de Grutsch. L'eau du torrent de Stanbach met en mouvement une turbine à haute pression Escher, Wyss et Cie. L'eau s'écoule d'un réservoir où elle a été accumulée. Le débit minimum est de 80 litres par seconde sous une chute de 215 mètres. La turbine actionne directement une dynamo compound à 4 pôles de 90 kilowatts à 600 volts tournant à 750 tours par minute. La ligne de communication est en cuivre, établie sur des poteaux posés le long de la voie. La distribution est faite par six feeders partant de la station centrale. La voie proprement dite consiste en rails à rebords du poids de 17 kg. 5 par mètre courant disposés sur traverses en bois.

Le matériel roulant comporte trois locomotives électriques, deux voitures à voyageurs et deux wagons découverts pour marchandises. La locomotive à deux essieux a une longueur de 4 mètres, une largeur de 2 mètres, une hauteur de 3 mètres et un poids total de 7 t. 2. Chaque locomotive porte 2 moteurs à série à 4 pôles, de 21 kw. 6, tournant à 500 tours par minute. Le mouvement est transmis aux essieux par un train d'engrenage droit à simple réduction. Le poids d'une voiture à vide est de 4 t. 5, et avec les 40 voyageurs qu'elle comporte le poids est porté à 7 t. 500.

La dépense totale pour l'installation de cette ligne a été de 1.500.000 fr., soit environ 291.000 francs par kilomètre. Il n'y a pas de trafic pendant l'hiver. Les dépenses totales d'exploitation dans la bonne saison, où le nombre des trains est de 22 par jour dans les deux directions, sont de 3 fr. 40 par train-kilomètre et les recettes de 6 fr. 70 par train-kilomètre.

Les résultats d'exploitation sont donc excellents et procurent des bénéfices importants.

L'installation des *Chemins de fer du Mont-Salève* est plus importante. Le Mont-Salève est formé de trois plateaux culminants qui dominent le lac de Genève. Une première ligne de tramways à crémaillère a été construite d'Etrembières jusqu'au sommet de Grand-Salève, à l'altitude de 1.142 mètres Une deuxième ligne constituant un embranchement a dernièrement été établie de Veirier à Monetier. Ces deux lignes sont exploitées électriquement ; elles ont une longueur totale de 9.100 mètres et présentent parfois des pentes atteignant 25 millimètres par mètre. La force motrice est empruntée à une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chute d'eau sur l'Arve, à une distance de 1.700 mètres du Monetier. Les turbines, au nombre de trois, ont une puissance de 250 chevaux chacune ; une quatrième turbine de 25 chevaux est spécialement destinée à actionner la machine dynamo excitatrice.

Chaque turbine actionne directement une dynamo Thury à 12 pôles de 275 ampères sous 600 volts à axe vertical tournant à 44 tours par minute. L'énergie électrique ainsi produite est transmise par une ligne double aérienne jusqu'à la gare de Monetier. La crémaillère du chemin de fer est posée au milieu de la voie. Le courant électrique est amené aux voitures par un rail Vignole renversé, placé sur le côté gauche et à 20 centimètres au-dessus du niveau de la voie. Il est supporté par des consoles en fer boulonnées sur les traverses et isolé sur des cloches en porcelaine. Les tronçons de rails sont reliés entre eux par des éclisses en cuivre courbées ; le conducteur de retour est constitué par les rails de la voie. Les wagons portent chacun un frotteur qui sert à recueillir le courant. Les moteurs, au nombre de deux par wagon, sont d'une puissance de 30 chevaux et tournent à 700 tours par minute. Ils sont fixés sous les châssis du wagon et actionnent à l'aide d'engrenages réduisant la vitesse, dans le rapport de 1 à 12. Deux pignons dentés, portés chacun par un arbre distinct engrènent directement avec la crémaillère. Le poids total de chaque voiture est de 14 tonnes.

La traction électrique dans les montagnes présente un très grand intérêt en même temps qu'une utilité incontestable. Aussi le nombre des installations effectuées à l'époque où nous écrivons ces lignes est-il important, et chaque cas a nécessité une solution particulière. Malheureusement, l'examen détaillé de toutes ces lignes nous entraînerait trop loin et nous devons, à notre grand regret, nous borner aux exemples ci-dessus.

M. Boistel a publié dans le journal l'*Industrie électrique*, quelques renseignements forts intéressants sur les principales conditions d'établissement et d'exploitation des chemins de fer de montagnes, renseignements qu'il a extraits et traduits de la revue anglaise *Engineering*, et qui montrent clairement la supériorité incontestable de la traction électrique dans ce cas particulier. Ces chiffres sont résumés dans le tableau ci-dessous, que nous reproduisons d'après les *Comptes Rendus* de l'Association amicale des Ingénieurs-Electriciens.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

323. — TABLEAU

RÉSUMANT LES CONDITIONS D'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER DES MONTAGNES (d'après Boistel).

DÉSIGNATION	SYSTÈME	MODE DE TRACTION	ALTITUDE en mètres	LONGUEUR en kilomètres	ÉLÉVATION en mètres	FRAIS		POIDS DU TRAIN en tonnes	PRIX DU VOYAGE en francs par kilomètre
						CONSTRUCTION en francs par kilomètre	EXPLOITATION en francs par train-kilom.		
Lauterbrünnen.	Câble et crémaillère.	Remorquage par charge d'eau	1.490	1,2	675	660.000	5,2	18,0	1,80
Pilate. . . .	Crémaillère . . .	Locomotives à vapeur.	2.066	4,3	1.625	561.000	9,6	11,0	1,80
Stanserhorn. .	Câble sans crémaillère	Moteurs électriques. .	1.850	3,6	1.400	416 700	3,5	6,7	1,10
Salvatore . .	Câble et crémaillère.	Id.	883	1,5	601	392.200	3,6	6,7	1,20
Burgenstock .	Id.	Id.	879	0,8	340	402.000	2.5	6,0	1 »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

324. — *Chemins de fer de montagnes à remorquage par charge d'eau.* — Au lieu d'être remorqués par une locomotive à vapeur ou électrique, les trains de chemins de fer de montagnes peuvent être également mis en mouvement par des moteurs hydrauliques, comme cela se pratique notamment sur la ligne de Lausanne à Ouchy, où ce sont des turbines, actionnées par les eaux du Grenet accumulées dans le lac de Bret, qui donnent le mouvement aux tambours de traction. Dans d'autres installations, telles que celles du Burgenstock que nous avons citées plus haut, les turbines sont accouplées à des dynamos, et c'est sous forme de courant électrique que l'énergie motrice est envoyée au train.

Mais il existe encore un dispositif hydraulique fort ingénieux et économique, pour le remorquage des trains sur les pentes accentuées. Ce dispositif a reçu d'assez nombreuses applications dans différents pays, mais il n'est employé ordinairement que pour des lignes très courtes, et sur lesquelles les trains en circulation, composés de une ou deux voitures au plus sont toujours au nombre de deux : un montant et un descendant, reliés ensemble par un câble passant sur une poulie ou un tambour au sommet de la côte, comme les deux seaux que l'on fait descendre dans les puits.

Dans ce système, on établit, à l'extrémité supérieure de la ligne à exploiter un réservoir alimenté par des sources voisines, et d'un débit en rapport avec le nombre de départs que l'on veut effectuer. Chaque voiture est pourvue d'une caisse à eau dont la contenance est telle qu'un véhicule descendant avec cette caisse pleine et sans voyageurs, puisse remonter à une vitesse déterminée le seconde voiture, dont la caisse à eau est vide, mais qui a son chargement complet de voyageurs. Les voitures s'arrêtent donc à chaque extrémité de la ligne ; celle qui vient d'être remontée et dont la caisse à eau est vide est remplie à nouveau, tandis qu'au contraire on vide la caisse de la voiture arrivée au bas du parcours ; puis, les voyageurs étant montés le train est remis en marche.

Mais il peut arriver que le débit des sources alimentant le réservoir supérieur ne soit pas suffisant pour permettre d'agir de la façon que nous venons d'indiquer. La solution à adopter dans ce cas se détermine alors d'après les considérations suivantes :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque les deux voitures de descente et de montée sont complètes, il est nécessaire d'ajouter au véhicule descendant un certain poids d'eau pour assurer la vitesse nécessaire. Si la voiture descendante ne contient pas de voyageurs pendant que celle montante est complète, il faut encore ajouter un poids d'eau représentant celui des voyageurs absents à la descente ; aussi la capacité de la caisse à eau doit elle être calculée en conséquence pour ce poids total.

Enfin, si la voiture descendante est pleine de voyageurs, tandis que celle montante est vide, il n'y a pas lieu de créer de contrepoids d'eau à la descente, et on peut même charger le réservoir de la voiture montante d'une certaine quantité d'eau prise dans un bassin inférieur et déversée au sommet dans un bassin supérieur, auquel on fournit ainsi l'appoint d'eau nécessaire au commencement du service le lendemain. Ce dispositif a été appliqué pour la première fois par un ingénieur italien, M. Agudio, qui a fait une étude spéciale de ce genre de traction.

Dans le cas où, malgré cet artifice, la quantité d'eau dont on dispose au sommet de la ligne ne permet pas d'assurer le service de la journée, ou encore si cette quantité est insignifiante, il faudra établir, à proximité du réservoir inférieur, une pompe élevant le complément d'eau nécessaire au réservoir supérieur, ou bien encore actionner le câble reliant les deux voitures l'une à l'autre en passant sur une grande poulie placée au point culminant, à l'aide d'un moteur fixe, à vapeur ou électrique, aux différents moments de la journée, et suivant qu'on en jugera la nécessité venue.

En Angleterre, quelques plages très fréquentées pendant la saison des bains de mer, se trouvent situées au pied de falaises escarpées, d'un accès difficile. On a alors établi entre la plage et la falaise un tramway funiculaire à contrepoids d'eau, qui facilite considérablement les communications de l'un à l'autre.

Toutes ces installations ont eu beaucoup de succès, et à Clifton (Bristol) notamment, le nombre des voyageurs transportés dans les six mois de printemps et d'été de l'année d'inauguration, a dépassé le chiffre de 330.000. Dans cette installation, le réservoir supérieur est tenu constamment plein au moyen d'une pompe mue par un moteur à gaz et puisant dans le réservoir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inférieur, ce dernier reçoit l'eau de décharge des voitures lorsqu'elles arrivent en ce point, et par une canalisation, une quantité d'eau de mer suffisante pour remplacer les pertes. En même temps, une voiture qui arrive à la station supérieure est alimentée par le réservoir correspondant, et sa caisse à eau s'emplit rapidement. Ces opérations de vidange et de remplissage se font pendant que les voyageurs montent ou descendent et n'occasionnent aucun retard.

Les voitures sont munies de deux freins : l'un automatique, qui agit en cas de rupture du câble, et l'autre, qui applique sur les rails au moyen d'une pression hydraulique, deux patins qui produisent presque instantanément l'arrêt de la voiture. Ce dernier se manœuvre à la main, et il agit aussi automatiquement lorsque la vitesse du train devient excessive.

325. — *Transporteurs suspendus à câble aérien.* — Les quelques installations de ce genre faites en Europe et en Amérique, ont été inspirées des transporteurs aériens en usage dans les contrées montagneuses dépourvues de chemins de communication pour le transport du minerai ou du charbon par exemple.

L'inclinaison de ces lignes, parfois très forte, est généralement suffisante pour que la charge des wagonnets descendants puisse opérer, sans l'aide d'aucun moteur, la montée des wagonnets ou bennes vides, souvent même il faut faire usage d'un frein puissant pour empêcher outre mesure l'accélération des véhicules.

Cependant, dans les installations d'un grand développement surtout, l'inclinaison de la ligne n'est pas toujours du même sens, sur tout le parcours, et il se présente des rampes et des pentes successives qui nécessitent alors, dans certaines parties l'emploi d'un moteur.

L'une des installations les plus remarquables de ce genre est celle de Gyalar (Hongrie), dont la ligne aérienne a une longueur de plus de 30 kilomètres. Elle sert à amener à de hauts fourneaux situés à 10 kilomètres de Gyalar, le minerai de fer extrait de ce dernier point, ainsi que le charbon de bois produit à près de 21 kilomètres encore au delà. Ce chemin de fer franchit 62 vallées et 60 crêtes, et la différence d'altitude de ses points extrêmes est de 892 mètres, les chutes accumulées formant un total de 797 mètres, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les remontées un total de 95 kilomètres seulement. Les portées données au câble pour franchir les ravins ont jusqu'à 472 mètres ; l'une de ces traversées passe à 247 mètres au-dessus du fond de la vallée. Les pentes ont fréquemment 1 de hauteur sur 1 1/2 de base ; enfin, le support le plus élevé de l'installation a une hauteur de 27 mètres, et il partage en deux parties sensiblement égales une partie qui aurait eu sans cet appui intermédiaire une longueur de 654 mètres.

La partie de la ligne comprise entre Gyalar et la forêt est divisée en six sections actionnées deux à deux par un moteur de six chevaux. Sur la section de Gyalar, aux hauts fourneaux, l'aide du moteur n'est pas nécessaire, lorsque la ligne transporte son plein, pour opérer la marche du convoi, et des freins sont même alors disposés pour régler la vitesse ; mais lorsque le trafic est réduit ou que les bennes sont chargées à la remonte, il faut l'aide du moteur.

Le diamètre du câble de support est de 17 millimètres entre la forêt de Gyalar, et de 23 millimètres entre ce dernier point et les hauts fourneaux. Les câbles de traction ont respectivement de 13 à 18 millimètres. Le charbon est chargé dans des caisses en tôle d'une contenance de 120 kilogrammes. A Gyalar, le minerai est joint au charbon à raison de deux bennes de minerai se chargeant à 300 kilogrammes chacune, pour une caisse de charbon. De Gyalar aux hauts fourneaux, le nombre de bennes expédiées à l'heure est de 100, tant en minerai qu'en charbon.

L'installation de ce chemin de fer a coûté 39.000 francs le kilomètre.

En Europe, une seule application de ce mode de traction a été faite au transport des voyageurs : c'est celle de Gibraltar qui transporte les voyageurs de la Tour des Signaux, située sur la colline du centre, à une altitude de 380 mètres, à l'extrémité sud de la ville, au bas de la même colline, à 80 mètres d'altitude.

Cette ligne aérienne d'une longueur de 300 mètres, n'est guère utilisée que par les touristes, et une voie ferrée ordinaire eut été beaucoup trop dispendieuse, eu égard au faible trafic à prévoir. Les voitures ont la forme d'une caisse ou benne et ne peuvent contenir qu'une personne. Elles roulent sur un câble porteur, soutenu par des chevalets disposés le long du coteau ; le câble de traction est disposé un peu au-dessous.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une deuxième ligne semblable fonctionne au Mexique : elle passe au-dessus de gorges profondes et de précipices d'un très grand attrait. Aussi est-elle très fréquentée les jours de fête, notamment. Les voitures sont de simples plateformes pouvant contenir seulement deux voyageurs.

Une autre ligne aérienne, mais plus importante, existe dans l'Etat de Tennessee, aux Etats-Unis ; la distance des points extrêmes, en ligne droite, est de 325 mètres, et leur différence d'altitude de 107 mètres, ce qui donne une pente de 33 %. Cette ligne passe au-dessus d'une rivière, sans aucun support intermédiaire ; elle est également très fréquentée. Il n'y a qu'un seul véhicule en circulation sur la ligne ; il peut contenir seize voyageurs assis, et pèse à vide 550 kilogrammes. La montée dure 3 minutes 1/2, et la descente 1/2 minute seulement ; la vitesse moyenne réalisée dans ce dernier parcours est ainsi de 40 kilomètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TROISIÈME PARTIE

LOIS ET RÈGLEMENTS DIVERS RELATIFS AUX TRAMWAYS, CHEMINS DE FER SUR ROUTES, AUTOMOBILES, ETC.

Loi du 11 juin 1880 relative aux chemins de fer d'interêt local et aux tramways.

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté,
Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

CHAPITRE PREMIER

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

Article Premier. — L'etablissement des chemins de fer d'intérêt local par les départements ou par les communes, avec ou sans le concours des propriétaires intéressés, est soumis aux dispositions suivantes :

Art. 2. — S'il s'agit de chemins à établir par un département, sur le territoire d'une ou plusieurs communes, le conseil général arrête, après instruction préalable par le préfet et après enquête, la direction de ces chemins, le mode et les conditions de leur construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation, en se conformant aux clauses et conditions du cahier des charges type approuvé par le Conseil d'Etat, sauf les modifications qui seraient apportées par la convention et la la loi d'approbation.

Si la ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, il y aura lieu à l'application des articles 80 et 90 de la loi du 10 août 1871.

S'il s'agit de chemins de fer d'intérêt local à établir par une commune sur son territoire, les attributions confiées au conseil général par le paragraphe 1er du présent article seront exercées par le conseil municipal dans les mêmes conditions et sans qu'il soit besoin de l'approbation du préfet.

Les projets de chemins de fer d'intérêt local départementaux ou communaux, ainsi arrêtés, sont soumis à l'examen du Conseil général des ponts et chaussées et du Conseil d'Etat. Si le projet a été arrêté par un conseil municipal, il est accompagné de l'avis du conseil général.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par une loi.

Art. 3. — L'autorisation obtenue, s'il s'agit d'un chemin de fer concédé par le conseil général, le préfet, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef du département, soumet les projets d'exécution au conseil général, qui statue définitivement.

Néanmoins, dans les deux mois qui suivent la délibération, le ministre des travaux publics, sur la proposition du préfet peut, après avoir pris l'avis du conseil général des ponts et chaussées, appeler le conseil général du département à délibérer de nouveau sur lesdits projets.

Si la ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, et s'il y a désaccord entre les conseils généraux, le ministre statue :

S'il s'agit d'un chemin concédé par un conseil municipal, les attributions exercées par le conseil général, aux termes du paragraphe 1er du présent article, appartiennent au conseil municipal, dont la délibération est soumise à l'approbation du préfet.

Si un chemin de fer d'intérêt local doit emprunter le sol d'une voie publique, les projets d'exécution sont précédés de l'enquête prévue par l'article 29 de la présente loi.

Dans ce cas, sont également applicables les articles 34, 35, 37 et 38 ci-après.

Les projets de détail des ouvrages sont approuvés par le préfet, sur l'avis de l'ingénieur en chef.

Art. 4. — L'acte de concession détermine les droits de péage et les prix de transport que le concessionnaire est autorisé à percevoir pendant toute la durée de sa concession.

Art. 5. — Les taxes perçues dans les limites du maximum fixé par le cahier des charges sont homologuées par le ministre des travaux publics, dans le cas où la ligne s'étend sur plusieurs départements et dans le cas de tarifs communs à plusieurs lignes. Elles sont homologuées par le préfet dans les autres cas.

Art. 6. — L'autorité qui fait la concession a toujours le droit :

1° D'autoriser d'autres voies ferrées à s'embrancher sur des lignes concédées ou à s'y raccorder ; 2° D'accorder à ces entreprises nouvelles, moyennant des droits de péage fixés par le cahier des charges, la faculté de faire circuler les voitures sur les lignes concédées ; 3° De racheter la concession aux conditions qui seront fixées par le cahier des charges ; 4° De supprimer ou de modifier une partie du tracé lorsque la nécessité en aura été reconnue après enquête.

Dans ces deux derniers cas, si les droits du concessionnaire ne sont pas réglés par un accord préalable ou par un arbitrage établi soit par le cahier des charges soit par une convention postérieure, l'indemnité qui peut lui être due est liquidée par une commission spéciale formée comme il est dit au paragraphe 3 de l'article 11 de la présente loi.

Art. 7. — Le cahier des charges détermine : 1° Les droits et les obligations du concessionnaire pendant la durée de la concession ; 2° Les droits et les obligations du concessionnaire à l'expiration de la concession ; 3° Les cas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans lesquels l'inexécution des conditions de la concession peut entraîner la déchéance du concessionnaire, ainsi que les mesures à prendre à l'égard du concessionnaire déchu.

La déchéance est prononcée dans tous les cas par le Ministre des travaux publics, sauf recours au Conseil d'Etat par la voie contentieuse.

Art. 8. — Aucune concession ne pourra faire obstacle à ce qu'il soit accordé des concessions concurrentes, à moins de stipulation contraire dans l'acte de concession.

Art. 9. — A l'expiration de la concession, le concédant est substitué à tous les droits du concessionnaire sur les voies ferrées qui doivent lui être remises en bon état d'entretien.

Le cahier des charges règle les droits et les obligations du concessionnaire en ce qui concerne les autres objets mobiliers ou immobiliers servant à l'exploitation de la voie ferrée.

Art. 10. — Toute cession totale ou partielle de la concession, la fusion des concessions ou des administrations, tout changement de concessionnaire, la substitution de l'exploitation directe à l'exploitation par concession, l'élévation des tarifs au-dessus du maximum fixé, ne pourront avoir lieu qu'en vertu d'un décret délibéré en Conseil d'Etat, rendu sur l'avis conforme du conseil général, s'il s'agit de lignes concédées par les départements, ou du conseil municipal, s'il s'agit de lignes concédées par les communes.

Les autres modifications pourront être faites par l'autorité qui a consenti la concession : s'il s'agit de lignes concédées par les départements, elles seront faites par le conseil général statuant conformément aux articles 48 et 49 de la loi du 10 août 1871 ; s'il s'agit de lignes concédées par les communes, elles seront faites par le conseil municipal, dont la délibération devra être approuvée par le préfet.

En cas de cession, l'inobservation des conditions qui précèdent entraîne la nullité et peut donner lieu à la déchéance.

Art. 11. — A toute époque, une voie ferrée peut être distraite du domaine public départemental ou communal et classée par une loi dans le domaine de l'Etat.

Dans ce cas, l'Etat est substitué aux droits ou obligations du département ou de la commune, à l'égard des entrepreneurs ou concessionnaires, tels que ces droits ou obligations résultent des conventions légalement autorisées.

En cas d'éviction du concessionnaire, si ses droits ne sont pas réglés par un accord préalable ou par un arbitrage établi, soit par le cahier des charges, soit par une convention postérieure, l'indemnité qui peut lui être due est liquidée par une commission spéciale qui fonctionne dans les conditions réglées par la loi du 29 mai 1845. Cette commission sera instituée par un décret et composée de 9 membres, dont trois désignés par le Ministre des travaux publics, trois par le concessionnaire et trois par l'unanimité des six membres déjà désignés ; faute par ceux-ci de s'entendre dans le mois de la notification à eux faite de leur nomination, le choix de ceux des trois membres qui n'auront pas été désignés à l'unanimité sera fait par le premier président et les présidents réunis de la cour d'appel de Paris.

En cas de désaccord entre l'Etat, le département ou la commune, les in-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

demnités ou dédommagements qui peuvent être dus par l'Etat sont déterminés par un décret délibéré en Conseil d'Etat.

Art 12. — Les ressources créées en vertu de la loi du 21 mai 1836 peuvent être appliquées, en partie, à la dépense des voies ferrées, par les communes qui auront assuré l'exécution de leur réseau subventionné et l'entretien de tous les chemins classés.

Art. 13. — Lors de l'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local, l'Etat peut s'engager — en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses de l'exploitation à cinq pour cent (5 p. 0/0) par an du capital du premier établissement, tel qu'il a été prévu par l'acte de concession, augmenté, s'il y a lieu, des insuffisances constatées pendant la période assignée à la construction par ledit acte — à subvenir pour partie au paiement de cette insuffisance, à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

La subvention de l'Etat sera formée : 1° D'une somme fixe de cinq cents francs (500 fr.) par kilomètre exploité ; 2° Du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de dix mille francs (10.000 fr.) par kilomètre pour les lignes établies de manière à recevoir les véhicules des grands réseaux ; 3° huit mille francs (8.000 fr.) pour les lignes qui ne peuvent recevoir ces véhicules.

En aucun cas, la subvention de l'Etat ne pourra élever la recette brute au-dessus de dix mille cinq cents francs (10.500 fr.), et de huit mille cinq cents francs (8.500 fr.) suivant les cas, ni attribuer au capital de premier établissement plus de cinq pour cent (5 p. 0/0) par an.

La participation de l'Etat sera suspendue quand la recette brute annuelle atteindra les limites ci-dessus fixées.

Art. 14. — La subvention de l'Etat ne peut être accordée que dans les limites fixées, pour chaque année, par la loi des finances.

La charge annuelle imposée au Trésor en exécution de la présente loi ne peut, en aucun cas, dépasser quatre cent mille francs (400.000 francs), pour l'ensemble des lignes situées dans un même département.

Art. 15. — Dans le cas où le produit brut de la ligne pour laquelle une subvention a été payée devient suffisant pour couvrir les dépenses d'exploitation et six pour cent (6 p. 0/0) par an du capital de premier établissement, tel qu'il est prévu par l'article 13, la moitié du surplus de la recette est partagée entre l'Etat, le département, ou, s'il y a lieu, la commune et les autres intéressés, dans la proportion des avances faites par chacun d'eux, jusqu'à concurrence du complet remboursement de ces avances, sans intérêts.

Art. 16. — Un règlement d'administration publique déterminera : 1° Les justifications à fournir par les concessionnaires pour établir les recettes et les dépenses annuelles ; 2° Les conditions dans lesquelles seront fixées, en exécution de la présente loi, le chiffre de la subvention due par l'Etat, le département ou les communes, et lorsqu'il y aura lieu, la part revenant à l'Etat, au département, aux communes ou aux intéressés, à titre de remboursement de leurs avances sur le produit net de l'exploitation.

Art. 17. — Les chemins de fer d'intérêt local qui reçoivent ou ont reçu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une subvention du Trésor peuvent seuls être assujettis envers l'Etat à un service gratuit ou à une réduction du prix des places.

Art. 18. — Aucune émission d'obligations, pour les entreprises prévues par la présente loi ne pourra avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation donnée par le Ministre des travaux publics, après avis du ministre des finances.

Il ne pourra être émis d'obligations pour une somme supérieure au montant du capital-actions, qui sera fixé à la moitié au moins de la dépense jugée nécessaire pour le complet établissement et la mise en exploitation de la voie ferrée. Le capital-actions devra être effectivement versé, sans qu'il puisse être tenu compte des actions libérées ou à libérer autrement qu'en argent.

Aucune émission d'obligations ne doit être autorisée avant que les quatre cinquièmes du capital-actions aient été versés et employés en achat de terrains, approvisionnements sur place ou en dépôt de cautionnement.

Toutefois les concessionnaires pourront être autorisés à émettre des obligations, lorsque la totalité du capital-actions aura été versée, et s'il est dûment justifié que plus de la moitié du capital-actions a été employée dans les termes du paragraphe précédent ; mais les fonds provenant de ces émissions anticipées devront être déposés à la Caisse des dépôts et consignations et ne pourront être mis à la disposition des concessionnaires que sur l'autorisation formelle du Ministre des travaux publics.

Les dispositions des paragraphes 2, 3 et 4 du présent article ne seront pas applicables dans le cas où la concession serait faite à une Compagnie déjà concessionnaire d'autres chemins de fer en exploitation, si le Ministre des travaux publics reconnaît que les revenus nets de ces chemins sont suffisants pour assurer l'acquittement des charges résultant des obligations à émettre.

Art. 19. — Le compte rendu détaillé des résultats de l'exploitation, comprenant les dépenses d'établissement et d'exploitation et les recettes brutes, sera remis tous les trois mois, pour être publié, au préfet, au président de la commission départementale et au Ministre des Travaux publics.

Le modèle des documents à fournir sera arrêté par le Ministre des travaux publics.

Art. 20. — Par dérogation aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, le préfet peut dispenser de poser des clôtures sur tout ou partie de la voie ferrée ; il peut également dispenser de poser des barrières au croisement des chemins peu fréquentés.

Art. 21. — La construction, l'entretien et les réparations des voies ferrées avec leurs dépendances, l'entretien du matériel et le service de l'exploitation sont soumis au contrôle et à la surveillance des préfets, sous l'autorité du Ministre des travaux publics.

Les frais de contrôle sont à la charge des concessionnaires, ils seront réglés par le cahier des charges ou, à défaut, par le préfet, sur l'avis du conseil général, et approuvés par le Ministre des travaux publics.

Art. 22. — Les dispositions de l'article 20 de la présente loi sont également applicables aux concessions de chemins de fer industriels destinés à desservir des exploitations particulières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 23. — Sur la proposition des conseils généraux ou municipaux intéressés, et après adhésion des concessionnaires, la substitution, aux subventions en capital promises en exécution de l'article 5 de la loi de 1865, de la subvention en annuités stipulées par la présente loi, pourra, par décret délibéré en Conseil d'Etat, être autorisée en faveur des lignes d'intérêt local actuellement déclarées d'utilité publique et non encore exécutées.

Ces lignes seront soumises, dès lors, à toutes les obligations résultant de la présente loi.

Il n'y aura pas lieu de renouveler les concessions consenties ou les mesures d'instruction accomplies avant la promulgation de la présente loi, si toutes les formalités qu'elle prescrit ont été observées par avance.

Art. 24. — Toutes les conventions relatives aux concessions et rétrocessions de chemin de fer d'intérêt local, ainsi que les cahiers des charges annexés, ne seront passibles que du droit d'enregistrement fixe d'un franc.

Art. 25. — La loi du 12 juillet 1865 est abrogée.

CHAPITRE DEUXIÈME

TRAMWAYS

Art. 26. — Il peut être établi, sur les voies dépendant du domaine public de l'Etat, des départements ou des communes, des tramways ou voies ferrées à traction de chevaux ou de moteurs mécaniques.

Ces voies ferrées, ainsi que les déviations accessoires construites en dehors du sol des routes et chemins et classées comme annexes, sont soumises aux dispositions suivantes :

Art. 27. — La concession est accordée par l'Etat lorsque la ligne doit être établie, en tout ou en partie, sur une voie dépendant du domaine public de l'Etat.

Cette concession peut être faite aux villes ou aux départements intéressés avec faculté de rétrocession.

La concession est accordée par le conseil général, au nom du département, lorsque la voie ferrée, sans emprunter une route nationale, doit être établie, en tout ou en partie, soit sur une route départementale, soit sur un chemin de grande communication ou d'intérêt commun, ou doit s'étendre sur le territoire de plusieurs communes.

Si la ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, il y aura lieu à l'application des articles 89 et 90 de la loi du 10 août 1871.

La concession est accordée par le conseil municipal, lorsque la voie ferrée est établie entièrement sur le territoire de la commune et sur un chemin vicinal ordinaire ou sur un chemin rural.

Art. 28. — Le département peut accorder la concession à l'Etat ou à une commune avec faculté de rétrocession ; une commune peut agir de même à l'égard de l'Etat ou du département.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 29. — Aucune concession ne peut être faite qu'après une enquête dans les formes déterminées par un règlement d'administration publique et dans laquelle les conseils généraux des départements et les conseils municipaux des communes dont la voie doit traverser le territoire seront entendus, lorsqu'il ne leur appartiendra pas de statuer sur la concession.

L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par décret délibéré en Conseil d'Etat, sur le rapport du Ministre des travaux publics, après avis du Ministre de l'intérieur.

Art. 30. — Toute dérogation ou modification apportée aux clauses du cahier des charges type, approuvé par le Conseil d'Etat, devra être expressément formulée dans les traités passés au sujet de la concession, lesquels seront soumis au Conseil d'Etat et annexés au décret.

Art. 31. — Lorsque, pour l'établissement d'un tramway, il y aura lieu à expropriation, soit pour l'élargissement d'un chemin vicinal, soit pour l'une des déviations prévues à l'article 26 de la présente loi, cette expropriation pourra être opérée conformément à l'article 16 de la loi du 21 mai 1836 sur les chemins vicinaux, et à l'article 2 de la loi du 8 juin 1864.

Art. 32. — Les projets d'exécution sont approuvés par le Ministre des travaux publics, lorsque la concession est accordée par l'Etat.

Les dispositions de l'article 3 sont applicables lorsque la concession est accordée par un département ou par une commune.

Art. 33. — Les taxes perçues dans les limites du maximum fixé par l'acte de concession sont homologuées par le Ministre des travaux publics, dans le cas où la concession est faite par l'Etat, et par le préfet dans les autres cas.

Art. 34. — Les concessionnaires de tramways ne sont pas soumis à l'impôt des prestations établi par l'article 3 de la loi du 21 mai 1836, à raison des voitures et des bêtes de trait exclusivement employées à l'exploitation du tramway.

Les départements ou les communes ne peuvent exiger des concessionnaires une redevance ou un droit de stationnement qui n'aurait pas été stipulé expressément dans l'acte de concession.

Art. 35. — A l'expiration de la concession, l'Administration peut exiger que les voies ferrées qu'elle avait concédées soient supprimées en tout ou en partie, et que les voies publiques et leurs déviations lui soient remises en état de viabilité aux frais du concessionnaire.

Art. 36. — Lors de l'établissement d'un tramway desservi par les locomotives et destiné au transport des marchandises en même temps qu'au transport des voyageurs, l'Etat peut s'engager — en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation à cinq pour cent (5 p. 0/0) par an du capital d'établissement tel qu'il a été prévu par l'acte de concession et augmenté, s'il y a lieu, des insuffisances constatées pendant la période assignée à la construction par ledit acte, — à subvenir, pour partie, au payement de cette insuffisance, à condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune avec ou sans le concours des intéressés.

La subvention de l'Etat sera formée : 1° D'une somme fixe de cinq cents

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

francs (500 fr.) par kilomètre exploité ; 2° Du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de six mille francs (6.000 fr.) par kilomètre.

En aucun cas, la subvention de l'Etat ne pourra élever la recette brute au-dessus de six mille cinq cents francs (6.500 fr.), ni attribuer au capital de premier établissement plus de cinq pour cent (5 p. 0/0) par an.

La participation de l'Etat sera suspendue de plein droit quand les recettes brutes annuelles atteindront la limite ci-dessus fixée.

Art. 37. — La loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer est applicable aux tramways, à l'exception des articles 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10.

Art. 38. — Un règlement d'administration publique déterminera les mesures nécessaires à l'exécution des dispositions qui précèdent et notamment :

1° Les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire, tant pour la construction que pour la circulation des voitures et des trains, les voies ferrées dont l'établissement sur le sol des voies publiques aura été autorisé ;

2° Les rapports entre le service de ces voies ferrées et les autres services intéressés.

Art. 39. — Sont applicables aux tramways les dispositions des articles 4, 6 à 12, 14 à 19, 21 et 24 de la présente loi.

La présente loi délibérée et adoptée par le Sénat et la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris le 11 juin 1880. Le Président de la République :

JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :
Le Ministre des Travaux publics,

H. VARROY.

Décret portant règlement d'administration publique sur la forme des enquêtes, en matière de chemins de fer d'intérêt local et de tramways.

Le Président de la République française,
Sur le rapport du Ministre des travaux publics ;
Vu la loi du 11 juin 1880, et notamment les articles ci-après :

« Article 29, § 1er (Chapitre 2. — Tramways). Aucune concession ne peut être faite qu'après une enquête dans les formes déterminées par un règlement d'administration publique et dans laquelle les conseils généraux des départements et les conseils municipaux des communes dont la voie doit traverser le territoire seront entendus, lorsqu'il ne leur appartiendra pas de statuer sur la concession. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Article 3, § 5 (Chapitre 1er. — Chemins de fer d'intérêt local). Si un chemin de fer d'intérêt local doit emprunter le sol d'une voie publique, les projets d'exécution sont précédés de l'enquête prévue par l'article 29 de la présente loi. »

Vu l'avis du Conseil général des ponts et chaussées, en date du 21 février 1881;

Le Conseil d'État entendu,

Décrète :

Article premier. — Les demandes tendant à établir des voies ferrées à traction de chevaux ou de moteurs mécaniques sur les voies dépendant du domaine public sont adressées :

Au Ministre des travaux publics, lorsque la concession doit, conformément à l'article 29 de la loi susvisée, être accordée par l'Etat ;

Au préfet, lorsqu'elle doit être accordée par le conseil général ;

Au maire, lorsqu'elle peut l'être par le conseil municipal.

Art. 2. — La demande doit être accompagnée d'un avant-projet comprenant :

1° Un extrait de carte à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$;

2° Un plan général des voies publiques empruntées, ainsi que les déviations proposées à l'échelle de $\frac{1}{10,000}$ avec indication des constructions qui bordent ces voies publiques, des chemins publics ou particuliers qui s'en détachent, des plantations ou des ouvrages d'art qui en dépendent ; on désignera sur ce plan, au moyen de teintes conventionnelles, les sections du tramway que l'on projette de construire avec simple ou avec double voie, et celles qui seraient établies avec rails encastrés dans la chaussée et plateforme accessible à la circulation des voitures ordinaires, ou avec rails saillants et plateforme non praticable pour les voitures ordinaires; on indiquera aussi les emplacements des stations, haltes, garages, et, en général, de toutes les dépendances du tramway;

3° Un profil en long à l'echelle de $\frac{1}{5,000}$ pour les longueurs et de $\frac{1}{1,000}$ pour les hauteurs, indiquant au moyen d'un trait et de cotes noires les déclivités de la voie publique existante, et au moyen d'un trait et de cotes rouges celles de la voie ferrée, ainsi que les déviations projetées ;

4° Des profils en travers types, à l'échelle de deux centimètres ($0^m,02$) pour mètre, indiquant les dispositions de la plateforme de la voie ferrée avec le gabarit du matériel roulant, coté de dehors en dehors, de toutes les saillies latérales que ce matériel comporte ; ces profils en travers devant s'appliquer soit au cas où la plateforme de la voie ferrée resterait accessible et praticable pour les voitures ordinaires, soit au cas où la plateforme de la voie ferrée ne devrait pas être accessible à la circulation des voitures ordinaires;

5° Un plan à l'échelle de cinq millimètres par mètre de chacune des traverses suivies par le tramway.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce dernier plan sera dressé dans la forme des plans d'alignement des traverses.

Il indiquera les propriétés bâties en bordure, avec les noms des propriétaires.

Les caniveaux et les trottoirs y seront tracés exactement.

La zone qui doit être occupée par la circulation du matériel roulant du tramway (toutes saillies latérales comprises) sera limitée au moyen de deux traits bleus, et cette zone sera recouverte d'une teinte bleue.

Ces cotes, en nombre suffisant, serviront à indiquer, notamment dans les parties étroites, la largeur de la zone qui serait affectée à la circulation du matériel du tramway, la largeur de chacune des parties latérales de la chaussée qui resteraient libres entre la zone teintée en bleu, comme il est dit ci-dessus, et les bordures des trottoirs, ainsi que la largeur de chaque trottoir ou les largeurs qui seraient comprises entre la même zone et les façades de constructions.

Art. 3. — A l'avant-projet sera joint un mémoire descriptif indiquant le but de l'entreprise, les avantages qu'on peut s'en promettre et les dépenses qu'elle entraînera.

On y annexera le tarif des droits dont le produit serait destiné à couvrir les frais des travaux projetés.

Les données suivantes seront relatées dans un chapitre spécial du mémoire descriptif :

1° Le genre de service auquel le tramway serait affecté : voyageurs seulement, voyageurs et messageries ou voyageurs et marchandises ;

2° Le mode d'exploitation projeté, avec arrêts seulement à certaines gares et haltes déterminées, — ou bien avec arrêts en pleine voie, à l'effet de prendre et de laisser sur tous les points du parcours les voyageurs et les marchandises d'une certaine catégorie (sous réserve de l'observation des règlements de police à intervenir), indépendamment des stationnements aux gares et haltes indiquées ;

3° Le minimum du rayon des courbes suivant lesquelles la voie ferrée serait tracée ;

4° Le maximum des déclivités des rampes et pentes de la voie ferrée ;

5° Le mode de traction qui serait employé ;

6° Le maximum de largeur du matériel roulant, toutes saillies latérales comprises ;

7° Les dispositions qui seraient proposées à l'effet de maintenir l'accès des chemins publics ou particuliers, ainsi que des maisons riveraines ;

8° Le minimum de la distance qui séparera la zone affectée au tramway des façades des propriétés riveraines situées en rase campagne ou de l'arête extérieure de l'accotement des voies publiques ;

9° Le maximum de la longueur des trains :

10° Le maximum de la vitesse des trains ;

11° Le nombre minimum des trains qui seront mis chaque jour à la disposition du public.

Art. 4. — Après instruction, la demande est soumise à l'autorité qui doit faire la concession, et celle-ci décide s'il y a lieu de procéder à l'enquête.

Quand cette autorité a décidé que l'enquête doit avoir lieu, le préfet prend

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un arrêté pour fixer le jour et les lieux où l'enquête sera ouverte et pour nommer les membres de la commission, le tout conformément aux règles ci-après.

Cet arrêté est affiché dans toutes les communes de chacun des cantons que la ligne doit traverser.

Art. 5. — La commission d'enquête se compose de sept membres au moins et de neuf au plus, pris parmi les principaux propriétaires de terres, de bois, de mines, les négociants et les chefs d'établissements industriels.

Si la ligne ne doit pas sortir des limites d'une commune, la commission se réunit à la mairie de cette commune; si elle traverse plusieurs communes d'un même arrondissement, la commission se réunit à la sous-préfecture de cet arrondissement; si elle traverse plusieurs arrondissements d'un même département, la commission siège à la préfecture; si elle traverse deux ou plusieurs départements, il est nommé une commission par département et chacune d'elles siège à la préfecture.

La commission désigne elle-même son président et son secrétaire.

Art. 6. — Les pièces indiquées aux articles 2 et 3 ainsi que des registres destinés à recevoir les observations auxquelles peut donner lieu l'entreprise projetée restent déposés pendant un mois à la mairie de chaque chef-lieu de canton que la ligne doit traverser, ou à la mairie de la commune, si la ligne ne sort pas du territoire d'une commune.

En outre, le plan de chaque traverse mentionnée au n° 5 de l'article 2 est déposé pendant le même temps avec un registre spécial à la mairie de la commune traversée.

Les pièces ci-dessus indiquées sont fournies par le demandeur en concession et à ses frais.

Art. 7. — A l'expiration du délai ci-dessus fixé, la commission d'enquête se réunit sur la convocation du préfet, du sous-préfet ou du maire, suivant le lieu où elle doit siéger; elle examine les déclarations consignées aux registres de l'enquête, entend les ingénieurs des ponts et chaussées et des mines employés dans le département, et, après avoir recueilli auprès de toutes les personnes qu'elle juge utile de consulter les renseignements dont elle croit avoir besoin, elle donne son avis motivé tant sur l'utilité de l'entreprise que sur les diverses questions qui ont été posées par l'Administration ou soulevées au cours de l'enquête.

Ces diverses opérations, dont elle dresse procès-verbal, doivent être terminées dans un délai de quinze jours.

Art. 8. — Aussitôt que le procès-verbal de la commission d'enquête est clos, et au plus tard à l'expiration du délai fixé en vertu de l'article précédent, le président de la commission transmet ledit procès-verbal au préfet avec les registres et les autres pièces.

Art. 9. — Les chambres de commerce, et à défaut les chambres consultatives des arts et manufactures des villes intéressées à l'exécution des travaux sont appelées par le préfet à délibérer et à exprimer leur opinion sur l'utilité et la convenance de l'entreprise.

Les procès-verbaux de leurs délibérations doivent être remis au préfet avant l'expiration du délai fixé dans l'article 7.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 10. — Les conseils généraux des départements et les conseils municipaux des communes dont la voie projetée doit traverser le territoire, convoqués au besoin en session extraordinaire, sont appelés à délibérer et à émettre leur avis sur les mêmes objets, lorsqu'il ne leur appartient pas de statuer sur la concession.

Art. 11. — Lorsque toutes les formalités prescrites par les articles précédents ont été remplies, ainsi que celles qui peuvent être nécessaires aux termes des lois et règlements sur les travaux mixtes, le préfet adresse dans le plus bref délai possible le dossier complet, avec l'avis des ingénieurs et son avis particulier, à l'autorité qui doit donner la concession ; il joint à ce dossier le projet du cahier des charges de la concession.

Art. 12. — Les dispositions qui précèdent sont applicables aux chemins de fer d'intérêt local qui doivent emprunter le sol de voies publiques sur une partie de leurs parcours.

Les avant-projets et mémoires descriptifs de ces lignes de chemins de fer sont complétés conformément aux articles 2 et 3 du présent décret et au paragraphe 5 de l'article 3 de la loi susvisée, pour ce qui concerne les sections à poser sur les voies publiques.

L'enquête faite dans les formes ci-dessus sert pour faire déclarer l'utilité publique de l'entreprise et pour en faire autoriser l'exécution tant sur le sol des routes et chemins qu'en dehors des voies publiques.

Art. 13. — Le Ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 18 mai 1881.

JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :
Le Ministre des Travaux publics,
SADI CARNOT.

Décret portant règlement d'administration publique

Pour l'exécution de l'article 38 de la loi du 11 juin 1880.
(Établissement et exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques).

Le Président de la République française,
Sur le rapport du Ministre des travaux publics ;
Vu la loi du 11 juin 1880 et notamment l'article 38 ainsi conçu :
« Un règlement d'administration publique déterminera les mesures néces-
« saires à l'exécution des dispositions qui précèdent et notamment :
« 1° Les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire, tant pour leur
« construction que pour la circulation des voitures et des trains, les voies
« ferrées dont l'établissement sur le sol des voies publiques aura été autorisé ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« 2° Les rapports entre le service de ces voies ferrées et les autres services « intéressés. »

Vu les avis du Conseil général des ponts et chaussées, en date des 20 janvier et 7 juillet 1881 ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décrète :

TITRE PREMIER

CONSTRUCTION

Article premier. — *Projet d'exécution.*

Aucun travail ne peut être entrepris pour l'établissement d'une voie ferrée sur le sol de voies publiques qu'avec l'autorisation de l'Administration compétente donnée sur le vu des projets d'exécution.

Chaque projet d'exécution comprend l'extrait de carte, le plan général, le profil en long, les profils en travers types et les plans de traverses dont la production est exigée par l'article 2 du règlement d'administration publique du 18 mai 1881, ces documents dressés dans la forme prescrite par l'article précité, et dûment complétés ou rectifiés d'après les résultats de l'instruction à laquelle l'avant-projet a été soumis.

Le projet d'exécution comprend en outre :

1° Des profils en travers à l'échelle de $0^{m},005$ pour mètre, relevés en nombre suffisant, principalement dans les traverses et dans les parties où les voies publiques empruntées n'ont pas la largeur et le profil normal ;

2° Un devis descriptif dans lequel sont reproduites, sous forme de tableau, les indications relatives aux déclivités et aux courbes déjà données sur le profil en long ;

3° Un mémoire dans lequel toutes les dispositions essentielles du projet sont justifiées.

Le projet d'exécution est remis au préfet en deux expéditions, dont l'une, revêtue de l'approbation que le préfet aura donnée en se conformant à la décision de l'autorité compétente pour les projets d'ensemble, est rendue au concessionnaire, tandis que l'autre demeure entre les mains du préfet.

Les projets comprenant les déviations en dehors du sol des routes et chemins sont soumis à l'approbation du Ministre des travaux publics, pour ce qui concerne la grande voirie et les cours d'eau, et ne peuvent être adoptés par l'autorité qui a donné la concession que sous la réserve des décisions prises ou à prendre par le Ministre des travaux publics sur les objets qui précèdent.

Avant comme pendant l'exécution, le concessionnaire aura la faculté de proposer aux projets approuvés les modifications qu'il jugerait utiles ; mais ces modifications ne pourront être exécutées qu'après l'approbation de l'autorité qui a revêtu de sa sanction les dispositions à modifier.

De son côté, l'Administration pourra ordonner d'office les modifications dont l'expérience ou les changements à opérer sur la voie publique feraient reconnaître la nécessité.

En aucun cas, ces modifications ne pourront donner lieu à indemnité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 2. — *Bureaux d'attente et de contrôle, égouts, etc.*

La position des bureaux d'attente et de contrôle qui peuvent être autorisés sur la voie publique, celle des égouts, de leurs bouches et regards, et des conduites d'eau et de gaz, doivent être indiquées sur les plans présentés par le concesssionnaire, ainsi que tout ce qui serait de nature à influer sur la position de la voie ferrée et sur le bon fonctionnement des divers services qui peuvent en être affectés.

Art. 3. — *Voies doubles et gares d'évitement.*

Le projet d'exécution indique le nombre des voies à établir sur les différentes sections des lignes concédées, ainsi que le nombre et la disposition des gares d'évitement.

Art. 4. — *Largeur de la voie. Gabarit du matériel. Entre-voie.*

La largeur de la voie est fixée pour chaque concession par le cahier des charges.

La largeur des locomotives et des caisses des véhicules, ainsi que de leur chargement, ne peut excéder ni deux fois et demie la largeur de la voie, ni la cote maximum de deux mètres quatre-vingts centimètres (2^m,80), et la largeur extrême occupée par le matériel roulant y compris toutes les saillies. notamment celles des lanternes et des marchepieds latéraux, ne peut dépasser la largeur des caisses augmentée de trente centimètres (0^m,30).

La hauteur du matériel roulant et de son chargement ne peut excéder quatre mètres vingt centimètres (4^m,20) pour la voie de 1^m,44 ; elle est réglée d'une manière définitive et invariable par le cahier des charges pour les voies de largeur moindre, de manière à ne pas compromettre la sécurité du public.

Dans les parties à plusieurs voies, la largeur de chaque entre-voie est telle qu'il reste un intervalle libre d'au moins cinquante centimètres (0^m,50) entre les parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent.

Art. 5. — *Etablissement de la voie ferrée. Largeur réservée à la circulation publique.*

L'autorité qui a fait la concession détermine les sections de la ligne où la voie sera établie au niveau de la chaussée, avec rails noyés, en restant accessible et praticable pour les voitures ordinaires, et celle où elle sera placée sur un accotement praticable pour les piétons, mais interdit aux voitures ordinaires.

Le cahier des charges de chaque concession détermine les largeurs qui doivent être réservées pour la libre circulation sur la voie publique, de telle façon que le croisement de deux voitures soit toujours assuré, l'une de ces deux voitures pouvant être le véhicule du tramway dans le premier des deux cas considérés ci-dessus.

Les dispositions prescrites doivent d'ailleurs assurer dans tous les cas la sécurité du piéton qui circule sur la voie publique et celle du riverain dont les bâtiments sont en façade sur cette voie.

Si l'emplacement occupé par la voie ferrée reste accessible et praticable pour les voitures ordinaires, les rails sont à gorge ou accompagnés de contre-rails ; la largeur des vides ou ornières ne peut excéder vingt-neuf millimètres (0^m,029) dans les parties droites et trente-cinq millimètres (0^m,035) dans les parties courbes. Les voies ferrées sont posées au niveau de la chaussée, sans saillie ni dépression sur le profil normal de celle-ci.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 6. — *Parties de routes à modifier. Traversées à niveau. Accès des propriétés riveraines.*

Le concessionnaire fournit, sur les points qui lui sont indiqués, des emplacements pour le dépôt des matériaux d'entretien qui trouvaient place auparavant sur l'accotement occupé par la voie ferrée.

Lorsque, pour maintenir la voie de fer dans les limites de courbure et de déclivité fixées par le cahier des charges, ou pour maintenir le fonctionnement des services intéressés (article 2), on doit faire subir quelques modifications à l'état de la voie publique, le concessionnaire exécute tous les travaux, soit à ses frais, soit avec le concours des services intéressés, s'il y a lieu, conformément aux projets approuvés par l'Administration.

Il opère pareillement les élargissements qui sont indispensables afin de restituer à la voie publique la largeur exigée en vertu de l'article précédent.

Il doit maintenir l'accès à la voie publique des voitures ordinaires, au droit des chemins publics et particuliers ainsi que des entrées charretières qui seraient interceptées par la voie de fer. La traversée des routes et des chemins publics ou particuliers est opérée à niveau, sans que le rail forme saillie ou dépression sur la surface de ces chemins.

Le concessionnaire doit d'ailleurs prendre les dispositions nécessaires pour faciliter l'exécution des travaux qui sont prescrits ou autorisés par l'Administration afin de créer de nouveaux accès soit aux chemins publics et particuliers, soit aux propriétés riveraines.

Art. 7. — *Déviations à construire en dehors du sol des routes et chemins.*

Les déviations à construire en dehors du sol des routes et chemins et à classer comme annexes sont établies conformément aux dispositions arrêtées par l'autorité compétente.

Art. 8. — *Ecoulement des eaux. Rétablissement des communications.*

Le concessionnaire est tenu de rétablir et d'assurer à ses frais, pendant la durée de la concession, les écoulements d'eau qui seraient arrêtés, suspendus ou modifiés par ses travaux.

Il rétablit de même les communications publiques ou particulières que l'exécution de ses travaux l'oblige à modifier momentanément.

Art. 9. — *Exécution des travaux.*

La démolition des chaussées et l'ouverture des tranchées pour la pose et l'entretien de la voie ferrée sont effectuées avec célérité et avec toutes les précautions convenables.

Les chaussées doivent être remises dans le meilleur état.

Les travaux sont conduits de manière à ne pas compromettre la liberté et la sûreté de la circulation. Toute fouille restant ouverte sur le sol des voies publiques, ainsi que tout dépôt de matériaux, est éclairée ou gardée au besoin pendant la nuit, jusqu'à ce que la voie publique soit débarrassée et rendue conforme au profil normal du projet.

Art. 10. — *Gares et Stations.*

Le cahier des charges indiquera si le tramway devra s'arrêter en pleine voie pour prendre ou laisser des voyageurs ou des marchandises sur tous les points

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du parcours, ou si, au contraire, il ne s'arrêtera qu'à des gares, stations ou haltes désignées, ou si enfin les deux modes d'exploitation seront combinés.

Dans ces deux derniers cas, si les gares, stations et haltes n'ont pas été déterminées dans le cahier des charges, elles le seront lors de l'approbation des projets définitifs par l'autorité concédante, sur la proposition du concessionnaire et après enquête.

Si, pendant l'exploitation, de nouvelles stations, gares ou haltes sont reconnues nécessaires d'accord entre l'autorité concédante et le concessionnaire, il sera procédé à une enquête spéciale dans les formes prescrites par le règlement d'administration publique du 18 mai 1881, et l'emplacement en sera définitivement arrêté par le préfet, le concessionnaire entendu.

Le nombre, l'étendue et l'emplacement des gares d'évitement seront déterminés par le préfet, le concessionnaire entendu ; si la sécurité l'exige, le préfet pourra, pendant le cours de l'exploitation proscrire l'établissement de nouvelles gares d'évitement ainsi que l'augmentation des voies dans les stations et aux abords des stations.

Le concessionnaire est tenu, préalablement à tout commencement d'exécution, de soumettre au préfet le projet des gares, stations ou haltes, lequel se compose:

1° D'un plan à l'échelle de $\frac{1}{500}$, indiquant les voies, les quais, les bâtiments et leur distribution intérieure, ainsi que la disposition de leurs abords;

2° D'une élévation des bâtiments à l'échelle d'un centimètre par mètre ;

3° D'un mémoire descriptif dans lequel les dispositions essentielles du projet sont justifiées.

Art. 11. — *Indemnités de terrains et de dommages.*

Tous les terrains nécessaires pour l'établissement de la voie ferrée et de ses dépendances en dehors du sol des routes et chemins, pour la déviation des voies de communication et des cours d'eau déplacés, et, en général, pour l'exécution des travaux, quels qu'ils soient, auxquels cet établissement peut donner lieu, sont achetés et payés par le concessionnaire, à moins que l'autorité qui fait la concession n'ait pris l'engagement de fournir elle-même les terrains.

Les indemnités pour occupation temporaire ou pour détériorations de terrains, pour chômage, modification ou destruction d'usines, et pour tous dommages quelconques résultant des travaux, sont supportées et payées par le concessionnaire.

Art. 12. — *Droits conférés au concessionnaire*

L'entreprise étant d'utilité publique, le concessionnaire est investi, pour l'exécution des travaux dépendant de sa concession, de tous les droits que les lois et règlements confèrent à l'Administration en matière de travaux publics, soit pour l'acquisition des terrains par voie d'expropriation, soit pour l'extraction, le transport ou le dépôt des terres, matériaux, etc., et il demeure en même temps soumis à toutes les obligations qui dérivent, pour l'Administration, de ces lois et règlements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 13. — *Servitudes militaires.*

Dans les limites de la zone frontière et dans le rayon des servitudes des enceintes fortifiées, le concessionnaire est tenu, pour l'étude et l'exécution de ses projets, de se soumettre à l'accomplissement de toutes les formalités et de toutes les conditions exigées par les lois, décrets et règlements concernant les travaux mixtes.

Art. 14. — *Mines*

Si la voie ferrée traverse un sol déjà concédé pour l'exploitation d'une mine, le Ministre des travaux publics détermine les mesures à prendre pour que l'établissement de cette voie ne nuise pas à l'exploitation de la mine, et, réciproquement, pour que, le cas échéant, l'exploitation de la mine ne compromette pas l'existence de la voie ferrée.

Art. 15. — *Carrières.*

Si la voie ferrée s'étend sur des terrains renfermant des carrières ou les traverse souterrainement, elle ne peut être livrée à la circulation avant que les excavations qui pourraient en compromettre la solidité aient été remblayées ou consolidées.

Le Ministre des travaux publics détermine la nature et l'étendue des travaux qu'il convient d'entreprendre à cet effet, et qui sont d'ailleurs exécutés par les soins et aux frais du concessionnaire.

Art. 16. — *Contrôle et surveillance des travaux.*

Les travaux sont soumis au contrôle et à la surveillance du préfet, sous l'autorité du Ministre des travaux publics.

Ce contrôle et cette surveillance ont pour objet d'empêcher le concessionnaire de s'écarter des dispositions prescrites par le présent règlement et de celles qui résultent soit des cahiers des charges, soit des projets approuvés.

Art. 17. — *Réception des travaux.*

A mesure que les travaux sont terminés sur des parties de voie ferrée susceptibles d'être livrées utilement à la circulation, il est procédé à la reconnaissance, et, s'il y a lieu, à la réception provisoire de ces travaux par un ou plusieurs commissaires que le préfet désigne.

Sur le vu du procès-verbal de cette reconnaissance, le préfet autorise, s'il y a lieu, la mise en exploitation des parties dont il s'agit ; après cette autorisation, le concessionnaire peut mettre lesdites parties en service et y percevoir les taxes déterminées par le cahier des charges. Toutefois ces réceptions partielles ne deviennent définitives que par la réception générale de la voie ferrée, laquelle est faite dans la même forme que les réceptions partielles.

Art. 18. — *Bornage et plan cadastral des parties en déviation.*

Immédiatement après l'achèvement des travaux et au plus tard six mois après la mise en exploitation de la ligne ou de chaque section, le concessionnaire doit faire faire à ses frais un bornage contradictoire avec chaque propriétaire riverain, en présence du préfet ou de son représentant, ainsi qu'un plan cadastral des parties de la voie ferrée et de ses dépendances qui sont situées en dehors du sol des routes et chemins. Il fait dresser également à ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frais, et contradictoirement avec les agents désignés par le préfet, un état descriptif de tous les ouvrages d'art qui ont été exécutés, ledit état accompagné d'un atlas contenant les dessins cotés de tous les ouvrages.

Une expédition dûment certifiée des procès-verbaux de bornage, du plan cadastral, de l'état descriptif et de l'atlas est dressée aux frais du concessionnaire et déposée dans les archives de la préfecture.

Les terrains acquis par le concessionnaire postérieurement au bornage général, en vue de satisfaire aux besoins de l'exploitation, et qui, par cela même, deviennent partie intégrante de la voie ferrée, donnent lieu, au fur et à mesure de leur acquisition, à des bornages supplémentaires, et sont ajoutés sur le plan cadastral ; addition est également faite sur l'atlas de tous les ouvrages d'art exécutés postérieurement à sa rédaction.

TITRE II

ENTRETIEN ET EXPLOITATION

Art. 19. — *Entretien.*

La voie ferrée et tout le matériel qui en dépend doivent être constamment entretenus en bon état, de manière que la circulation y soit toujours facile et sûre.

Les frais d'entretien et ceux auxquels donnent lieu les réparations ordinaires et extraordinaires de la voie ferrée sont à la charge du concessionnaire.

Sur les sections à rails noyés où la voie ferrée est accessible aux voitures ordinaires, l'entretien du pavage ou de l'empierrement de la surface affectée à la circulation du tramway est réglé, pour chaque concession, par le cahier des charges, qui indique le service chargé d'exécuter cet entretien, ainsi que la répartition des dépenses.

Sur les sections où la voie ferrée n'est pas accessible aux voitures ordinaires, l'entretien, qui est à la charge du concessionnaire, comprend la surface entière des voies, augmentée d'une zone d'un mètre (1^m,00), qui sera mesurée à partir de chaque rail extérieur.

Si la voie ferrée et les parties de la voie publique dont l'entretien est confié au concessionnaire ne sont pas constamment entretenues en bon état, il y est pourvu d'office à la diligence du préfet et aux frais du concessionnaire, sans préjudice, s'il y a lieu, de l'application des dispositions indiquées ci-après dans l'article 41.

Le montant des avances faites est recouvré au moyen de rôles que le préfet rend exécutoires.

Art. 20. — *Du matériel employé à l'exploitation.*

Le matériel roulant qui est mis en circulation sur la voie ferrée doit passer librement dans le gabarit, dont les dimensions sont fixées conformément aux dispositions de l'article 4 du présent règlement.

La traction est opérée conformément aux clauses de la concession.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 21. — *Machines locomotives à vapeur.*

Les machines locomotives à vapeur sont construites sur les meilleurs modèles; elles doivent satisfaire aux prescriptions des articles 7, 8, 9, 11 et 15 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, et pour ce qui concerne spécialement leur générateur, aux dispositions du décret du 30 avril 1880.

Les types des machines employées, leur poids et leur maximum de charge par essieu doivent être approuvés par le préfet, sur l'avis du service du contrôle, eu égard aux besoins de l'exploitation et à la composition ainsi qu'à l'état de la voie.

Les machines sont pourvues de freins assez puissants pour que, lancées sur une pente de 2 centimètres par mètre (0m,02) avec une vitesse de vingt kilomètres (20 kil.) à l'heure, elles puissent être arrêtées, sans le secours des freins des voitures remorquées, sur un espace de vingt mètres (20 m.) au plus.

Les locomotives à feu ne doivent donner aucune odeur et ne doivent répandre sur la voie publique ni flammèches, ni escarbilles, ni cendres, ni fumée, ni eau excédente, le concessionnaire étant expressément responsable de tout incendie causé par l'emploi de machines à feu, soit sur la voie publique, soit dans les propriétés riveraines.

Aucune locomotive ne peut être mise en service qu'en vertu d'un permis spécial de circulation délivré par le préfet sur la proposition des fonctionnaires chargés du contrôle, après accomplissement des formalités prescrites pour les locomotives des chemins de fer et après vérification de l'efficacité des freins, eu égard à la vitesse de la machine et de l'inclinaison de la voie.

Art. 22. — *Autres moteurs mécaniques.*

Les machines fixes et les machines locomotives de tout autre système que la machine locomotive à vapeur munie d'un foyer doivent satisfaire aux prescriptions spéciales arrêtées par le Ministre des travaux publics.

Art. 23. — *Voitures et wagons.*

Les voitures de voyageurs doivent satisfaire aux prescriptions des articles 8, 9, 12, 13, 14 et 15 de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846. Elles sont suspendues sur ressorts et peuvent être à deux étages.

L'étage inférieur est complètement couvert, garni de banquettes avec dossiers, fermé à glaces au moins pendant l'hiver, muni de rideaux et éclairé pendant la nuit; l'étage supérieur est garni de banquettes avec dossiers; on y accède au moyen d'escaliers qui sont accompagnés ainsi que les couloirs latéraux donnant accès aux places, de garde-corps solides d'au moins un mètre dix centimètres (1m,10) de hauteur effective.

Sur les voies ferrées où la traction est opérée au moyen de locomotives, l'étage supérieur est couvert et protégé à l'avant et à l'arrière par des cloisons.

Les dossiers et les banquettes doivent être inclinés et les dossiers sont élevés à la hauteur des épaules des voyageurs.

Il peut y avoir des places de plusieurs classes; la disposition particulière des places de chaque classe est conforme aux prescriptions arrêtées par le préfet.

Les wagons destinés au transport des marchandises, des chevaux ou des bestiaux, les plateformes, et en général toutes les parties du matériel roulant, sont de bonne et solide construction, et satisfont aux prescriptions des articles 8, 9 et 15 de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846.

Chaque voiture sans exception est munie d'un frein puissant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 24. — *Entretien du matériel roulant.*

Le matériel roulant et tout le matériel servant à l'exploitation sont constamment maintenus dans un bon état d'entretien et de propreté.

Si le matériel dont il s'agit n'est pas entretenu en bon état, il y est pourvu d'office, à la diligence du préfet et aux frais du concessionnaire, sans préjudice s'il y a lieu, des dispositions indiquées ci-après dans l'article 41.

Art. 25. — *Gardiennage et signaux.*

Le concessionnaire est tenu de prendre à ses frais, partout où la nécessité en aura été reconnue par le préfet, sur l'avis du service du contrôle, et eu égard au mode d'exploitation employé, les mesures nécessaires pour assurer la liberté et la sécurité du passage des voitures et des trains sur la voie ferrée et celle de la circulation ordinaire sur les routes et chemins que suit ou traverse la voie ferrée.

Art. 26. — *Ateliers de réparation de la voie.*

Lorsqu'un atelier de réparation est établi sur une voie, des signaux doivent indiquer si l'état de la voie ne permet pas le passage des voitures ou des trains, ou s'il suffit d'en ralentir la marche.

Art. 27. — *Eclairage des voitures ou des trains.*

Toute voiture isolée ou tout train porte extérieurement un feu rouge à l'avant et un feu vert à l'arrière. Les fanaux sont à réflecteurs ; ils sont allumés au coucher du soleil et ne peuvent être éteints avant son lever.

Art. 28. — *Transport de matières dangereuses.*

Il est interdit d'admettre dans les convois qui portent des voyageurs aucune matière pouvant donner lieu soit à des explosions, soit à des incendies.

Art. 29. — *Service des tramways à traction de chevaux.*

Le cocher doit avoir l'appareil de manœuvre du frein sous la main ; il doit porter son attention sur l'état de la voie, sur l'approche des voitures ordinaires ou des troupeaux, et ralentir ou même arrêter la marche en cas d'obstacles, suivant les circonstances ; il doit se conformer aux signaux de ralentissement ou d'arrêt qui lui sont faits par les gardiens et ouvriers de la voie.

Le cocher est muni d'une trompe ou d'un cornet, ou de tout autre instrument du même genre, afin de signaler son approche.

Dans les tramways à service de voyageurs, le cocher doit se trouver en communication, au moyen d'un signal d'arrêt, soit avec le receveur, soit avec les voyageurs dans les voitures où il n'y a pas de receveur.

Art. 30. — *Service des tramways à traction mécanique. Composition des trains.*

Sur les lignes de tramways à traction mécanique, la longueur des trains ne peut dépasser soixante mètres (60 mètres). Sous la réserve de cette condition, qui est de rigueur, tout convoi ordinaire de voyageurs doit contenir des voitures ou des compartiments de toutes classes, en nombre suffisant pour le service du public.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les machines et voitures entrant dans la composition de tous les trains sont liées entre elles par des attaches rigides, avec ressorts.

Art. 31. — *Composition des trains. Machines.*

Les machines sont placées en tête des trains. Il ne peut être dérogé à cette disposition que pour les manœuvres à exécuter dans les stations ou pour le cas de secours ; dans ces cas spéciaux, la vitesse ne doit pas dépasser cinq kilomètres à l'heure (5 kilom.).

Les trains sont remorqués par une seule machine, sauf à la montée des rampes de forte inclinaison ou en cas d'accident.

Il est, dans tous les cas, interdit d'atteler simultanément plus de deux machines à un train ; la machine placée en tête règle la marche du train, dont la vitesse ne doit jamais dépasser dix kilomètres à l'heure (10 kilom.), dans le cas d'un double attelage.

Art. 32. — *Machines. Personnel des trains.*

Chaque machine à feu est conduite par un mécanicien et un chauffeur.

Il ne peut être employé que des mécaniciens agréés par le préfet, sur le rapport du service du contrôle.

Le chauffeur doit être capable d'arrêter la machine en cas de besoin.

Chaque train est accompagné, en outre, du nombre de conducteurs gardes-freins qui sera jugé nécessaire ; il y a d'ailleurs, en tout cas, sur la dernière voiture, un conducteur qui est mis en communication avec le mécanicien.

Lorsqu'il y a plusieurs conducteurs dans un train, l'un d'eux doit avoir autorité sur les autres.

Avant le départ du train, le mécanicien s'assure si toutes les parties de la locomotive sont en bon état et, particulièrement, si le frein fonctionne convenablement. Il ne doit mettre le train en marche que lorsque le conducteur chef du train a donné le signal du départ.

En marche, le mécanicien doit porter son attention sur l'état de la voie, sur l'approche des voitures ordinaires ou des troupeaux, et ralentir ou même arrêter en cas d'obstacles, suivant les circonstances ; il doit se conformer aux signaux qui lui sont faits par les gardiens et ouvriers de la voie.

Cet agent signale l'approche du train au moyen d'une trompe, d'une cloche, ou de tout autre instrument du même genre, à l'exclusion du sifflet à vapeur.

Dans les tramways à service de voyageurs, le mécanicien doit se trouver en communication, au moyen d'un signal d'arrêt, soit avec le receveur ou employé, soit avec les voyageurs.

Aucune personne autre que le mécanicien et le chauffeur ne peut monter sur la locomotive, à moins d'une permission spéciale et écrite du directeur de l'exploitation de la voie ferrée. Sont exceptés de cette interdiction les fonctionnaires chargés de la surveillance.

Art. 33. — *Composition des trains. Marche des trains.*

Le préfet détermine, sur la proposition du concessionnaire, le minimum et le maximum de la vitesse des convois de voyageurs et de marchandises sur les différentes sections de la ligne, ainsi que le tableau du service des trains.

La vitesse des trains, en marche, ne peut dépasser 20 kilomètres (20 kilom.).

Cette vitesse doit d'ailleurs être diminuée dans la traversée des lieux habités, ou en cas d'encombrement de la route.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le mouvement doit également être ralenti ou même arrêté toutes les fois que l'arrivée d'un train, effrayant les chevaux ou autres animaux, pourrait être la cause de désordres et occasionner des accidents.

Les trains ne peuvent stationner en dehors des gares que durant le temps strictement nécessaire pour les besoins du service.

Les locomotives ou les voitures isolées ne peuvent stationner sur les voies affectées à la circulation.

Il est expressément interdit d'effectuer le nettoyage des grilles sur la voie publique.

Art. 34. — *Accidents.*

Des machines dites de secours ou de réserve doivent être entretenues constamment en feu et prêtes à partir sur les lignes et aux points désignés par le préfet.

Il y a constamment au lieu de dépôt des machines une voiture chargée de tous les agrès et outils nécessaires en cas d'accident.

Chaque train doit d'ailleurs être muni des outils les plus indispensables.

Aux stations ou bureaux de contrôle et d'attente désignés par le préfet, le concessionnaire entretiendra les médicaments et moyens de secours nécessaires en cas d'accident.

TITRE III

POLICE ET SURVEILLANCE

Art. 35. — *Des mesures concernant les personnes étrangères au service des voies ferrées.*

Il est défendu à toute personne étrangère au service de la voie ferrée :

1° De déranger, altérer ou modifier, sous quelque prétexte que ce soit, la voie ferrée et les ouvrages qui en dépendent ;

2° De stationner sur la voie de fer ou d'y faire stationner des voitures ;

3° D'y laisser séjourner des chevaux, bestiaux ou animaux d'aucune sorte ;

4° D'y jeter ou déposer aucuns matériaux ni objets quelconques ;

5° D'emprunter les rails de la voie ferrée pour la circulation de voitures étrangères au service.

Tout conducteur de voitures doit, à l'approche d'un train ou d'une voiture appartenant au service de la voie ferrée, prendre en main les guides ou le cordeau de son équipage, de façon à se rendre maître de ses chevaux, dégager immédiatement la voie et s'en écarter de manière à livrer toute la largeur nécessaire au passage du matériel de la voie ferrée.

Tout conducteur de troupeau doit écarter les bestiaux de la voie ferrée à l'approche d'un train ou d'une voiture appartenant au service de cette voie.

Art. 36. — *Des mesures concernant les voyageurs.*

Il est défendu aux voyageurs :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° D'entrer dans les voitures ou d'en sortir pendant la marche et autrement que par la portière réservée à cet effet ;

2° De passer d'une voiture dans une autre, de se pencher au dehors, de stationner debout sur les impériales pendant la marche.

Il est interdit d'admettre dans les voitures plus de voyageurs que ne le comporte le nombre de places indiqué dans chaque compartiment.

L'entrée des voitures est interdite :

1° A toute personne en état d'ivresse ;

2° A tous individus porteurs d'armes à feu chargées ou de paquets qui, par leur nature, leur volume ou leur odeur, pourraient gêner ou incommoder les voyageurs. Tout individu porteur d'une arme à feu doit, avant son admission dans les voitures, faire constater que son arme n'est point chargée.

Aucun chien n'est admis dans les voitures servant au transport des voyageurs ; toutefois la Compagnie peut placer dans des compartiments spéciaux les voyageurs qui ne voudraient pas se séparer de leurs chiens, pourvu que ces animaux soient muselés, en quelque saison que ce soit.

Art. 37. — *Expédition de matières dangereuses.*

Les personnes qui veulent expédier des marchandises considérées comme pouvant être une cause d'explosion ou d'incendie, d'après la classification du décret du 12 août 1874, doivent en faire la déclaration formelle au moment où elles les livrent au service de la voie ferrée.

Les expéditeurs doivent se conformer, en ce qui concerne l'emballage et les marques des colis dangereux, aux prescriptions du décret précité.

Art. 38. — *Affichage du service des voies ferrées.*

Des affiches placées dans les stations et dans les bureaux d'attente et de contrôle font connaître au public les heures de départ des convois ordinaires, les stations qu'ils doivent desservir, les heures auxquelles ils doivent arriver à ces stations et en partir.

Si l'exploitation de la ligne comporte des arrêts en pleine voie, afin de prendre ou de laisser soit, des voyageurs, soit des marchandises, ces affiches font connaître cette circonstance en n'annonçant dans ce cas que les heures de départ des gares extrêmes.

Art. 39. — *Contrôle et surveillance de l'exploitation.*

Le préfet nomme les agents chargés du contrôle et de la surveillance prévus par l'article 21 de la loi du 11 juin 1880.

Ces agents ont notamment pour mission :

1° En ce qui concerne l'exploitation commerciale :

De surveiller le mode d'application des tarifs approuvés et l'exécution des mesures prescrites pour la réception et l'enregistrement des colis, leur transport et leur remise aux destinataires ;

De veiller à l'exécution des mesures prescrites pour que le service des transports ne soit pas interrompu aux points extrêmes de lignes en communication l'une avec l'autre ;

De vérifier les conditions des traités qui seraient passés par les Compagnies avec les entreprises de transport par terre ou par eau en correspondance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec la voie ferrée, et de signaler toutes les infractions au principe de l'égalité des taxes ;

De constater le mouvement de la circulation des voyageurs et des marchandises, les dépenses d'entretien et d'exploitation, et les recettes ;

2° En ce qui concerne l'exploitation technique :

De vérifier l'état de la voie de fer, des terrassements, des ouvrages d'art et du matériel roulant, et de veiller à l'exécution des règlements relatifs à la police et à la sûreté de la circulation ;

3° En ce qui concerne la police :

De surveiller la composition, le départ, l'arrivée la marche et le stationnement des trains, l'observation des règlements de police, tant par le public que par le concessicnnaire, sur les voies publiques empruntées par la voie ferrée, l'entrée, le stationnement et la circulation des voitures dans les cours et stations, l'admission du public dans les gares et sur les quais de la voie ferrée.

Les concessionnaires sont tenus de fournir des locaux convenables aux agents du contrôle spécialement désignés par le préfet. Ils sont aussi tenus de présenter aux agents du contrôle, à toute réquisition, les registres de dépenses et de recettes relatifs à l'exploitation commerciale, ainsi que les registres de réception et d'expédition des colis.

Toutes les fois qu'il arrive un accident sur la voie ferrée, il en est fait immédiatement déclaration, par le chef de train, à l'agent du contrôle dont le poste est le plus voisin. Le préfet et le chef du contrôle en sont immédiatement informés par les soins du concessionnaire.

Outre la surveillance ordinaire, le préfet délègue, aussi souvent qu'il le juge utile, un ou plusieurs commissaires à l'effet de reconnaître et de constater l'état de la voie ferrée, de ses dépendances et de son matériel, et à l'effet d'exercer une surveillance spéciale sur tout ce qui ne rentre pas dans les attributions des agents du contrôle.

Art. 40. — *Règlements de police et d'exploitation.*

Le concessionnaire est tenu, ainsi que le public, de se conformer aux prescriptions des arrêtés qui sont pris par les préfets pour l'exécution des dispositions qui précèdent.

Toutes les dépenses qu'entraîne l'exécution de ces prescriptions sont à la charge du concessionnaire.

Le concessionnaire est tenu de soumettre à l'approbation du préfet les règlements de service intérieur relatifs à l'exploitation de la voie ferrée.

Les règlements dont il s'agit sont obligatoires non seulement pour le concessionnaire, mais encore pour tous ceux qui obtiendront ultérieurement l'autorisation d'établir des lignes ferrées d'embranchement ou de prolongement, et en général pour toutes les personnes qui emprunteront l'usage du chemin de fer.

Art. 41. — *Interruption de l'exploitation.*

Si l'exploitation de la voie ferrée vient à être interrompue en totalité ou en partie, si le mauvais état de la voie ou du matériel roulant compromet la sécurité du public, si le mauvais entretien de la partie de la route dont le concessionnaire doit prendre soin compromet la sécurité publique, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

préfet prend immédiatement, aux frais et risques du concessionnaire, les mesures nécessaires afin d'assurer provisoirement le service.

Si, dans les trois mois de l'organisation d'un service provisoire, le concessionnaire n'a pas valablement justifié qu'il est en état de reprendre et de continuer l'exploitation, et s'il ne l'a pas effectivement reprise, la déchéance peut être prononcée par le Ministre des travaux publics, sauf recours au Conseil d'Etat par la voie contentieuse.

Il est pourvu tant à la continuation et à l'achèvement des travaux qu'à l'exécution des autres engagements contractés par le concessionnaire au moyen d'une adjudication qui sera ouverte sur une mise à prix des ouvrages exécutés, des matériaux approvisionnés et des parties de la voie ferrée déjà livrées à l'exploitation.

Nul ne sera admis à concourir à cette adjudication s'il n'a été préalablement agréé par le préfet.

A cet effet, les personnes qui voudraient concourir seront tenues de déclarer, dans le délai qui sera fixé, leur intention par un écrit déposé à la préfecture et accompagné des pièces propres à justifier des ressources nécessaires pour remplir les engagements à contracter.

Ces pièces seront examinées par le préfet en conseil de préfecture. Chaque soumissionnaire sera informé de la décision prise en ce qui le concerne, et, s'il y lieu, du jour de l'adjudication.

Les personnes qui auront été admises à concourir devront faire, soit à la Caisse des dépôts et consignations, soit à la caisse du trésorier-payeur général du département, le dépôt de garantie, qui devra être égal au moins au trentième de la dépense à faire par le concessionnaire.

L'adjudication aura lieu suivant les formes indiquées aux articles 11, 12, 13, 15 et 16 de l'ordonnance royale du 10 mai 1829.

Les soumissions ne pourront pas être inférieures à la mise à prix.

L'adjudicataire sera substitué aux charges et aux droits du concessionnaire évincé ; il recevra notamment les subventions de toute nature à échoir aux termes de l'acte de concession ; le concessionnaire évincé recevra de lui le prix que la nouvelle adjudication aura fixé.

La partie du cautionnement qui n'aura pas encore été restituée deviendra la propriété de l'autorité qui a fait la concession.

Si l'adjudication ouverte n'amène aucun résultat, une seconde adjudication sera tentée sur les mêmes bases après un délai de trois mois ; si cette seconde tentative reste également sans résultat, le concessionnaire sera définivement déchu de tous droits, et alors les ouvrages exécutés, les matériaux approvisionnés et les parties de voie ferrée déjà livrées à l'exploitation appartiendront à l'autorité qui a fait la concession.

TITRE IV

DISPOSITIONS DIVERSES

Art. 42. — *Construction de nouvelles voies de communication.*

Dans le cas où le Gouvernement ordonne ou autorise la construction de routes nationales, départementales ou vicinales, de chemins de fer ou canaux qui traversent une ligne concédée, le concessionnaire ne peut s'opposer à ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travaux; mais toutes les dispositions nécessaires sont prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service de la voie ferrée, ni aucuns frais pour le concessionnaire.

Art. 43. — *Concessions ultérieures de nouvelles lignes.*

Toute exécution ou autorisation ultérieure de route, de canal, de chemin de fer, de travaux de navigation dans la contrée où est située une voie ferrée qui a fait l'objet d'une concession, ou dans toute autre contrée voisine ou éloignée, ne peut donner ouverture à aucune demande d'indemnité de la part du concessionnaire.

Art. 44. — *Retrait d'autorisation.*

L'autorisation d'établir ou de maintenir une voie ferrée sur le sol des voies publiques peut être retirée à toute époque, en totalité ou en partie, dans les formes suivies pour la concession, lorsque la nécessité en a été reconnue dans l'intérêt public par le Gouvernement, après une enquête; le tout sous réserve de l'application des articles 6 et 11 de la loi du 11 juin 1880.

Art. 45. — *Réserves sous lesquelles le concessionnaire est admis à emprunter le sol des voies publiques.*

Le concessionnaire n'est admis à réclamer aucune indemnité :

Ni à raison des dommages que le roulage ordinaire pourrait occasionner aux ouvrages de la voie ferrée;

Ni à raison de l'état de la chaussée et des conséquences qui pourraient en résulter pour l'état et l'entretien de la voie;

Ni enfin pour une cause quelconque résultant de l'usage de la voie publique.

Les indemnités dues à des tiers pour des dommages pouvant résulter de la construction ou de l'exploitation de la voie ferrée sont entièrement à la charge du concessionnaire.

Art. 46. — En cas d'interruption de la voie ferrée par suite de travaux exécutés sur la voie publique, le concessionnaire peut être tenu de rétablir provisoirement les communications, soit en déplaçant momentanément ses voies, soit en employant pour la traversée de l'obstacle des voitures ordinaires qui puissent le tourner en suivant d'autres lignes.

Art. 47. — *Concessions de voies de fer d'embranchement et de prolongement.*

Le Gouvernement, le département et les communes ont le droit de concéder de nouvelles voies de fer s'embranchant sur une voie ferrée déjà concédée, ou à établir en prolongement de la même voie.

Le concessionnaire de la ligne principale ne peut s'opposer à l'exécution de ces embranchements, ni réclamer, à l'occasion de leur établissement, une indemnité quelconque, pourvu qu'il n'en résulte aucun obstacle à la circulation ni aucuns frais particuliers pour son entreprise.

Les concessionnaires des voies de fer d'embranchement ou de prolongement ont la faculté, moyennant l'observation du paragraphe 1er de l'article 20 du précédent règlement, et des règlements de police et de service qui régissent la ligne principale, et moyennant les tarifs du cahier des charges de cette dernière ligne, de faire circuler leurs voitures, wagons et machines sur la ligne principale. Cette faculté est réciproque à l'égard desdits embranchements et prolongements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le cas où les divers concessionnaires ne peuvent s'entendre sur l'exercice de cette faculté, le Ministre des travaux publics statue sur les difficultés qui s'élèvent entre eux à cet égard.

Le concessionnaire d'une voie ferrée ne peut toutefois être tenu d'admettre sur ses rails un matériel dont le poids serait hors de proportion avec les éléments constitutifs de ses voies.

Dans le cas où un concessionnaire d'embranchement ou de prolongement joignant la ligne principale n'use pas de la faculté de circuler sur cette ligne, comme aussi dans le cas où le concessionnaire de cette dernière ligne ne veut pas circuler sur les prolongements et embranchements, ces concessionnaires sont tenus de s'arranger entre eux de manière que le service de transport ne soit jamais interrompu aux points de jonctions des diverses lignes.

Celui des concessionnaires qui se sert d'un matériel qui n'est pas sa propriété paye une indemnité en rapport avec l'usage et la détérioration de ce matériel. Dans le cas où les concessionnaires ne se mettent pas d'accord sur la quotité de l'indemnité ou sur les moyens d'assurer la continuation du service sur toutes les lignes, l'Administration y pourvoit d'office et prescrit toutes les mesures nécessaires.

Gares communes

Le concessionnaire est tenu, si l'autorité compétente le juge convenable, de partager l'usage des stations établies à l'origine des voies de fer d'embranchement avec les Compagnies qui deviendraient concessionnaires desdits embranchements.

Il est fait un partage équitable des frais résultant de l'usage commun desdites gares, et les sommes à payer par les Compagnies nouvelles sont, en cas de dissentiment, réglées par voie d'arbitrage.

En cas de désaccord sur le principe ou l'exercice de l'usage commun des gares, il est statué par le Ministre des travaux publics, les concessionnaires entendus.

Art. 48. — *Embranchements industriels*

Le concessionnaire de toute voie ferrée affectée au transport des marchandises est tenu de s'entendre avec tout propriétaire de carrières, de mines ou d'usines qui, offrant de se soumettre aux conditions prescrites ci-après, demande un embranchement, à défaut d'accord, le préfet statue sur la demande, le concessionnaire entendu.

Les embranchements sont construits aux frais des propriétaires de carrières, de mines, et d'usines, et de manière qu'il ne résulte de leur établissement aucune entrave à la circulation générale, aucune cause d'avarie pour le matériel, ni aucuns frais particuliers pour le service de la ligne principale.

Leur entretien est fait avec soin, aux frais de leurs propriétaires, et sous le contrôle du préfet. Le concessionnaire a le droit de faire surveiller par ses agents cet entretien, ainsi que l'emploi de son matériel sur les embranchements.

Le préfet peut, à toute époque, prescrire les modifications qui sont jugées utiles dans la soudure, le tracé ou l'établissement de la voie desdits embranchements, et les changements sont opérés aux frais des propriétaires.

Le préfet peut même, après avoir entendu les propriétaires, ordonner l'enlèvement temporaire des aiguilles de soudure, dans le cas où les établisse-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ments embranchés viendraient à suspendre en tout ou en partie leurs transports.

Le concessionnaire est tenu d'envoyer ses wagons sur tous les embranchements autorisés destinés à faire communiquer des établissements de carrières, de mines ou d'usines avec la ligne principale.

Le concessionnaire amène ses wagons à l'entrée des embranchements.

Les expéditeurs ou destinataires font conduire les wagons dans leurs établissements pour les charger ou décharger, et les ramènent au point de jonction avec la ligne principale, le tout à leurs frais.

Les wagons ne peuvent d'ailleurs être employés qu'au transport d'objets et marchandises destinés à la ligne principale.

Le temps pendant lequel les wagons séjournent sur les embranchements particuliers ne peut excéder six heures lorsque l'embranchement n'a pas plus d'un kilomètre. Ce temps est augmenté d'une demi-heure par kilomètre en sus du premier, non compris les heures de la nuit, depuis le coucher jusqu'au lever du soleil.

Dans le cas où les limites de temps sont dépassées nonobstant l'avertissement spécial donné par le concessionnaire, il peut exiger une indemnité égale à la valeur du droit de loyer des wagons, pour chaque période de retard après l'avertissement. S'il est jugé nécessaire par le préfet, statuant sur l'avis du service de contrôle, d'établir un gardien aux aiguilles d'un embranchement industriel, le traitement de cet agent est à la charge du propriétaire de l'embranchement ; mais il est nommé par le concessionnaire.

En cas de difficulté, il est statué par l'Administration, le concessionnaire entendu.

Les propriétaires d'embranchements sont responsables des avaries que le matériel peut éprouver pendant son parcours ou son séjour sur ces lignes.

Dans le cas d'inexécution d'une ou de plusieurs des conditions énoncées ci-dessus, le préfet peut, sur la plainte du concessionnaire et après avoir entendu le propriétaire de l'embranchement, ordonner par un arrêté la suspension du service et faire supprimer la soudure, sauf recours à l'Administration supérieure et sans préjudice de tous dommages-intérêts que le concessionnaire serait en droit de répéter pour la non-exécution de ces conditions.

Le concessionnaire est indemnisé de la fourniture et de l'envoi de son matériel sur les embranchements, par la perception du tarif qui est fixé par son cahier des charges pour chaque kilomètre parcouru.

Tout kilomètre entamé est payé comme s'il avait été parcouru en entier.

Le chargement et le déchargement sur les embranchements s'opèrent aux frais des expéditeurs ou destinataires, soit qu'ils les fassent eux-mêmes, soit que la compagnie du tramway consente à les opérer.

Dans ce dernier cas, ces frais sont l'objet d'un règlement arrêté par le préfet, sur la proposition du concessionnaire.

Tout wagon envoyé par le concessionnaire sur un embranchement doit être payé comme wagon complet, lors même qu'il ne serait pas complètement chargé.

La surcharge s'il y en a, est payée au prix du tarif légal et au prorata du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poids réel. Le concessionnaire est en droit de refuser les chargements qui dépasseraient le maximum déterminé par son cahier des charges.

Ce maximum sera revisé par le préfet de manière à être toujours en rapport avec la capacité des wagons.

Les wagons sont pesés à la station d'arrivée par les soins et aux frais du concessionnaire.

Art. 49. — *Contribution foncière.*

La contribution foncière pour les dépendances situées en dehors de l'assiette des routes, chemins et autres voies publiques, est établie en raison de la surface occupée par ces dépendances ; la cote en est calculée comme pour les canaux, conformément à la loi du 25 avril 1803.

Les bâtiments et magasins dépendant de l'exploitation de la voie ferrée sont assimilés aux propriétés bâties de la localité. Toutes les contributions auxquelles ces édifices peuvent être soumis sont, aussi bien que la contribution foncière, à la charge du concessionnaire.

Art. 50. — *Agents du concessionnaire.*

Les agents et gardes que le concessionnaire établit, soit pour la perception des droits, soit pour la surveillance et la police de la voie de fer et de ses dépendances, peuvent être assermentés, et sont, dans ce cas, assimilés aux gardes champêtres.. Ces agents sont revêtus d'un uniforme ou sont porteurs d'un signe distinctif.

Art. 51. — *Comptes rendus statistiques annuels et industriels.*

Tout concessionnaire doit adresser chaque année au préfet des états statistiques conformes aux modèles qui seront arrêtés par le Ministre des travaux publics et qui comprennent les renseignements relatifs à l'année entière (du 1er janvier au 31 décembre).

Cet envoi est fait le 15 avril de chaque année au plus tard. Les renseignements fournis par le concessionnaire peuvent être publiés.

Indépendamment de ces états annuels, le compte rendu des résultats de l'exploitation, comprenant les dépenses d'établissement et d'exploitation et les recettes brutes, est remis au préfet dans le mois qui suit l'expiration de chaque trimestre. Ce compte rendu est dressé en trois expéditions destinées au préfet, au représentant de l'autorité qui a donné la concession, et au Ministre des travaux publics ; il est publié, au moins par extraits, dans le *Journal officiel*, conformément aux prescriptions de l'article 19 de la loi du 11 juin 1880.

Art. 52. — *Frais de contrôle.*

Les frais de visite, de surveillance et de réception des travaux et les frais de contrôle de l'exploitation sont supportés par le concessionnaire.

Afin de pourvoir à ces frais, le concessionnaire est tenu de verser chaque année, à la caisse centrale du trésorier-payeur général du département, la somme qui est fixée dans le cahier des charges de la concession par chaque kilomètre de voie ferrée concédé.

Si le concessionnaire ne verse pas la somme ci-dessus réglée aux époques fixées, le préfet rend un rôle exécutoire et le montant en est recouvré comme en matière de contributions publiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 53. — *Registre des réclamations.*

Il est tenu dans chaque station et dans chaque bureau d'attente un registre coté et paraphé par le maire de la commune, lequel est destiné à recevoir les réclamations des personnes (voyageurs ou autres) qui auraient des plaintes à former, soit contre le concessionnaire, soit contre ses agents.

Ce registre est représenté à toute réquisition du public ; il est visé par les agents du service du contrôle et de surveillance administrative.

Art. 54. — *Propositions du concessionnaire.*

Dans tous les cas ou, conformément aux dispositions du présent règlement, le préfet doit statuer sur la proposition d'un concessionnaire, celui-ci est tenu de lui soumettre cette proposition dans le délai qui a été déterminé, faute de quoi le préfet peut statuer directement.

Si le préfet pense qu'il y a lieu de modifier la proposition du concessionnaire, il doit, sauf le cas d'urgence, entendre celui-ci avant de prescrire les modifications dont il s'agit.

Art. 55. — *Affichage et publication du présent règlement.*

Des exemplaires du présent règlement, ainsi que des articles de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846, du décret du 30 avril 1880 et du décret du 12 août 1874 auquel il se réfère, sont constamment affichés, à la diligence du concessionnaire, aux abords des bureaux des voies ferrées qui empruntent le sol des voies publiques, ainsi que dans les salles d'attente.

Le conducteur ou receveur de toute voiture, le conducteur principal de tout train en marche sont munis d'un exemplaire du règlement. Des extraits sont délivrés, chacun pour ce qui le concerne, aux cochers, receveurs, mécaniciens, chauffeurs, gardes-freins et autres agents employés sur la voie ferrée.

Des extraits, en ce qui concerne les règles à observer par les voyageurs pendant le trajet, sont placés dans chaque caisse de voiture.

Art. 56. — *Constatation et poursuite des contraventions.*

Sont constatées, poursuivies et réprimées conformément aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845, qui ont été rendues applicables aux tramways par l'article 37 de la loi du 11 juin 1880, les contraventions au présent règlement, aux décisions ministérielles et aux arrêtés pris par les préfets pour l'exécution de ce règlement.

Art. 57. — Les dispositions du présent règlement sont applicables aux chemins de fer d'intérêt local sur les sections où ces chemins de fer empruntent le sol des voies publiques, sans préjudice de l'application de l'ordonnance du 15 novembre 1846.

Art. 58. — *Exécution du présent règlement.*

Le Ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois* et au *Journal officiel*.

Fait à Paris, le 6 août 1881.

JULES GRÉVY

Par le Président de la République
Le Ministre des travaux publics,
SADI CARNOT

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cahier des charges type pour la concession des chemins de fer d'intérêt local
Décret

Le Président de la République française,

Sur le rapport du Ministre des travaux publics :

Vu l'article 2 de la loi du 11 juin 1880, aux termes duquel le conseil général arrête la direction des chemins de fer d'intérêt local, le mode et les conditions de leur construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation, en se conformant aux clauses et conditions du cahier des charges type approuvé par le Conseil d'Etat, sauf les modifications qui seront apportées par la convention et la loi d'approbation ;

Vu l'instruction à laquelle a donné lieu la réparation du cahier des charges type prévu par la loi susvisée ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décrète :

Article Premier. — Est approuvé le cahier des charges type ci-annexé, dressé en exécution de l'article 2 de la loi du 11 juin 1880, pour la concession des chemins de fer d'intérêt local.

Art. 2. — Le Ministre des travaux publics, est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 6 août 1881.

JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :
Le Ministre des travaux publics,
SADI CARNOT.

Cahier des charges type (1)

TITRE PREMIER

TRACÉ ET CONSTRUCTION

Article Premier. — *Tracé.*

Le chemin de fer d'intérêt local qui fait l'objet du présent cahier des charges partira de passera à ou près

Art. 2. — *Délais d'exécution.*

Les travaux devront être commencés dans un délai de , à partir de la loi déclarative d'utilité publique. Ils seront poursuivis de telle façon que la *section de* *à* soit livrée à l'exploitation le *la section de* *à* *le* et la ligne entière le

1. La présente formule type est rédigée dans l'hypothèse d'une concession conférée par un *département*. Ce mot sera modifié partout où il est imprimé *en italique* dans le cas où la concession émanerait d'une *commune*. (Articles 1 et 2 de la loi du 11 juin 1880). On a aussi imprimé *en italique* les autres mots et chiffres qui peuvent être modifiés suivant les circonstances.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 3. — *Approbation des projets.*

Aucun travail ne pourra être entrepris pour l'établissement du chemin de fer et de ses dépendances sans que les projets en aient été approuvés, conformément à l'article 3 de la loi du 11 juin 1880, pour les projets d'ensemble, par le *conseil général*, et, pour les projets de détail des ouvrages, par le préfet, sous réserve de l'approbation du Ministre des travaux publics, dans le cas où les travaux affecteraient des cours d'eau ou des chemins dépendant de la grande voirie.

A cet effet, les projets d'ensemble, comprenant le tracé, les terrassements et l'emplacement des stations, seront remis au préfet, dans les *six* mois au plus tard de la loi déclarative d'utilité publique.

Le préfet, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef du département, soumettra ces projets au *conseil général*, qui statuera définitivement, sauf le droit réservé au Ministre des travaux publics par le paragraphe 2 de l'article 3 de la loi, d'appeler le conseil général à statuer à nouveau sur lesdits projets.

L'une des expéditions des projets ainsi approuvés sera remise au concessionnaire avec la mention de la décision approbative du *conseil général;* l'autre restera entre les mains du préfet.

Avant comme pendant l'exécution, le concessionnaire aura la faculté de proposer aux projets approuvés les modifications qu'il jugerait utiles, mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation de l'autorité compétente.

Art. 4. — *Projets antérieurs.*

Le concessionnaire pourra prendre copie, sans déplacement, de tous les plans, nivellements et devis qui auraient été antérieurement dressés aux frais du *département.*

Art. 5. — *Pièces à fournir.*

Les projets d'ensemble qui doivent être produits par le concessionnaire comprennent pour la ligne entière ou pour chaque section de la ligne :

1° Un extrait de la carte au $\frac{1}{80,000}$;

2° Un plan général à l'échelle de $\frac{1}{10,000}$;

3° Un profil en long à l'échelle de $\frac{1}{5,000}$ pour les longueurs et de $\frac{1}{1,000}$ pour les hauteurs, dont les cotes seront rapportées au niveau moyen de la mer, pris pour plan de comparaison. Au-dessous de ce profil, on indiquera, au moyen de trois lignes horizontales disposées à cet effet, savoir :

— Les distances kilométriques du chemin de fer, comptées à partir de son origine;

— La longueur et l'inclinaison de chaque pente ou rampe ;

— La longueur des parties droites et le développement des parties courbes du tracé, en faisant connaître le rayon correspondant à chacune de ces dernières ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Un certain nombre de profils en travers, à l'échelle de $0^m,005$ pour mètre et le profil type de la voie à l'échelle de $0^m,02$ pour mètre ;

5° Un mémoire dans lequel seront justifiées toutes les dispositions essentielles du projet, et un devis descriptif dans lequel seront reproduites, sous forme de tableaux, les indications relatives aux déclivités et aux courbes déjà données sur le profil en long.

La position des gares et stations projetées, celles de cours d'eau et des voies de communication traversés par le chemin de fer, des passages soit à niveau, soit en dessus, soit en dessous de la voie ferrée, devront être indiquées tant sur le plan que sur le profil en long ; le tout sans préjudice des projets à fournir pour chacun de ces ouvrages.

Art. 6 (1). — *Acquisition des terrains. Ouvrages d'art. Etablissement de la deuxième voie.*

Les terrains seront acquis, les ouvrages d'art et les terrassements seront exécutés et les rails seront posés pour une voie seulement, sauf l'établissement d'un certain nombre de gares d'évitement.

Le concessionnaire sera tenu d'exécuter à ses frais, une seconde voie, lorsque la recette brute kilométrique aura atteint le chiffre de (2) francs pendant une année.

En dehors du cas prévu par le paragraphe précédent, il pourra, à toute époque de la concesion, être requis par le préfet au nom *du département*, et par le Ministre des travaux publics au nom de l'Etat, d'exécuter et d'exploiter une seconde voie sur tout ou partie de la ligne, moyennant le remboursement des frais d'établissement de ladite voie.

Si les travaux de la double voie requise ne sont pas commencés et poursuivis dans les délais prescrits par la décision qui les a ordonnés, l'Administration pourra mettre le chemin de fer tout entier sous séquestre et exécuter elle-même les travaux.

Les terrains acquis pour l'établissement du chemin de fer ne pourront pas recevoir une autre destination.

Art. 7. — *Largeur de la voie. Gabarit du matériel roulant.*

La largeur de la voie entre les bords intérieurs des rails devra être de (3)

La largeur des locomotives et des caisses des véhicules ainsi que de leur chargement ne dépassera pas (4) et la largeur du matériel roulant, y compris toutes saillies, notamment celle des marchepieds latéraux, restera

1. Dans les cas où les dispositions de cet article ne paraîtront pas suffisantes, on pourra les remplacer par celles-ci :

Les terrains seront acquis, les ouvrages d'art et les terrassements seront exécutés et les rails seront posés pour deux voies.

Néanmoins le concessionnaire pourra être autorisé, à titre provisoire, à exécuter les terrassements et à ne poser les rails que pour une seule voie.

Les terrains acquis pour l'établissement du chemin de fer ne pourront pas recevoir une autre destination.

2 A déterminer dans chaque cas particulier. On admet généralement le chiffre de 35.000 fr.

3. 1 m. 44, 1 m. 00, ou 0 m. 75

4. Largeur à déterminer dans chaque cas particulier; toutefois on n'admettra pas plus de 2 m. 80 pour la voie de 1 m. 44, ni de 2 m. 50 pour la voie de 1 m. 00, ni de 1 m. 875 pour la voie de 0 m. 75.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inférieure à (1) ; la hauteur du matériel roulant au-dessus des rails sera au plus de (2).

Dans les parties à deux voies, la largeur de l'entre-voie, mesurée entre les bords extérieurs des rails, sera de (3).

La largeur des accotements, c'est-à-dire des parties comprises de chaque côté entre le bord extérieur du rail et l'arête supérieure du ballast, sera de (4).

L'épaisseur de la couche de ballast sera d'au moins trente-cinq centimètres ($0^m,35$), et l'on ménagera, au pied de chaque talus du ballast, une banquette de largeur telle que l'arête de cette banquette se trouve à quatre-vingt-dix centimètres ($0^m,90$) au moins de la verticale de la partie la plus saillante du matériel roulant.

Le concessionnaire établira, le long du chemin de fer, les fossés ou rigoles qui seront jugés nécessaires pour l'assèchement de la voie et pour l'écoulement des eaux.

Les dimensions de ces fossés et rigoles seront déterminées par le préfet, suivant les circonstances locales, sur les propositions du concessionnaire.

Art. 8. — *Alignements et courbes. Pentes et rampes.*

Les alignements seront raccordés entre eux par des courbes dont le rayon ne peut être inférieur à (5)

Une partie droite de (6)

au moins de longueur devra être ménagée entre deux courbes consécutives, lorsqu'elles seront dirigées en sens contraires.

Le maximum des déclivités est fixé à (7) millièmes.

Une partie horizontale de (8) mètres au moins devra être ménagée entre deux déclivités consécutives de sens contraires.

Les déclivités correspondant aux courbes de faible rayon devront être réduites autant que faire se pourra.

Le concessionnaire aura la faculté, dans des cas exceptionnels, de proposer aux dispositions du présent article les modifications qui lui paraîtraient utiles, mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation préalable du préfet.

1. Largeur à déterminer dans chaque cas particulier; toutefois on n'admettra pas plus de 3 m. 10 pour la voie de 1 m. 44, ni de 2 m. 80 pour la voie de 1 m. 00, ni de 2 m. 175 pour la voie de 0 m. 75.

C'est cette dernière dimension, égale à la plus grande largeur du gabarit du matériel roulant, qui servira à déterminer la largeur de la plateforme et des ouvrages d'art.

2. 4 m. 20 pour la voie de 1 m. 44; hauteur à déterminer dans chaque cas particulier pour les autres voies.

Cette dimension servira à fixer l'élévation des ouvrages d'art qui seront établis au-dessus du chemin de fer.

3. La largeur de l'entre-voie sera telle qu'entre les parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent il y ait un intervalle libre d'au moins cinquante centimètres (0 m. 50).

4. Cette largeur sera calculée de façon que l'arête supérieure du ballast se trouve sur la verticale de la partie la plus saillante du matériel roulant.

5. En général, et à moins de circonstances exceptionnelles dont il devra être justifié, 250 mètres pour les chemins à voie de 1 m. 44, 100 mètres pour les chemins à voie de 1 m. 00 et 50 mètres pour les chemins à voie de 0 m 75.

6. En général, 60 mètres pour la voie de 1 m. 44, et 40 mètres pour les voies de 1 m. 00 et de 0 m. 75.

7. En général, et à moins de circonstances exceptionnelles dont il devra être justifié, 30 millièmes.

8. En général, 60 mètres pour la voie de 1 m. 44, et 40 mètres pour les voies de 1 m. 00 et de 0 m. 75.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 9. — *Gares et stations.*

Le nombre et l'emplacement des stations ou haltes de voyageurs et des gares de marchandises seront arrêtés par le *conseil général*, sur les propositions du concessionnaire, après une enquête spéciale.

Il demeure toutefois entendu, dès à présent, que des stations seront établies dans les localités indiquées ci-après :

Si, pendant l'exploitation, de nouvelles stations, gares ou haltes sont reconnues nécessaires d'accord entre le *département* et le concessionnaire, il sera procédé à une enquête spéciale.

L'emplacement en sera définitivement arrêté par le *conseil général*, le concessionnaire entendu.

Le nombre, l'étendue et l'emplacement des gares d'évitement seront déterminés par le préfet, le concessionnaire entendu ; si la sécurité publique l'exige, le préfet pourra, pendant le cours de l'exploitation, prescrire l'établissement de nouvelles gares d'évitement ainsi que l'augmentation des voies dans les stations et aux abords des stations.

Le concessionnaire sera tenu, préalablement à tout commencement d'exécution, de soumettre au préfet les projets de détail de chaque gare, station ou halte, lesquels se composeront :

1° D'un plan à l'échelle de $\frac{1}{500}$ indiquant les voies, les quais, les bâtiments et leur disposition intérieure, ainsi que la disposition de leurs abords ;

2° D'une élévation des bâtiments à l'échelle d'un centimètre par mètre ;

3° D'un mémoire descriptif dans lequel les dispositions essentielles du projet seront justifiées.

Art. 10. — *Traversée des routes et chemins.*

Le concessionnaire sera tenu de rétablir les communications interceptées par le chemin de fer, suivant les dispositions qui seront approuvées par l'administration compétente.

Art. 11. — *Passages au-dessus des routes et chemins.*

Lorsque le chemin de fer devra passer au-dessus d'une route nationale ou départementale ou d'un chemin vicinal, l'ouverture du viaduc sera fixée par le Ministre des travaux publics ou le préfet, suivant le cas, en tenant compte des circonstances locales ; mais cette ouverture ne pourra, dans aucun cas être inférieure à huit mètres (8^m,00) pour la route nationale, à sept mètres (7^m,00) pour la route départementale, à cinq mètres (5^m00) pour un chemin vicinal de grande communication ou d'intérêt commun, et à quatre mètres (4^m,00) pour un simple chemin vicinal.

Pour les viaducs de formes cintrées, la hauteur sous clef, à partir du sol de la route, sera de cinq mètres (5^m,00) au moins. Pour ceux qui seront formés de poutres horizontales en bois ou en fer, la hauteur sous poutre sera de quatre mètres trente centimètres (4^m,30) au moins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La largeur entre les parapets sera au moins de (1). La hauteur de ces parapets ne pourra, dans aucun cas, être inférieure à un mètre (1m00).

Sur les lignes et sections pour lesquelles la Compagnie exécutera les ouvrages d'art pour deux voies, la largeur des viaducs entre les parapets sera au moins de (1).

Art. 12. — *Passages au-dessous des routes et chemins.*

Lorsque le chemin de fer devra passer au-dessous d'une route nationale ou départementale, ou d'un chemin vicinal, la largeur entre les parapets du pont qui supportera la route ou le chemin, sera fixée par le Ministre des travaux publics ou le préfet, suivant le cas, en tenant compte des circonstances locales, mais cette largeur ne pourra dans aucun cas, être inférieure à huit mètres (8m,00) pour la route nationale, à sept mètres (7m,00) pour la route départementale, à cinq mètres (5m,00) pour un chemin vicinal de grande communication, et à quatre mètres (4m,00) pour un simple chemin vicinal.

L'ouverture du pont entre les culées sera au moins de (2) pour les chemins à une voie, et de (2) sur les lignes ou sections pour lesquelles le concessionnaire exécutera les ouvrages d'art pour deux voies. Cette largeur règnera jusqu'à deux mètres (2m,00) au moins au-dessus du niveau du rail. La distance verticale qui sera ménagée au-dessus des rails pour le passage des trains, dans une largeur égale à celle qui est occupée par les caisses des voitures, ne sera pas inférieure à (3).

Art. 13. — *Passage à niveau.*

Dans le cas où des routes nationales ou départementales, ou des chemins vicinaux, ruraux ou particuliers, seraient traversés à leur niveau par le chemin de fer, les rails et contre-rails devront être posés sans aucune saillie ni dépression sur la surface de ces routes, et de telle sorte qu'il n'en résulte aucune gêne pour la circulation des voitures.

Le croisement à niveau du chemin de fer et des routes ne pourra s'effectuer sous un angle inférieur à 45°, à moins d'une autorisation formelle de l'administration supérieure.

L'ouverture libre des passages à niveau sera d'au moins six mètres (6m,00) pour les routes nationales et départementales et les chemins vicinaux de grande communication, et d'au moins quatre mètres (4m,00) pour tous les autres chemins.

Le préfet déterminera, sur la proposition du concessionnaire, les types des barrières qu'il devra poser aux passages à niveau, ainsi que les abris ou maisons de gardes à établir. Il peut dispenser d'établir des maisons de gardes ou des abris, et même de poser des barrières au croisement des chemins peu fréquentés.

1. Cette largeur sera telle qu'il y ait un intervalle de soixante-dix centimètres (0 m. 70) au moins entre les parapets et les parties les plus saillantes du matériel roulant d'après la largeur maximum qui est fixée dans le deuxième paragraphe de l'article 7.

2. Cette ouverture sera telle qu'il y ait un intervalle de soixante-dix centimètres (0 m. 70) au moins entre les culées et les parties les plus saillantes du matériel roulant.

3. 4 m. 80 pour la voie de 1 m. 44; pour les autres voies, cette distance verticale sera égale à la hauteur du matériel roulant, telle quelle a été fixée dans le deuxième paragraphe de l'article 7, augmentée de soixante centimètres (0 m. 60).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La déclivité des routes et chemins aux abords des passages à niveau sera réduite à vingt millimètres au plus sur dix mètres de longueur de part et d'autre de chaque passage.

Art. 14. — *Rectification des routes.*

Lorsqu'il y aura lieu de modifier l'emplacement ou le profil des routes existantes, l'inclinaison des pentes et rampes sur les routes modifiées ne pourra excéder trois centimètres ($0^m,03$) par mètre pour les routes nationales, de cinq centimètres (0,05) pour les routes départementales et les chemins vicinaux. Le préfet restera libre, toutefois, d'apprécier les circonstances qui pourraient motiver une dérogation à cette clause, en ce qui touche les routes départementales et les chemins vicinaux; le Ministre statuera en tout ce qui touche les routes nationales.

Art. 15. — *Ecoulement des eaux; débouché des ponts.*

Le concessionnaire sera tenu de rétablir et d'assurer à ses frais, pendant la durée de sa concession, l'écoulement de toutes les eaux dont le cours aurait été arrêté, suspendu ou modifié par ces travaux, et de prendre les mesures nécessaires pour prévenir l'insalubrité pouvant résulter des chambres d'emprunt.

Les viaducs à construire à la rencontre des rivières, des canaux cours d'eau quelconques auront au moins (1) de largeur entre les parapets sur les chemins à une voie, et (1) sur les chemins à deux voies, et ils présenteront en outre les garages nécessaires pour la sécurité des ouvriers de la voie. La hauteur des parapets ne pourra être inférieure à un mètre ($1^m,00$).

La hauteur et le débouché du viaduc seront déterminés, dans chaque cas particulier, par l'Administration, suivant les circonstances locales.

Dans tous les cas où l'Administration le jugera utile, il pourra être accolé aux ponts établis par le concessionnaire pour le service du chemin de fer, une voie charretière ou une passerelle pour piétons. L'excédent de dépense qui en résultera sera supporté, suivant les cas, par l'État, le département ou les communes intéressées, d'après l'évaluation contradictoire qui sera faite par les ingénieurs ou les agents désignés par l'autorité compétente et par les ingénieurs de la Compagnie.

Art. 16. — *Souterrains.*

Les souterrains à établir pour le passage du chemin de fer auront au moins (2) de largeur entre les pieds-droits au niveau des rails, pour les chemins à une voie, et (2) de largeur pour les lignes ou sections à deux voies. Cette largeur règnera jusqu'à deux mètres ($2^m,00$) au moins au-dessus du niveau du rail. Des garages seront établis à cinquante mètres ($50^m,00$) de distance de chaque côté, et seront disposés en quinconce d'un côté à l'autre. La hauteur sous clef au-dessus de la surface des rails sera de (3). La distance verticale qui sera ménagée entre l'intrados et le dessus des rails, pour le passage des trains, dans une largeur égale à celle qui est occupée par les

1. Même largeur qu'à l'article 11.
2. Même largeur qu'à l'article 12.
3. Cette hauteur sera égale à la hauteur maximum du gabarit du matériel roulant, augmentée d'un intervalle libre, nécessaire pour l'aérage, d'au moins un mètre vingt centimètres (1 m. 20) pour une ou pour deux voies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

caisses des voitures, sera pas inférieure à (1). L'ouverture des puits d'aérage et de construction des souterrains sera entourée d'une margelle en maçonnerie de deux mètres (2^m,00) de hauteur. Cette ouverture ne pourra être établie sur aucune voie publique.

Art. — 17. *Maintien des communications.*

A la rencontre des cours d'eau flottables et navigables, le concessionnaire sera tenu de prendre toutes les mesures et de payer tous les frais nécessaires pour que le service de la navigation ou du flottage n'éprouve ni interruption ni entrave pendant l'exécution des travaux.

A la rencontre des routes nationales ou départementales et des autres chemins publics, il sera construit des chemins et des ponts provisoires, par les soins et aux frais du concessionnaire, partout où cela sera jugé nécessaire pour que la circulation n'éprouve aucune interruption ni gêne.

Avant que les communications existantes puissent être interceptées, une reconnaissance sera faite par les ingénieurs de la localité, à l'effet de constater si les ouvrages provisoires présentent une solidité suffisante et s'ils peuvent assurer le service de la circulation

Un délai sera fixé par l'Administration pour l'exécution des travaux définitifs destinés à rétablir les communications interceptées.

Art. 18. — *Exécution des travaux.*

Le concessionnaire n'emploiera dans l'exécution des ouvrages que des matériaux de bonne qualité; il sera tenu de se conformer à toutes les règles de l'art, de manière à obtenir une construction parfaitement solide.

Tous les aqueducs, ponceaux, ponts et viaducs à construire à la rencontre des divers cours d'eau et des chemins publics ou particuliers seront en maçonnerie ou en fer, sauf les cas d'exception qui pourront être admis par l'Administration.

Art. 19. — *Voies.*

Les voies seront établies d'une manière solide et avec des matériaux de bonne qualité.

Les rails seront en et du poids de (2) kilogrammes au moins par mètre courant sur les voies de circulation.

L'espacement maximum des traverses sera de d'axe en axe.

Art. 20. — *Clôture.*

Le chemin de fer sera séparé des propriétés riveraines par des murs, haies ou toute autre clôture dont le mode et la disposition seront agréés par le préfet. Le concessionnaire pourra, conformément à l'article 20 de la loi du 11 juin 1880, être dispensé de poser des clôtures sur tout ou partie de la voie, mais il devra fournir des justifications spéciales pour être dispensé d'en établir :

1° Dans la traversée des lieux habités;

2° Dans les parties contiguës à des chemins publics;

3° Sur dix mètres de longueur au moins de chaque côté des passages à niveau et des stations.

1. Même distance verticale qu'à l'article 12.

2. En général, et à moins de circonstances exceptionnelles dont il devra être justifié, 30 kilogrammes en fer et 25 kilogrammes en acier sur les chemins à voie large; le poids sera fixé dans chaque affaire pour les chemins à voie étroite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 21. — *Indemnités de terrains et de dommages.*

Tous les terrains nécessaires pour l'établissement du chemin de fer et de ses dépendances, pour la déviation des voies de communication et des cours d'eau déplacés, et, en général, pour l'exécution des travaux, quels qu'ils soient, auxquels cet établissement pourra donner lieu, seront achetés et payés par le concessionnaire (1).

Les indemnités pour occupation temporaire ou pour détérioration de terrain, pour chômage, modification ou destruction d'usines, et pour tous dommages quelconques résultant des travaux, seront supportées et payées par le concessionnaire.

Art. 22. — *Droits conférés au concessionnaire.*

L'entreprise étant d'utilité publique, le concessionnaire est investi, pour l'exécution des travaux dépendant de sa concession, de tous les droits que les lois et règlements confèrent à l'Administration en matière de travaux publics, soit pour l'acquisition des terrains par voie d'expropriation, soit pour l'extraction, le transport et le dépôt des terres, matériaux, etc., et il demeure en même temps soumis à toutes les obligations qui dérivent, pour l'Administration, de ces lois et règlements.

Art. 23. — *Servitudes militaires.*

Dans les limites de la zone frontière et dans le rayon de servitude des enceintes fortifiées, le concessionnaire sera tenu, pour l'étude et l'exécution de ses projets, de se soumettre à l'accomplissement de toutes les formalités et de toutes les conditions exigées par les lois, décrets et règlements concernant les travaux mixtes.

Art. 24. — *Mines.*

Si la ligne du chemin de fer traverse un sol déjà concédé pour l'exploitation d'une mine, les travaux de consolidation à faire dans l'intérieur de la mine qui pourraient être imposés par le Ministre des travaux publics, ainsi que les dommages résultant de cette traversée pour les concessionnaires de la mine, seront à la charge du concessionnaire.

Art. 25. — *Carrières.*

Si le chemin de fer doit s'étendre sur des terrains renfermant des carrières ou les traverser souterrainement, il ne pourra être livré à la circulation avant que les excavations qui pourraient en compromettre la solidité aient été remblayées ou consolidées. Les travaux que le Ministre des travaux publics pourrait ordonner à cet effet seront exécutés par les soins et aux frais du concessionnaire.

Art. 26. — *Contrôle et surveillance des travaux.*

Les travaux seront soumis au contrôle et à la surveillance du préfet, sous l'autorité du Ministre des travaux publics.

Ils seront conduits de manière à nuire le moins possible à la liberté et à

1. Il y aura lieu de modifier ce paragraphe dans le cas où le département ou les communes auraient pris l'engagement de fournir les terrains.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la sûreté de la circulation. Les chantiers ouverts sur le sol des voies publiques seront éclairés et gardés pendant la nuit.

Les travaux devront être adjugés par lots et sur série de prix, soit avec publicité et concurrence, soit sur soumissions cachetées entre entrepreneurs agréés à l'avance; toutefois, si le conseil d'administration juge convenable, pour une entreprise ou une fourniture déterminée, de procéder par voie de régie ou de traité direct, il devra obtenir de l'assemblée générale des actionnaires la sanction soit de la régie, soit du traité.

Tout marché à forfait, avec ou sans série de prix, passé avec un entrepreneur, soit pour l'ensemble du chemin de fer, soit pour l'exécution des terrassements ou ouvrages d'art, soit pour la construction d'une ou plusieurs sections du chemin, est, dans tous les cas, formellement interdit.

Le contrôle et la surveillance du préfet auront pour objet d'empêcher le concessionnaire de s'écarter des dispositions prescrites par le présent cahier des charges et de celles qui résulteront des projets approuvés.

Art. 27. — *Réception des travaux.*

A mesure que les travaux seront terminés sur des parties de chemins de fer susceptibles d'être livrées utilement la circulation, il sera procédé à la reconnaissance et, s'il y a lieu, à la réception provisoire de ces travaux par un ou plusieurs commissaires que le préfet désignera.

Sur le vu du procès-verbal de cette reconnaissance, le préfet autorisera, s'il y a lieu, la mise en exploitation des parties dont il s'agit; après cette autorisation, le concessionnaire pourra mettre lesdites parties en service et y percevoir les taxes ci-après déterminées. Toutefois ces réceptions partielles ne deviendront définitives que par la réception générale et définitive du chemin de fer, laquelle sera faite dans la même forme que les réceptions partielles.

Art. 28. — *Bornage et plan cadastral.*

Immédiatement après l'achèvement des travaux et au plus tard six mois après la mise en exploitation de la ligne ou de chaque section, le concessionnaire fera faire à ses frais un bornage contradictoire avec chaque propriétaire riverain, en présence d'un représentant du département, ainsi qu'un plan cadastral du chemin de fer et de ses dépendances. Il fera dresser également à ses frais, et contradictoirement avec les agents désignés par le préfet, un état descriptif de tous les ouvrages d'art qui auront été exécutés, ledit état accompagné d'un atlas contenant les dessins cotés de tous les ouvrages.

Une expédition dûment certifiée des procès-verbaux de bornage, du plan cadastral, de l'état descriptif et de l'atlas sera dressée aux frais du concessionnaire et déposée dans les archives de la préfecture.

Les terrains acquis par le concessionnaire postérieurement au bornage général, en vue de satisfaire aux besoins de l'exploitation, et qui, par cela même, deviendront partie intégrante du chemin de fer, donneront lieu, au fur et à mesure de leur acquisition, à des bornages supplémentaires, et seront ajoutés sur le plan cadastral; addition sera également faite sur l'atlas de tous les ouvrages d'art exécutés postérieurement à sa rédaction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TITRE II

ENTRETIEN ET EXPLOITATION

Art. 29. — *Entretien.*

Le chemin de fer et toutes ses dépendances seront constamment entretenus en bon état, de manière que la circulation y soit toujours facile et sûre.

Les frais d'entretien et ceux auxquels donneront lieu les réparations ordinaires et extraordinaires seront entièrement à la charge du concessionnaire.

Si le chemin de fer, une fois achevé, n'est pas constamment entretenu en bon état, il y sera pourvu d'office à la diligence du préfet et aux frais du concessionnaire, sans préjudice, s'il y a lieu, de l'application des dispositions indiquées ci-après dans l'article 39.

Le montant des avances faites sera recouvré au moyen de rôles que le préfet rendra exécutoires.

Art. 30. — *Gardiens.*

Le concessionnaire sera tenu d'établir à ses frais, partout où la nécessité en aura été reconnue par le préfet, des gardiens en nombre suffisant pour assurer la sécurité du passage des trains sur la voie et celle de la circulation sur les points où le chemin de fer traverse à niveau des routes ou chemins publics.

Art. 31. — *Matériel roulant.*

Le matériel roulant qui sera mis en circulation sur le chemin de fer concédé devra passer librement dans le gabarit, dont les dimensions sont définies par le deuxième paragraphe de l'article 7.

Les machines locomotives seront construites sur les meilleurs modèles ; elles devront consumer leur fumée et satisfaire d'ailleurs à toutes les conditions prescrites ou à prescrire par l'Administration pour la mise en service de ce genre de machines.

Les voitures de voyageurs devront également être faites d'après les meilleurs modèles et satisfaire à toutes les conditions réglées ou à régler pour les voitures servant au transport des voyageurs sur les chemins de fer. Elles seront suspendues sur ressort, et pourront être à deux étages.

L'étage inférieur sera complètement couvert, garni de banquettes avec dossiers, fermé à glaces, muni de rideaux et éclairé pendant la nuit ; l'étage supérieur sera couvert et garni de banquettes avec dossiers ; on y accèdera au moyen d'escaliers qui seront accompagnés, ainsi que les couloirs donnant accès aux places, de garde-corps solides d'au moins un mètre dix centimètres ($1^m,10$) de hauteur utile.

Les dossiers et les banquettes devront être inclinés et les dossiers seront élevés à la hauteur de la tête des voyageurs.

Il y aura des places de classes ; on se conformera, pour la disposition particulière des places de chaque classe, aux prescriptions qui sont arrêtées par le préfet.

L'intérieur de chaque compartiment contiendra l'indication du nombre de places de ce compartiment.

Le préfet pourra exiger qu'un compartiment de chaque classe soit réservé, dans les trains de voyageurs, aux femmes voyageant seules.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les voitures de voyageurs, les wagons destinés au transport des marchandises, des chaises de poste, des chevaux ou des bestiaux, les plateformes, et, en général, toutes les parties du matériel roulant, seront de bonne et solide construction.

Le concessionnaire sera tenu, pour la mise en service de ce matériel, de se soumettre à tous les règlements sur la matière.

Le nombre des voitures à frein qui doivent entrer dans la composition des trains sera réglé par le préfet en rapport avec les déclivités de la ligne.

Les machines locomotives, tenders, voitures, wagons de toute espèce, plateformes composant le matériel roulant, seront constamment tenus en bon état.

Art. 32. — *Nombre minimum des trains.*

Le nombre minimum des trains qui desserviront tous les jours la ligne entière dans chaque sens est fixé à

Art. 33. — *Règlements de police et d'exploitation.*

Le concessionnaire supportera les dépenses qu'entraînera l'exécution des ordonnances, décrets, décisions ministérielles et arrêtés préfectoraux rendus ou à rendre par application de la loi du 15 juillet 1845 et de celle du 11 juin 1880, au sujet de la police et de l'exploitation du chemin de fer.

Le concessionnaire sera tenu de soumettre à l'approbation du préfet les règlements de service intérieur relatifs à l'exploitation du chemin de fer.

Le préfet déterminera, sur la proposition du concessionnaire, le minimum et le maximum de la vitesse des convois de voyageurs et de marchandises sur les différentes sections de la lignes la durée du trajet et le tableau de la marche des trains.

TITRE III

DURÉE, RACHAT ET DÉCHÉANCE DE LA CONCESSION

Art. 34. — *Durée de la concession.*

La durée de la concession pour l ligne mentionnée à l'article 1er du présent cahier des charges commencera à courir de la date de la loi qui approuvera la concession. Celle-ci prendra fin le

Art. 35. — *Expiration de la concession*

A l'époque fixée pour l'expiration de la concession, et par le seul fait de cette expiration, le *département* sera subrogé à tous les droits du concessionnaire sur le chemin de fer et ses dépendances, et il entrera immédiatement en jouissance de tous ses produits.

Le concessionnaire sera tenu de lui remettre en bon état d'entretien le chemin de fer et tous les immeubles qui en dépendent, quelle qu'en soit l'origine, tels que les bâtiments des gares et stations, les remises, ateliers et dépôts, les maisons de garde, etc. Il en sera de même de tous les objets immobiliers dépendant également dudit chemin, tels que les barrières et clôtures, les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voies, changements de voies, plaques tournantes, réservoirs d'eau, grues hydrauliques, machines fixes, etc.

Dans les cinq dernières années qui précéderont le terme de la concession, le *département* aura le droit de saisir les revenus du chemin de fer et de les employer à rétablir en bon état le chemin de fer et ses dépendances, si le concessionnaire ne se mettait pas en mesure de satisfaire pleinement et entièrement à cette obligation.

En ce qui concerne les objets mobiliers, tels que le matériel roulant, le mobilier des stations, l'outillage des ateliers et des gares, le *département* se réserve le droit de les reprendre en totalité ou pour telle partie qu'il jugera convenable, à dire d'experts, mais sans pouvoir y être contraint. La valeur des objets repris sera payée au concessionnaire dans les six mois qui suivront l'expiration de la concession et la remise du matériel au *département*.

Le *département* sera tenu, si le concessionnaire le requiert, de reprendre les matériaux, combustibles et approvisionnements de tout genre, sur l'estimation qui en sera faite à dire d'experts, et réciproquement si le *département* le requiert, le concessionnaire sera tenu de céder ces approvisionnements de la même manière. Toutefois le *département* ne pourra être obligé de reprendre que les approvisionnements nécessaires à l'exploitation du chemin pendant six mois.

Art. 36. — *Rachat de la concession.*

Le *département* aura toujours le droit de racheter la concession.

Si le rachat a lieu avant l'expiration des *quinze* premières années de l'exploitation, il se fera conformément au paragraphe 3 de l'article 11 de la loi du 11 juin 1880. Ce terme de *quinze* ans sera compté à partir de la mise en exploitation effective de la ligne entière, ou au plus tard à partir de la fin du délai qui est fixé dans l'article 2 du présent cahier des charges, sans tenir compte des retards qui auraient eu lieu dans l'achèvement des travaux.

Si le rachat de la concession entière est demandé par le *département* après l'expiration des *quinze* premières années de l'exploitation, on règlera le prix du rachat en relevant les produits nets annuels obtenus par le concessionnaire pendant les *sept* années qui auront précédé celle où le rachat sera effectué, et en y comprenant les annuités qui auront été payées à titre de subvention ; on en déduira les produits nets des deux plus faibles années, et l'on établira le produit net moyen des *cinq* autres années.

Ce produit net moyen formera le montant d'une annuité qui sera due et payée au concessionnaire pendant chacune des années restant à courir sur la durée de la concession.

Dans aucun cas, le montant de l'annuité ne sera inférieur au produit net de la dernière des *sept* années prises pour terme de comparaison.

Le concessionnaire recevra en outre, dans les *six* mois qui suivront le rachat, les remboursements auxquels il aurait droit à l'expiration de la concession, suivant les deux derniers paragraphes de l'article 35, la reprise de la totalité des objets mobiliers étant ici obligatoire dans tous les cas pour le *département*.

Le concessionnaire ne pourra élever aucune réclamation dans le cas où, le chemin concédé ayant été déclaré d'intérêt général, l'Etat sera substitué

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au *département* dans tous les droits que ce dernier tient de la loi du 11 juin 1880 et du présent cahier des charges.

Si l'Etat rachète la concession passé le terme de *quinze* années qui est fixé dans le paragraphe premier du présent article, le rachat sera opéré suivant les dispositions qui précèdent. Dans le cas où, au contraire, l'Etat déciderait de racheter la concession avant l'expiration de ce terme, l'indemnité qui pourra être due au concessionnaire sera liquidée par une commission spéciale, conformément au paragraphe 3 de l'article 11 de la loi du 11 juin 1880.

Art. 37. — *Déchéance.*

Si le concessionnaire n'a pas remis au préfet les projets définitifs ou s'il n'a pas commencé les travaux dans les délais fixés par les articles 2 et 3, il encourra la déchéance qui sera prononcée par le Ministre des travaux publics après une mise en demeure, sauf recours au Conseil d'Etat par la voie contentieuse.

Dans ces deux cas, la somme de
qui aura été déposée, ainsi qu'il sera dit à l'article 66, à titre de cautionnement, deviendra la propriété du *département* et lui sera acquise.

Art. 38. — *Achèvement des travaux en cas de déchéance.*

Faute par le concessionnaire d'avoir poursuivi et terminé les travaux dans les délais et conditions fixés par l'article 2, faute aussi par lui d'avoir rempli les diverses obligations qui lui sont imposées par le présent cahier des charges et dans le cas prévu par l'article 40 de la loi du 11 juin 1880, il encourra soit la perte partielle de son cautionnement, dans les conditions prévues par l'acte de concession, soit la perte totale de ce cautionnement, soit enfin la déchéance. Dans tous les cas, il sera statué sur la demande du *département*, après mise en demeure, par le Ministre des travaux publics, sauf recours au Conseil d'Etat, par la voie contentieuse. Dans les deux premiers cas, le cautionnement sera reconstitué dans le mois de la décision ministérielle.

Dans le cas de déchéance, il sera pourvu tant à la continuation et à l'achèvement des travaux qu'à l'exécution des autres engagements contractés par le concessionnaire, au moyen d'une adjudication que l'on ouvrira sur une mise à prix des ouvrages exécutés, des matériaux approvisionnés et des parties du chemin de fer déjà livrées à l'exploitation.

Nul ne sera admis à concourir à cette adjudication s'il n'a été préalablement agréé par le préfet.

A cet effet, les personnes qui voudraient concourir seront tenues de déclarer, dans le délai qui sera fixé, leur intention, par écrit déposé à la préfecture et accompagné des pièces propres à justifier des ressources nécessaires pour remplir les engagements à contracter.

Ces pièces seront examinées par le préfet en conseil de préfecture. Chaque soumissionnaire sera informé de la décision prise en ce qui le concerne, et, s'il y a lieu, du jour de l'adjudication.

Les personnes qui auront été admises à concourir devront faire, soit à la Caisse des dépôts et consignations, soit à la recette générale du département, le dépôt de garantie, qui devra être égal au moins au trentième de la dépense à faire par le concessionnaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'adjudication aura lieu suivant les formes indiquées aux articles 11, 12, 13, 15 et 16, de l'ordonnance royale du 10 mai 1829.

Les soumissions ne pourront être inférieures à la mise à prix.

Le nouveau concessionnaire sera soumis aux clauses du présent cahier des charges et substitué au concessionnaire évincé pour recevoir les subventions de toute nature à échoir aux termes de l'acte de concession ; le concessionnaire évincé recevra de lui le prix que la nouvelle adjudication aura fixé.

La partie du cautionnement qui n'aura pas encore été restituée deviendra la propriété du *département*.

Si l'adjudication ouverte n'amène aucun résultat, une seconde adjudication sera tentée sur les mêmes bases, après un délai de trois mois. Cette fois, les soumissions pourront être inférieures à la mise à prix. Si cette seconde tentative reste également sans résultats, le concessionnaire, sera définitivement déchu de tous droits, et alors les ouvrages exécutés, les matériaux approvisionnés et les parties de chemin de fer déjà livrées à l'exploitation appartiendront au *département*.

Art. 39. — *Interruption de l'exploitation.*

Si l'exploitation du chemin de fer vient à être interrompue en totalité ou en partie, le préfet prendra immédiatement, aux frais et risques du concessionnaire, les mesures nécessaires pour assurer provisoirement le service.

Si, dans les trois mois de l'organisation du service provisoire, le concessionnaire n'a pas valablement justifié qu'il est en état de reprendre et de continuer l'exploitation, et s'il ne l'a pas effectivement reprise, la déchéance pourra être prononcée par le Ministre des travaux publics. Cette déchéance prononcée, le chemin de fer et toutes ses dépendances seront mis en adjudication, et il sera procédé ainsi qu'il est dit à l'article précédent.

Art. 40. — *Cas de force majeure.*

Les dispositions des trois articles qui précèdent ne seraient pas applicables, et la déchéance ne serait pas encourue, dans le cas où le concessionnaire n'aurait pu remplir ses obligations par suite de circonstances de force majeure dûment constatées.

TITRE IV

TAXES ET CONDITIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES VOYAGEURS ET DES MARCHANDISES

Art. 41. — *Tarif des droits à percevoir.*

Pour indemniser le concessionnaire des travaux et dépenses qu'il s'engage à faire par le présent cahier des charges, et sous la condition expresse qu'il en remplira exactement toutes les obligations, il est autorisé à percevoir, pendant toute la durée de la concession, les droits de péage et les prix de transport ci-après déterminés :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TARIF

1° PAR TÊTE ET PAR KILOMÈTRE

	PRIX de péage (1)	PRIX de transport (1)	PRIX totaux (1)
Grande vitesse			
Voyageurs.. Voitures couvertes, garnies et fermées à glaces (1re *classe*)	0f067	0f033	0f10
Voyageurs.. Voitures couvertes, fermées à glaces, et banquettes rembourrées (2e *classe*) .	0 050	0 025	0 075
Voyageurs.. Voitures couvertes et fermées à vitres (3e *classe*).	0 037	0 018	0 055
Enfants — Au-dessous de 3 ans, les enfants ne payent rien, à la condition d'être portés sur les genoux des personnes qui les accompagnent. De 3 à 7 ans, ils payent demi-place et ont droit à une place distincte ; toutefois, dans un même compartiment, deux enfants ne pourront occuper que la place d'un voyageur. Au-dessus de 7 ans, ils payent place entière.			
Chiens transportés dans les trains de voyageurs. . . Sans que la perception puisse être inférieure à 0 fr. 30.	0 01	0 005	0 015
Petite vitesse			
Bœufs, vaches, taureaux, chevaux, mulets, bêtes de trait	0 07	0 03	0 10
Veaux et porcs.	0 025	0 015	0 04
Moutons, brebis, agneaux, chèvres.	0 01	0 01	0 02
Lorsque les animaux ci-dessus dénommés seront, sur la demande des expéditeurs, transportés à la vitesse des trains de voyageurs, les prix seront doublés.			

2° PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE

Marchandises transportées à grande vitesse			
Huitres. — Poissons frais. — Denrées. — Excédents de bagages et marchandises de toute classe transportées à la vitesse des trains de voyageurs	0 20	0 16	0 36

1. Chiffres à fixer pour chaque concession : les chiffres inscrits ci-dessus sont présentés à titre de renseignement utile à consulter, mais ils pourront être modifiés selon les circonstances locales, ainsi que les autres dispositions ci-après.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

		PRIX		
		de péage	de transport	totaux
	Marchandises transportées à petite vitesse			
1re classe.	Spiritueux. — Huiles. — Bois de menuiserie, de teinture et autres bois exotiques. — Produits chimiques non dénommés. — Œufs. — Viande fraîche. — Gibier. — Sucre. — Café. — Drogues. — Epiceries. — Tissus. — Denrées coloniales. — Objets manufacturés. — Armes . .	0f09	0f07	0f16
2e classe.	Blés. — Grains. — Farines. — Légumes farineux. — Riz, maïs, châtaignes et autres denrées alimentaires non dénommées. — Chaux et plâtre. — Charbon de bois. — Bois à brûler dit *de corde*. — Perches. — Chevrons. — Planches. — Madriers. — Bois de charpente. — Marbre en bloc. — Albâtre. — Bitume. — Cotons. — Laines. — Vins. — Vinaigres. — Boissons. — Levure sèche. — Coke. — Fers. — Cuivres. — Plomb et autres métaux ouvrés ou non. — Fontes moulées.	0 08	0 06	0 14
3e classe.	Pierres de taille et produits de carrières. — Minerais autres que les minerais de fer. — Fonte brute. — Sel. — Moellons. — Meulières. — Argiles. — Briques. — Ardoises	0 06	0 04	0 10
4e classe.	Houille. — Marne. — Cendres. — Fumiers. — Engrais. — Pierres à chaux et à plâtre. — Pavés et matériaux pour la construction et la réparation des routes. — Minerais de fer. — Cailloux et sables.	0 05	0 03	0 08
	Tarif spécial par wagon complet			
	Marchandises des 1re, 2e, 3e et 4e classes	0 04	0 02	0 06
	Les foins, fourrages, pailles et toutes marchandises ne pesant pas *six cents* kilogrammes sous le volume d'un mètre cube, *cinquante centimes* (0 fr. 50) par wagon et par kilomètre.			

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	PRIX		
	de péage	de transport	totaux
3° VOITURES ET MATÉRIEL ROULANT TRANSPORTÉ A PETITE VITESSE			
Par pièce et par kilomètre			
Wagon ou chariot pouvant porter de 3 à 6 tonnes . .	0f09	0f06	0f15
Wagon pouvant porter plus de 6 tonnes	0 12	0 08	0 20
Locomotive pesant de 12 à 18 tonnes (ne traînant pas de convoi)	1 80	1 20	3 00
Locomotive pesant plus de 18 tonnes (ne traînant pas de convoi).	2 25	1 50	3 75
Tender de 7 à 10 tonnes	0 90	0 60	1 50
Tender de plus de 10 tonnes.	1 35	0 90	2 25
Les machines locomotives seront considérées comme ne traînant pas de convoi lorsque le convoi remorqué, soit de voyageurs, soit de marchandises, ne comportera pas un péage au moins égal à celui qui serait perçu sur la locomotive avec son tender marchant sans rien traîner.			
Le prix à payer pour un wagon chargé ne pourra jamais être inférieur à celui qui serait dû pour un wagon marchant à vide.			
Voitures à 2 ou 4 roues, à un fond et à une seule banquette dans l'intérieur.	0 15	0 10	0 25
Voitures à 4 roues, à deux fonds et à deux banquettes dans l'intérieur, omnibus, diligences, etc. . .	0 18	0 14	0 32
Lorsque, sur la demande des expéditeurs, les transports auront lieu à la vitesse des trains de voyageurs, les prix ci-dessus seront doublés.			
Dans ce cas, deux personnes pourront, sans supplément de prix, voyager dans les voitures à une banquette, omnibus, et trois dans les voitures à deux banquettes, omnibus, diligence, etc.; les voyageurs excédant ce nombre payeront le prix des places de deuxième classe.			

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	PRIX		
	de péage	de transport	totaux
Voitures de déménagement à 2 ou à 4 roues, à vide. .	0f12	0 08	0 20
Ces voitures, lorsqu'elles seront chargées, payeront en sus du prix ci-dessus, par tonne de chargement et par kilomètre.	0 08	0 06	0 14
4° SERVICE DES POMPES FUNÈBRES ET TRANSPORT DES CERCUEILS			
Grande vitesse			
Une voiture des pompes funèbres, renfermant un ou plusieurs cercueils, sera transportée aux mêmes prix et conditions qu'une voiture à quatre roues, à deux banquettes.	0 36	0 28	0 64
Chaque cercueil confié à l'administration du chemin de fer sera transporté, pour les trains ordinaires, dans un compartiment isolé, au prix de	0 18	0 12	0 30
Et pour les trains express, dans une voiture spéciale, au prix de	0 60	0 40	1 00

Les prix déterminés ci-dessus ne comprennent pas l'impôt dû à l'État.

Il est expressément entendu que les prix de transport ne seront dus au concessionnaire qu'autant qu'il effectuerait lui-même ces transports à ses frais et par ses propres moyens ; dans le cas contraire, il n'aura droit qu'aux prix fixés pour le péage.

La perception aura lieu d'après le nombre de kilomètres parcourus. Tout kilomètre entamé sera payé comme s'il avait été parcouru en entier.

Si la distance parcourue est inférieure à *six* kilomètres, elle sera comptée pour *six* kilomètres.

Le tableau des distances entre les diverses stations sera arrêté par le préfet d'après le procès-verbal de chaînage dressé contradictoirement par le concessionnaire et les ingénieurs du contrôle. Ce chaînage sera fait suivant la voie la plus courte, d'axe en axe des bâtiments des voyageurs des stations extrêmes. Les tarifs proposés d'après cette base seront soumis à l'homologation du préfet ou du Ministre des travaux publics, suivant les distinctions résultant de l'article 5 de la loi du 11 juin 1880.

Le poids de la tonne est de 1.000 kilogrammes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les fractions de poids ne seront comptées, tant pour la grande que pour la petite vitesse, que par centième de tonne ou par 10 kilogrammes.

Ainsi tout poids compris entre 0 et 10 kilogrammes payera comme 10 kilogrammes, entre 10 et 20 kilogrammes, etc.

Toutefois, pour les excédents de bagages et de marchandises à grande vitesse, les coupures seront établies : 1° de 0 à 5 kilogrammes ; 2° au-dessus de 5 jusqu'à 10 kilogrammes ; 3° au-dessus de 10 kilogrammes, par fraction indivisible de 10 kilogrammes.

Quelle que soit la distance parcourue, le prix d'une expédition quelconque, soit en grande, soit en petite vitesse, ne pourra être inférieur à 40 *centimes*.

Art. 42. — *Composition des trains.*

A moins d'une autorisation spéciale et révocable du préfet, tout train régulier de voyageurs devra contenir des voitures ou compartiments de toutes classes en nombre suffisant pour toutes les personnes qui se présenteraient dans les bureaux du chemin de fer.

Art. 43. — *Bagages.*

Tout voyageur dont le bagage ne pèsera pas plus de 30 kilogrammes n'aura à payer, pour le port de ce bagage, aucun supplément de prix de sa place.

Cette franchise ne s'appliquera pas aux enfants transportés gratuitement, et elle sera réduite à 20 kilogrammes pour les enfants transportés à moitié prix.

Art. 44. — *Assimilation des classes de marchandises.*

Les animaux, denrées, marchandises, effets et autres objets non désignés dans le tarif seront rangés, pour les droits à percevoir, dans les classes avec lesquelles ils auront le plus d'analogie, sans que jamais, sauf les exceptions formulées aux articles 45 et 46 ci-après, aucune marchandise non dénommée puisse être soumise à une taxe supérieure à celle de la première classe du tarif ci-dessus.

Les assimilations de classes pourront être provisoirement réglées par le concessionnaire ; elles seront immédiatement affichées et soumises à l'Administration, qui prononcera définitivement.

Art. 45. — *Transport de masses indivisibles.*

Les droits de péage et les prix de transport déterminés au tarif ne sont point applicables à toute masse indivisible pesant plus de *trois mille kilogrammes* (3,000 kilogr.),

Néanmoins le concessionnaire ne pourra se refuser à transporter les masses indivisibles pesant de *trois mille à cinq mille kilogrammes* ; mais les droits de péage et les prix de transport seront augmentés de moitié.

Le concessionnaire ne pourra être contraint à transporter les masses pesant plus de *cinq mille kilogrammes* (5,000 kilogr.).

Si, nonobstant la disposition qui précède, le concessionnaire transporte des masses indivisibles pesant plus de *cinq mille kilogrammes*, il devra, pendant trois mois au moins, accorder les mêmes facilités à tous ceux qui en feraient la demande.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce cas, les prix de transport seront fixés par l'Administration, sur la proposition du concessionnaire.

Art. 46. — *Exceptions ; envoi par groupe.*

Les prix de transport déterminés au tarif ne sont point applicables :

1° Aux denrées et objets qui ne sont pas nommément énoncés dans le tarif et qui ne pèseraient pas deux cents kilogrammes sous le volume d'un mètre cube ;

2° Aux matières inflammables ou explosibles, aux animaux et objets dangereux pour lesquels les règlements de police prescriraient des précautions spéciales ;

3° Aux animaux dont la valeur déclarée excéderait 5,000 francs ;

5° A l'or et à l'argent, soit en lingots, soit monnayés ou travaillés, au plaqué d'or ou d'argent, au mercure et au platine, ainsi qu'aux bijoux, dentelles, pierres précieuses, objets d'art et autres valeurs ;

5° Et, en général, à tous paquets, colis ou excédents de bagages pesant isolément quarante kilogrammes et au-dessous.

Toutefois les prix de transport déterminés au tarif sont applicables à tous paquets ou colis, quoique emballés à part, s'ils font partie d'envois pesant ensemble plus de quarante kilogrammes d'objets envoyés par une même personne à une même personne. Il en sera même pour les excédents de bagages qui pèseraient ensemble ou isolément plus de quarante kilogrammes.

Le bénéfice de la disposition énoncée dans le paragraphe précédent en ce qui concerne les paquets ou colis, ne peut être invoqué par les entrepreneurs de messageries et de roulage et autres intermédiaires de transport, à moins que les articles par eux envoyés ne soient réunis en un seul colis.

Dans les cinq cas ci-dessus spécifiés, les prix de transport seront arrêtés annuellement par le préfet, tant pour la grande que pour la petite vitesse, sur la proposition du concessionnaire.

En ce qui concerne les paquets ou colis mentionnés au paragraphe 5 ci-dessus, les prix de transport devront être calculés de manière qu'en aucun cas un de ces paquets ou colis ne puisse payer un prix plus élevé qu'un article de même nature pesant plus de 40 kilogrammes.

Art. 47. — *Abaissement des tarifs.*

Dans le cas où le concessionnaire jugerait convenable, soit pour le parcours total, soit pour les parcours partiels de la voie de fer, d'abaisser, avec ou sans conditions, au-dessous des limites déterminées par le tarif, les taxes qu'il est autorisé à percevoir, les taxes abaissées ne pourront être relevées qu'après un délai de trois mois au moins pour les voyageurs et d'un an pour les marchandises.

Toute modification de tarif proposée par le concessionnaire sera annoncée un mois d'avance par des affiches.

La perception des tarifs modifiés ne pourra avoir lieu qu'avec l'homologation du préfet ou du Ministre des travaux publics suivant les distinctions établies par l'article 5 de la loi du 11 juin 1880 et conformément aux dispositions de l'ordonnance du 15 novembre 1846.

La perception des taxes devra se faire indistinctement et sans aucune faveur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tout traité particulier qui aurait pour effet d'accorder à un ou plusieurs expéditeurs une réduction sur les tarifs approuvés demeure formellement interdit.

Toutefois cette disposition n'est pas applicable aux traités qui pourraient intervenir entre le Gouvernement et le concessionnaire dans l'intérêt des services publics, ni aux réductions ou remises qui seraient accordées par le concessionnaire aux indigents.

En cas d'abaissement des tarifs, la réduction portera proportionnellement sur le péage et le transport.

Art. 48. — *Délais d'expédition.*

Le concessionnaire sera tenu d'effectuer constamment avec soin, exactitude et célérité, et sans tour de faveur, le transport des voyageurs, bestiaux, denrées, marchandises et objets quelconques qui lui seront confiés.

Les colis, bestiaux et objets quelconques seront inscrits à la gare d'où ils partent et à la gare où ils arrivent, sur des registres spéciaux, au fur et à mesure de leur réception ; mention sera faite, sur le registre de la gare de départ, du prix total dû pour le transport.

Pour les marchandises ayant une même destination, les expéditions auront lieu suivant l'ordre de leur inscription à la gare de départ.

Toute expédition de marchandises sera constatée, si l'expéditeur le demande, par une lettre de voiture, dont un exemplaire restera aux mains du concessionnaire et l'autre aux mains de l'expéditeur. Dans le cas où l'expéditeur ne demanderait pas de lettre de voiture, le concessionnaire sera tenu de lui délivrer un récépissé qui énoncera la nature et le poids du colis, le prix total du transport et le délai dans lequel ce transport devra être effectué.

Art. 49. — *Délais de livraison.*

Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques sont expédiés et livrés de gare en gare, dans les délais résultant des conditions ci-après exprimées :

1° Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques, à grande vitesse, seront expédiés par le premier train de voyageurs comprenant des voitures de toutes classes et correspondant avec leur destination, pourvu qu'ils aient été présentés à l'enregistrement trois heures avant le départ de ce train.

Ils seront mis à la disposition des destinataires, à la gare, dans le délai de deux heures après l'arrivée du même train.

2° Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques, à petite vitesse, seront expédiés dans le jour qui suivra celui de la remise.

Le maximum de durée du trajet sera fixé par le préfet, sur la proposition du concessionnaire.

Les colis seront mis à la disposition des destinataires dans le jour qui suivra celui de leur arrivée en gare.

Le délai total résultant des trois paragraphes ci-dessus sera seul obligatoire pour la Compagnie.

Il pourra être établi un tarif réduit, approuvé par le *préfet*, pour tout expéditeur qui acceptera des délais plus longs que ceux déterminés ci-dessus pour la petite vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le transport des marchandises, il pourra être établi, sur la proposition du concessionnaire, un délai moyen entre ceux de la grande et de la petite vitesse. Le prix correspondant à ce délai sera un prix intermédiaire entre ceux de la grande et de la petite vitesse.

Le préfet déterminera, par des règlements spéciaux, les heures d'ouverture et de fermeture des gares et stations, tant en hiver qu'en été, ainsi que les dispositions relatives aux denrées apportées par les trains de nuit, et destinées à l'approvisionnement des marchés des villes.

Lorsque la marchandise devra passer d'une ligne sur une autre sans solution de continuité, les délais de livraison et d'expédition au point de jonction seront fixés par le préfet, sur la proposition du concessionnaire.

Art. 50. — *Frais accessoires.*

Les frais accessoires non mentionnés dans les tarifs, tels que ceux d'enregistrement, de chargement, de déchargement et de magasinage dans les gares et magasins du chemin de fer, seront fixés annuellement par le préfet, sur la proposition du concessionnaire. Il en sera de même des frais de transbordement qui seront faits dans les gares de raccordement de la ligne concédée avec une ligne présentant une largeur de voie différente.

Art. 51. — *Camionnage.*

Le concessionnaire sera tenu de faire, soit par lui-même, soit par un intermédiaire dont il répondra, le factage et le camionnage pour la remise au domicile des destinataires de toutes les marchandises qui lui sont confiées.

Le factage et le camionnage ne seront point obligatoires en dehors du rayon de l'octroi, non plus que pour les gares qui desserviraient, soit une population agglomérée de moins de cinq mille habitants, soit un centre de population de cinq mille habitants situé à plus de cinq kilomètres de la gare du chemin de fer.

Les tarifs à percevoir seront fixés par le préfet, sur la proposition du concessionnaire. Ils seront applicables à tout le monde sans distinction.

Toutefois les expéditeurs et destinataires resteront libres de faire eux-mêmes et à leurs frais le factage et le camionnage des marchandises.

Art. 52. — *Traités particuliers.*

A moins d'une autorisation spéciale du préfet, il est interdit au concessionnaire, conformément à l'article 14 de la loi du 15 juillet 1845, de faire directement ou indirectement avec des entreprises de transport de voyageurs ou de marchandises par terre ou par eau, sous quelque dénomination ou forme que ce puisse être, des arrangements qui ne seraient pas consentis en faveur de toutes les entreprises desservant les mêmes voies de communication.

Le préfet, agissant en vertu de l'article 50 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, prescrira les mesures à prendre pour assurer la plus complète égalité entre les diverses entreprises de transport dans leurs rapports avec le chemin de fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TITRE V

STIPULATIONS RELATIVES A DIVERS SERVICES PUBLICS

Art. 53. — *Fonctionnaires ou Agents du contrôle et de la surveillance.*

Les fonctionnaires ou agents chargés de l'inspection, du contrôle et de la surveillance du chemin de fer seront transportés gratuitement dans les voitures de voyageurs.

La même faculté sera accordée aux agents des contributions indirectes et des douanes chargés de la surveillance du chemin de fer dans l'intérêt de la perception de l'impôt.

Art. 54. — *Militaires et marins.*

Dans le cas où le Gouvernement aurait besoin de diriger des troupes et un matériel militaire ou naval sur l'un des points desservis par le chemin de fer, le concessionnaire sera tenu de mettre immédiatement à sa disposition tous ses moyens de transport.

Le prix du transport qui sera opéré dans ces conditions, ainsi que le prix du transport des militaires ou marins voyageant, soit en corps, soit isolément, pour cause de service, envoyés en congé limité ou en permission ou rentrant dans leurs foyers après libération, sera payé conformément aux tarifs homologués.

Dans le cas où l'Etat s'engagerait à fournir une subvention par annuités au concessionnaire, le prix de ces transports sera fixé à la moitié des mêmes tarifs.

Art. 55. — *Transport des prisonniers.*

Le concessionnaire sera tenu, à toute réquisition, de mettre à la disposition de l'Administration un ou plusieurs compartiments de deuxième classe à deux banquettes, ou un espace équivalent, pour le transport des prévenus, accusés ou condamnés, et de leurs gardiens.

Il en sera de même pour le transport des jeunes délinquants recueillis par l'Administration pour être transférés dans des établissements d'éducation.

L'Administration pourra, en outre, requérir l'introduction, dans les convois ordinaires, de voitures cellulaires lui appartenant, à condition que les dimensions et le poids par essieu de ces voitures ne dépassent pas les dimensions et le poids à pleine charge du modèle le plus grand et le plus lourd qui sera affecté au service régulier du chemin de fer.

Le prix de ces transports sera réglé dans les conditions indiquées à l'article précédent.

Art. 56. — *Service des postes et télégraphes*

Le concessionnaire sera tenu de réserver, dans chacun des trains circulant aux heures ordinaires de l'exploitation, un compartiment spécial de deuxième classe, ou un espace équivalent, pour recevoir les lettres, les dépêches, ainsi que les agents du service des postes. L'espace réservé devra être fermé, éclairé et situé à l'étage inférieur des voitures.

L'Administration des postes aura le droit de fixer à une voiture déterminée de chaque convoi une boîte aux lettres dont elle fera opérer la pose et la levée par ses agents.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elle pourra installer à ses frais, risques et périls et sous sa responsabilité, des appareils spéciaux pour l'échange des dépêches, sans arrêt des trains.

L'Administration des postes pourra aussi : 1° acquérir un second compartiment dans les conditions indiquées au paragraphe premier ; 2° requérir l'introduction de voitures spéciales lui appartenant dans les convois ordinaires du chemin de fer, à condition que les dimensions et le poids par essieu de ces voitures ne dépassent pas les dimensions et le poids en pleine charge du modèle le plus grand et le plus lourd qui sera affecté au service régulier du chemin de fer.

Les prix des transports qui pourront être requis dans les conditions ci-dessus seront payés par l'Administration des postes conformément aux tarifs homologués, sauf dans le cas où l'État se serait engagé à fournir au concessionnaire une subvention par annuités. Dans ce cas, la mise à la disposition du service des postes d'un compartiment, en conformité du paragraphe premier du présent article, sera effectuée gratuitement. Le prix de tous autres transports faits par le concessionnaire sur la réquisition de l'Administration des postes est, dès à présent, fixé à la moitié des tarifs homologués.

Les agents des postes et des télégraphes en service ne seront assujettis qu'à la moitié de la taxe dans le cas où la ligne serait subventionnée par le Trésor.

Dans le même cas, les matériaux nécessaires à l'établissement ou à l'entretien des lignes télégraphiques seront transportés à moitié prix des tarifs homologués.

L'Administration des postes pourra enfin exiger, le concessionnaire et le département entendus, et après s'être mis d'accord avec le Ministre des travaux publics, qu'un train spécial dans chaque sens soit ajouté au service ordinaire. Dans ce cas, que le chemin de fer soit subventionné ou non, le montant intégral des dépenses supplémentaires de toute nature que ce service spécial aura imposées au concessionnaire, déduction faite des produits qu'il aura pu en retirer, lui sera payé par l'Administration des postes suivant le règlement qui en sera fait de gré à gré ou par deux arbitres. En cas de désaccord des arbitres, un tiers arbitre sera désigné par le conseil de préfecture.

Les employés chargés de la surveillance du service des postes, les agents préposés à l'échange ou à l'entrepôt des dépêches et la levée des boîtes, auront accès dans les gares ou stations pour l'exécution de leur service, en se conformant aux règlements de police intérieure du chemin de fer.

Si le service des postes exige des bureaux d'entrepôt de dépêches dans les gares et stations, le concessionnaire sera tenu de lui fournir l'emplacement nécessaire ; cet emplacement sera déterminé sous l'approbation du Ministre des travaux publics. L'Administration des postes en payera le loyer dans le cas où le chemin de fer ne serait pas subventionné par l'Etat.

Lorsque le concessionnaire voudra changer les heures de départ des convois ordinaires, il sera tenu, dans tous les cas, d'avertir l'Administration des postes quinze jours à l'avance.

Art. 57. — *Lignes télégraphiques.*

Le concessionnaire sera tenu d'établir à ses frais, s'il en est requis par le Ministre des travaux publics, les lignes et appareils télégraphiques destinés à transmettre les signaux nécessaires pour la sûreté et la régularité de son ex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ploitation. Il devra toutefois, avant l'établissement des lignes, se pourvoir de l'autorisation du Ministre des postes et télégraphes.

Il pourra, avec l'autorisation du Ministre des postes et des télégraphes, se servir des poteaux de la ligne télégraphique de l'État sur les points où une ligne semblable existe le long de la voie : il ne pourra s'opposer à ce que l'Etat se serve des poteaux qu'il aura établis, afin d'y accrocher ses propres fils.

Le concessionnaire est tenu de se soumettre à tous les règlements d'administration publique concernant l'établissement et l'emploi des appareils télégraphiques, ainsi que l'organisation à ses frais du contrôle de ce service par les agents de l'État.

Les agents des postes et des télégraphes voyageant pour le contrôle du service de la ligne électrique du chemin de fer ou du service postal exécuté sur cette ligne auront le droit de circuler gratuitement dans les voitures du concessionnaire sur le vu de cartes personnelles qui leur seront délivrées.

Dans le cas où l'Etat s'engagerait à fournir au concessionnaire une subvention par annuités, la même gratuité s'appliquerait aux agents voyageant pour la construction ou l'entretien des lignes télégraphiques établies sur la voie ferrée.

Le Gouvernement aura la faculté de faire, le long des voies, toutes les constructions, de poser tous les appareils nécessaires à l'établissement d'une ou de plusieurs lignes télégraphiques, sans nuire au service du chemin de fer. Il pourra aussi déposer sur les terrains dépendant du chemin de fer le matériel nécessaire à ces lignes ; mais il devra le retirer dans le cas où il serait reconnu par le préfet que le concessionnaire a besoin de ces terrains pour le service du chemin de fer.

Sur la demande du Ministre des postes et télégraphes, il sera réservé, dans les gares des villes et localités qui seront désignées ultérieurement, le terrain nécessaire à l'établissement des maisonnettes destinées à recevoir le bureau télégraphique et son matériel.

Le concessionnaire sera tenu de faire garder par ses agents ordinaires les fils des lignes télégraphiques, de donner aux employés du télégraphe connaissance de tous les accidents qui pourraient survenir et de leur en faire connaître les causes.

En cas de rupture des fils télégraphiques, les employés du concessionnaire auront à raccrocher provisoirement les bouts séparés, d'après les instructions qui leur seront données à cet effet.

En cas de rupture des fils télégraphiques ou d'accidents graves, une locomotive sera mise immédiatement à la disposition de l'inspecteur-ingénieur de la ligne télégraphique, pour le transporter sur le lieu de l'accident avec les hommes et les matériaux nécessaires à la réparation. Ce transport devra être effectué dans des conditions telles qu'il ne puisse entraver en rien la circulation publique.

Il sera alloué au concessionnaire une indemnité de cinquante centimes par kilomètre parcouru par la machine, quand le dommage ne proviendra pas du fait du concessionnaire ou de ses agents.

Dans le cas où des déplacements de fils, appareils ou poteaux deviendraient nécessaires par suite de travaux exécutés sur le chemin, ces déplacements auraient lieu, aux frais du concessionnaire, par les soins de l'Administration des lignes télégraphiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le concessionnaire ne pourra se refuser à recevoir et à transmettre les télégrammes officiels par ses fils et appareils, et dans des conditions qui seront déterminées par le Ministre des postes et télégraphes.

Dans le cas où le Ministre des postes et télégraphes jugera utile d'ouvrir au service privé certaines gares de la ligne, il devra s'entendre avec le concessionnaire pour régler les conditions et le prix de ce service.

Les fonctionnaires, agents et ouvriers commissionnés, chargés de la construction, de la surveillance et de l'entretien des lignes télégraphiques, ont accès dans les gares et stations et sur la voie ferrée et ses dépendances, pour l'exécution de leur service, en se conformant aux règlements de police intérieure.

TITRE VI

CLAUSES DIVERSES

Art. 58. — *Construction de nouvelles voies de communication.*

Dans le cas où le Gouvernement, le département ou les communes ordonneraient ou autoriseraient la construction de routes nationales, départementales ou vicinales, de chemins de fer ou de canaux qui traverseraient la ligne objet de la présente concession, le concessionnaire ne pourra s'opposer à ces travaux, mais toutes les dispositions nécessaires seront prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service du chemin de fer, ni aucuns frais pour le concessionnaire.

Art. 59. — *Concessions ultérieures de nouvelles lignes.*

Toute exécution ou autorisation ultérieure de route, de canal, de chemin de fer, de travaux de navigation dans la contrée où est situé le chemin de fer objet de la présente concession, ou dans toute autre contrée voisine ou éloignée, ne pourra donner ouverture à aucune demande d'indemnité de la part du concessionnaire.

Art. 60. — *Concessions de chemins de fer d'embranchement et de prolongement.*

Le Gouvernement, le département et les communes auront le droit de concéder de nouveaux chemins de fer s'embranchant sur le chemin de fer qui fait l'objet du présent cahier des charges, ou qui seraient établis en prolongement du même chemin.

Le concessionnaire ne pourra mettre aucun obstacle à ces embranchements, ni réclamer, à l'occasion de leur établissement, une indemnité quelconque, pourvu qu'il n'en résulte aucun obstacle à la circulation ni aucuns frais particuliers pour le concessionnaire.

Les concessionnaires de chemins de fer d'embranchement ou de prolongement auront la faculté, moyennant les tarifs ci-dessus déterminés et l'observation du paragraphe 1er de l'article 31, ainsi que des règlements de police et de service établis ou à établir, de faire circuler leurs voitures, wagons et machines sur le chemin de fer de la présente concession, pour lequel cette faculté sera réciproque à l'égard desdits embranchements et prolongements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce cas, lesdits concessionnaires ne payeront les prix du péage que pour le nombre de kilomètres réellement parcourus, un kilomètre entamé étant d'ailleurs considéré comme parcouru.

Dans le cas où les divers concessionnaires ne pourraient s'entendre sur l'exercice de cette faculté, le Ministre des travaux publics statuerait sur les difficultés qui s'élèveraient entre eux à cet égard.

Le concessionnaire ne pourra toutefois être tenu à admettre sur ses rails un matériel dont le poids sera hors de proportion avec les éléments constitutifs de ses voies.

Dans le cas où un concessionnaire d'embranchement ou de prolongement joignant la ligne qui fait l'objet de la présente concession n'userait pas de la faculté de circuler sur cette ligne, comme aussi dans le cas où le concessionnaire de cette dernière ligne ne voudrait pas circuler sur les prolongements et embranchements, les concessionnaires seraient tenus de s'arranger entre eux de manière que le service de transport ne soit jamais interrompu aux points de jonction des diverses lignes.

Celui des concessionnaires qui se servira d'un matériel qui ne serait pas sa propriété payera une indemnité en rapport avec l'usage et la détérioration de ce matériel. Dans le cas où les concessionnaires ne se mettraient pas d'accord sur la quotité ou sur les moyens d'assurer la continuation du service sur toutes les lignes, l'Administration y pourvoirait d'office et prescrirait toutes les mesures nécessaires.

Gares communes.

Le concessionnaire sera tenu, si l'autorité compétente le juge convenable, de partager l'usage des stations établies à l'origine des chemins de fer d'embranchement avec les Compagnies qui deviendraient ultérieurement concessionnaires desdits chemins.

Il sera fait un partage équitable des frais communs résultant de l'usage desdites gares, et les redevances à payer par les Compagnies nouvelles seront, en cas de dissentiment, réglées par voie d'arbitrage.

En cas de désaccord sur le principe ou l'exercice de l'usage commun des gares, il sera statué, le concessionnaire entendu, savoir :

Par le préfet, si les deux chemins sont d'intérêt local et situés dans le même département ;

Par le Ministre, si les deux lignes ne sont pas situées dans le même département, ou si l'un des deux chemins est d'intérêt général.

Art. 61. — *Embranchements industriels.*

Le concessionnaire sera tenu de s'entendre avec tout propriétaire de mines ou d'usines qui, offrant de se soumettre aux conditions prescrites ci-après, demanderait un embranchement ; à défaut d'accord, le préfet statuera sur la demande, le concessionnaire entendu.

Les embranchements seront construits aux frais des propriétaires de mines ou d'usines, et de manière qu'il ne résulte de leur établissement aucune entrave à la circulation générale, aucune cause d'avarie pour le matériel, ni aucuns frais particuliers pour la Compagnie.

Leur entretien devra être fait avec soin et aux frais de leurs propriétaires,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et sous le contrôle du préfet. Le concessionnaire aura le droit de faire surveiller par ses agents cet entretien, ainsi que l'emploi de son matériel sur les embranchements.

Le préfet pourra, à toutes époques, prescrire les modifications qui seraient jugées utiles dans la soudure, le tracé ou l'établissement de la voie desdits embranchements, et les changements seront opérés aux frais des propriétaires.

Le préfet pourra même, après avoir entendu les propriétaires, ordonner l'enlèvement temporaire des aiguilles de soudure, dans le cas où les établissements embranchés viendraient à suspendre en tout ou en partie leurs transports.

Le concessionnaire sera tenu d'envoyer ses wagons sur tous les embranchements autorisés, destinés à faire communiquer des établissements de mines ou d'usines avec la ligne principale du chemin de fer.

Le concessionnaire amènera ses wagons à l'entrée des embranchements.

Les expéditeurs ou destinataires feront conduire les wagons dans leurs établissements pour les charger ou décharger, et les ramèneront au point de jonction avec la ligne principale, le tout à leurs frais.

Les wagons ne pourront d'ailleurs être employés qu'au transport d'objets et marchandises destinés à la ligne principale du chemin de fer.

Le temps pendant lequel les wagons séjourneront sur les embranchements particuliers ne pourra excéder six heures, lorsque l'embranchement n'aura pas plus d'un kilomètre. Ce temps sera augmenté d'une demi-heure par kilomètre en sus du premier, non compris les heures de la nuit, depuis le coucher jusqu'au lever du soleil.

Dans le cas où les limites du temps seraient dépassées, nonobstant l'avertissement spécial donné par le concessionnaire, il pourra exiger une indemnité égale à la valeur du droit de loyer des wagons, pour chaque période de retard après l'avertissement.

Les traitements des gardiens d'aiguilles et des barrières des embranchements autorisés par le préfet seront à la charge des propriétaires des embranchements. Ces gardiens seront nommés et payés par le concessionnaire, et les frais qui en résulteront lui seront remboursés par lesdits propriétaires.

En cas de difficulté, il sera statué par l'Administration, le concessionnaire entendu.

Les propriétaires d'embranchements seront responsables des avaries que le matériel pourrait éprouver pendant son parcours ou son séjour sur ces lignes.

Dans le cas d'inexécution d'une ou de plusieurs des conditions énoncées ci-dessus, le préfet pourra, sur la plainte du concessionnaire et après avoir entendu le propriétaire de l'embranchement, ordonner par un arrêté la suspension du service et faire supprimer la soudure, sauf recours à l'Administration supérieure et sans préjudice de tous dommages-intérêts que le concessionnaire serait en droit de répéter pour le non-exécution de ces conditions.

Tarifs à percevoir pour le matériel prêté.

Pour indemniser le concessionnaire de la fourniture et de l'envoi de son matériel sur les embranchements, il est autorisé à percevoir un prix fixe de *douze centimes* (0 fr. 12) par tonne pour le premier kilomètre et, en outre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quatre centimes (0 fr. 04) par tonne et par kilomètre en sus du premier lorsque la longueur de l'embranchement excèdera 1 kilomètre.

Tout kilomètre entamé sera payé comme s'il avait été parcouru en entier.

Le chargement et le déchargement sur les embranchements s'opéreront aux frais des expéditeurs ou destinataires, soit qu'ils les fassent eux-mêmes, soit que la Compagnie du chemin de fer consente à les opérer.

Dans ce dernier cas, ces frais seront l'objet d'un règlement arrêté par le préfet, sur la proposition du concessionnaire.

Tout wagon envoyé par le concessionnaire sur un embranchement devra être payé comme wagon complet, lors même qu'il ne serait pas complètement chargé.

La surchage s'il y en a, sera payée au prix du tarif légal et au prorata du poids réel. Le concessionnaire sera en droit de refuser les chargements qui dépasseraient le maximum de *trois mille cinq cents kilogrammes* déterminé en raison des dimensions actuelles des wagons.

Le maximum sera révisé par le préfet, de manière à être toujours en rapport avec la capacité des wagons.

Les wagons seront pesés à la station d'arrivée par les soins et aux frais du concessionnaire.

Art. 62. — *Contribution foncière.*

La contribution foncière sera établie en raison de la surface des terrains occupés par le chemin de fer et ses dépendances; la cote en sera calculée, comme pour les canaux, conformément à la loi du 25 avril 1803.

Les bâtiments et magasins dépendant de l'exploitation du chemin de fer seront assimilés aux propriétés bâties de la localité. Toutes les contributions auxquelles ces édifices pourront être soumis seront, aussi bien que la contribution foncière, à la charge du concessionnaire.

Art. 63. — *Agents du concessionnaire.*

Les agents et gardes que le concessionnaire établira, soit pour la réception des droits, soit pour la surveillance et la police des chemins de fer et de ses dépendances, pourront être assermentés et seront, dans ce cas, assimilés aux gardes champêtres.

Art. 64. — *Inspecteurs spéciaux.*

Il pourra être institué près du concessionnaire un ou plusieurs commissaires chargés d'exercer une surveillance spéciale sur tout ce qui ne rentre pas dans les attributions des agents du contrôle.

Art. 65. — *Frais de contrôle.*

Les frais de visite, de surveillance et de réception des travaux et les frais de l'exploitation seront supportés par le concessionnaire.

Afin de pourvoir à ces frais, le concessionnaire sera tenu de verser chaque année, à la caisse centrale du trésorier-payeur général du département, une somme de francs par chaque kilomètre de chemin de fer concédé (1).

Si le concessionnaire ne verse pas la somme ci-dessus réglée aux époques

1. Les frais de contrôle ont été fixés, dans plusieurs concessions déjà données, à la somme annuelle de cinquante francs (50 fr.) par kilomètre, payables à compter de la date du décret de concession, tant pour la période de construction que pour la période d'exploitation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui auront été fixées, le préfet rendra un rôle exécutoire, et le montant en sera recouvré comme en matière de contributions directes, au profit du *département*.

Art. 66. — *Cautionnement.*

Avant la signature de l'acte de concession, le concessionnaire déposera à la Caisse des dépôts et consignations une somme de
en numéraire ou en rentes sur l'Etat calculées conformément au décret du 31 janvier 1872, ou en bons du Trésor, avec transfert, au profit de ladite caisse, de celles de ces valeurs qui seraient nominatives ou à ordre.

Cette somme formera le cautionnement de l'entreprise.

Les *quatre cinquièmes* en seront rendus au concessionnaire par *cinquième* et proportionnellement à l'avancement des travaux. Le dernier *cinquième* ne sera remboursé qu'après l'expiration de la concession.

Art. 67. — *Election de domicile.*

Le concessionnaire devra faire élection de domicile à

Dans le cas où il ne l'aurait pas fait, toute notification ou signification à lui adressée sera valable lorsqu'elle sera faite au secrétariat général de la préfecture de

Art. 68. — *Jugement des contestations.*

Les contestations qui s'élèveraient entre le concessionnaire et l'Administration au sujet de l'exécution et de l'interprétation du présent cahier des charges seront jugées administrativement par le conseil de préfecture du département d , sauf recours au Conseil d'Etat.

Art. 69. — *Frais d'enregistrement.*

Les frais d'enregistrement du présent cahier des charges et de la convention ci-annexée seront supportés par le concessionnaire.

Cahier des charges type pour la concession des tramways

DÉCRET

Le Président de la République française,

Sur le rapport du Ministre des travaux publics ;

Vu l'article 30 de la loi du 11 juin 1880, aux termes duquel un cahier des charges-type pour la concession des tramways doit être approuvé par le Conseil d'Etat ;

Vu l'instruction à laquelle a donné lieu la préparation de ce cahier des charges-type, notamment les avis du Conseil général des ponts et chaussées, en date des 20 janvier et 7 juillet 1881 ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décrète :

Article Premier. — Est approuvé le cahier des charges type ci-annexé, dressé en exécution de l'article 30 de la loi du 11 juin 1880 pour la concession des tramways.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 2. — Le Ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 6 août 1881.

JULES GRÉVY

Par le Président de la République :
Le Ministre des travaux publics,
SADI CARNOT

Cahier des charges type (1)

TITRE PREMIER

TRACÉ ET CONSTRUCTION

Article Premier. — *Objet de la concession.*

Le réseau (2) de tramways qui fait l'objet du présent cahier des charges est destiné au transport des *voyageurs et des marchandises* (3).

La traction aura lieu par *chevaux* (4).

Art. 2. — *Tracé.*

Ce réseau comprendra les lignes suivantes (5) et empruntera les voies publiques ci-après désignées (6) :

Art. 3. — *Délais d'exécution.*

Les projets d'exécution seront présentés dans un délai de à partir de la date du décret déclaratif d'utilité publique.

Les travaux devront être commencés dans un délai de à partir de la même date. Ils seront poursuivis et terminés de telle façon *que la section de à* soit livrée à l'exploitation le *la section de à le* et le *réseau* entier le

Art. 4. — *Largeur de la voie. Gabarit du matériel roulant.*

La largeur de la voie entre les bords intérieurs des rails devra être de (7).....

La largeur des locomotives et des caisses des véhicules ainsi que de leur chargement ne dépassera pas (8) et la largeur du matériel roulant, y

1. La présente formule type de cahier des charges est rédigée dans l'hypothèse d'une concession conférée par l'*Etat* à un *département*. Ces mots seront modifiés partout où ils sont imprimés *en lettres italiques*, suivant que l'on se trouvera dans l'un ou l'autre des cas prévus par les articles 27 et 28 de la loi du 11 juin 1880.

On a aussi imprimé en *italiques* les autres mots et chiffres qui peuvent être modifiés suivant les circonstances.

2. Ou la ligne.

3. Ou au service exclusif des voyageurs.

4. Ou par locomotives à vapeur ou par moteur mécanique de tout autre système.

5. Ou la ligne partira de .....

6. Indiquer les déviations, s'il y a lieu.

7. De $1^m,44$ pour les tramways à voie large, de 1 mètre ou de $0^m,75$ pour les tramways à voie étroite.

8. Largeur à déterminer dans chaque cas particulier :

	VOIE		
	de $1^m,44$	de 1 m.	de $0^m,75$
Maximum admissible. . .	$2^m,80$	$2^m,50$	$1^m,875$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compris toutes saillies, notamment celle des marchepieds latéraux restera inférieure à (1) ; la hauteur du matériel roulant au-dessus des rails sera au plus de (2)

Dans les parties à deux voies, la largeur de l'entre-voie, mesurée entre les bords extérieurs des rails, sera de (3)

Art. 5. — *Alignements et courbes. Pentes et rampes.*

Les alignements seront raccordés entre eux par des courbes dont le rayon ne pourra être inférieur à (4) Le maximum des déclivités est fixé à (5).

Les déclivités correspondant aux courbes de faible rayon devront être réduites autant que faire se pourra.

Le concessionnaire aura la faculté, dans des cas exceptionnels, de proposer aux dispositions du présent article les modifications qui lui paraîtraient utiles, mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation préalable du préfet.

Art. 6. — *Établissement de la voie ferrée. Parties non accessibles aux voitures ordinaires*

Dans les sections où le tramway sera établi dans la chaussée, avec rails noyés, les voies de fer seront posées au niveau du sol, sans saillie ni depression, suivant le profil normal de la voie publique, et sans aucune altération de ce profil, soit dans le sens transversal, soit dans le sens longitudinal, à moins d'une autorisation spéciale du préfet. Les rails seront compris dans un *pavage* (6) de vingt centimètres (0m,20) d'épaisseur, qui règnera dans l'entre-rails, et à cinquante centimètres (0m,50) au moins de chaque côté, conformément aux dispositions prescrites par le préfet, sur la proposition du concessionnaire, qui restera chargé d'établir à ses frais ce *pavage.*

La chaussée *pavée* (7) de la voie publique sera d'ailleurs conservée ou établie avec des dimensions telles qu'en dehors de l'espace occupé par le matériel du tramway (toutes saillies comprises), il reste une largeur libre de chaussée d'au moins deux mètres soixante centimètres (2m,60), permettant à une voiture ordinaire de se ranger pour laisser passer le matériel du tramway avec le jeu nécessaire.

Un intervalle libre d'au moins un mètre dix centimètres (1m,10) de largeur sera réservé, d'autre part, entre le matériel de la voie ferrée (toutes saillies comprises) et la verticale de l'arête extérieure de la voie publique.

1. Maximum admissible. . . 3m,10 2m,80 2m,175
2. 4m,20 au plus pour la voie de 1m,44. Hauteur à déterminer dans chaque cas particulier pour les autres voies.
3. La largeur de l'entrevoie sera réglée de telle façon qu'entre les parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent il y ait un intervalle libre d'au moins cinquante centimètres (0m,50).
4. En général, 40 mètres pour le cas de voies ferrées exploitées au moyen de locomotives; et 20 mètres pour les lignes à traction de chevaux.
5. En général, 40 millièmes.
6. Ou dans *un empierrement*, suivant la nature, la fréquentation de la chaussée dont il s'agit, sa situation en rase campagne ou en traverse, etc.
7. *Ou empierrée.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 7. — *Parties accessibles aux voitures ordinaires.*

Si la voie ferrée est établie sur un accotement qui, tout en restant accessible aux piétons, sera interdit aux voitures ordinaires, elle reposera sur une couche de ballast exclusivement composée de *pierre cassée* (1) de de largeur (2) et d'au moins trente-cinq centimètres (0^m,35) d'épaisseur totale, qui sera arasée de niveau avec la surface de l'accotement relevé en forme de trottoir.

La partie de la voie publique qui restera réservée à la circulation des voitures ordinaires présentera une largeur d'au moins *six mètres* (3), mesurée en dehors de l'accotement occupé par la voie ferrée et en dehors des emplacements qui seront affectés au dépôt des matériaux d'entretien de la route.

L'accotement occupé par la voie ferrée sera limité, du côté de la route, au moyen d'une bordure d'au moins douze centimètres (0^m,12) de saillie, d'une solidité suffisante ; dans les parties de routes et de chemins dont la déclivité dépassera trois centimètres par mètre (0^m,03), cette bordure sera accompagnée et soutenue par un demi-caniveau pavé qui n'aura pas moins de trente centimètres (0^m,30) de largeur. Un intervalle libre de trente centimètres (0^m,30) au moins sera réservé entre la verticale de l'arête de cette bordure et la partie la plus saillante du matériel de la voie ferrée ; un autre intervalle libre d'un mètre dix centimètres (1^m,10) subsistera entre ce matériel et la verticale de l'arête extérieure de l'accotement de la route.

Les rails, qui à l'extérieur seront au niveau de l'accotement régularisé, ne formeront sur l'entre-rails que la saillie nécessaire pour le passage des boudins des roues du matériel de la voie ferrée.

Art. 8. — *Traversées des villes et villages.*

Dans les traversées des villes et des villages, les voies ferrées devront, à moins d'une autorisation spéciale du préfet, être établies avec rails noyés dans la chaussée entre les deux zones à réserver pour l'établissement des trottoirs, et suivant le type décrit à l'article 6.

Le maximum des largeurs à réserver est fixé d'après les cotes suivantes :

(A) Pour un trottoir, un mètre dix centimètres (1^m,10).

(B) Entre le matériel de la voie ferrée (partie la plus saillante) et le bord d'un trottoir :

1° Quand on réserve le stationnement des voitures ordinaires, deux mètres soixante centimètres (2^m,60) ;

2° Quand on supprime ce stationnement, trente centimètres (0^m,30).

Art. 9. — *Exécution des travaux.*

Le déchet résultant de la démolition et rétablissement des chaussées sera couvert par les fournitures de matériaux neufs de la nature et de la qualité de ceux qui sont employés dans lesdites chaussées.

1. Ou de *gravier*, suivant la nature, la fréquentation de la chaussée dont il s'agit, sa situation en rase campagne ou en traverse, etc.
2. Largeur égale à la largeur de la voie augmentée d'au moins 0^m,80.
3. Six mètres sont le minimum admissible pour une route nationale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le rétablissement des chaussées pavées au moment de la pose de la voie ferrée, il sera fourni, en outre, la quantité de boutisses nécessaire afin d'opérer ce rétablissement suivant les règles de l'art, en évitant l'emploi des demi-pavés.

Les vieux matériaux provenant des anciennes chaussées remaniées ou refaites à neuf qui n'auront pas trouvé leur emploi dans la réfection seront laissés à la libre disposition du concessionnaire.

Les fers, bois et autres éléments constitutifs des voies ferrées devront être de bonne qualité et propres à remplir leur destination.

Art. 10. — *Voies.*

Les voies devront être établies d'une manière solide et avec des matériaux de bonne qualité.

Les rails seront en et du poids de kilogrammes au moins par mètre courant ; ils seront posés sur (1).

Art. 11 (2). — *Gares et stations.*

Les voitures devront s'arrêter en pleine voie pour prendre ou laisser des voyageurs *et des marchandises* sur tous les points du parcours, sauf sur les sections ci-dessous indiquées :

Le nombre et l'emplacement des gares, stations et haltes seront arrêtés lors de l'approbation des projets définitifs. Il est toutefois entendu dès à présent qu'il sera établi des stations ou des haltes pour le service des voyageurs, *et des gares pour la réception et la livraison des marchandises*, suivant les indications ci-après :

TITRE II

ENTRETIEN ET EXPLOITATION

Art. 12. — *Entretien.*

Sur les sections où la voie ferrée est accessible aux voitures ordinaires, (sections à rails noyés dans la chaussée), l'entretien qui est à la charge du concessionnaire comprend le *pavage* (3) des entre-rails et de l'entre-voie, ainsi que les zones de cinquante centimètres, (0^m,50) qui servent d'accotements extérieurs aux rails.

Une subvention de (4) *est allouée au concessionnaire sur les fonds d'entretien de la route* (5) *en raison de l'usure qui résultera de la circulation des voies ordinaires sur la largeur de chaussée qui est affectée au service de la voie ferrée. Ce chiffre pourra être revisé tous les cinq ans.*

1. Les blancs laissés dans l'article 10 seront remplis suivant le type de voie, de supports d'éclissage, d'entretoisement, etc.
2. Cet article sera modifié dans le cas où l'on adoptera l'un des deux autres modes d'exploitation prévus par le règlement d'administration publique : arrêts en pleine voie sur tout le parcours, ou arrêts seulement à des gares, stations ou haltes déterminées.
3. Ou l'*empierrement*.
4. Subvention à fixer dans chaque cas particulier.
5. Ou *du chemin*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 13. — *Réfection des parties de route ou de chemin atteintes par les travaux de la voie ferrée.*

Lorsque, pour la construction ou la réparation de la voie ferrée, il sera nécessaire de démolir des parties pavées ou empierrées de la voie publique situées en dehors des zones ou de l'accotement indiqués ci-dessus, il devra être pourvu par le concessionnaire à l'entretien de ces parties pendant une année à dater de la réception provisoire des travaux de réfection ; il en sera de même pour tous les ouvrages souterrains.

Art. 14. — *Nombre minimum des voyages.*

Le nombre minimum des voyages qui devront être faits tous les jours, dans chaque sens, *sur la ligne entière*, est fixé à

Art. 15. — *Limitation de la vitesse et de la longueur des trains.*

Les trains se composeront de voitures au plus et leur longueur totale ne dépassera pas

La vitesse des trains en marche sera au plus de kilomètres à l'heure (1).

TITRE III

DURÉE ET DÉCHÉANCE DE LA CONCESSION

Art. 16. — *Durée de la concession.*

La durée de la concession du *réseau* (2) mentionné à l'article 2 du présent cahier des charges commencera à courir de la date du décret d'autorisation et elle prendra fin le

Art. 17. — *Expiration de la concession.*

A l'époque fixée pour l'expiration de la concession, et par le seul fait de cette expiration, l'*Etat* sera subrogé à tous les droits du concessionnaire sur la voie ferrée et ses dépendances, et il entrera immédiatement en jouissance de tous ses produits.

Le concessionnaire sera tenu de lui remettre en bon état d'entretien la voie ferrée et tous les immeubles faisant partie du domaine public qui en dépendent. Il en sera de même de tous les objets immobiliers dépendant de ladite voie tels que les barrières et clôtures, les changements de voies, plaques tournantes, réservoirs d'eau, grues hydrauliques, machines fixes, bureaux d'attente et de contrôle, etc.

Dans les cinq dernières années qui précèderont le terme de la concession, l'*Etat* aura le droit de saisir les revenus du tramway et de les employer à rétablir en bon état la voie ferrée et ses dépendances, si le concessionnaire ne se mettait pas en mesure de satisfaire pleinement et entièrement à cette obligation.

En ce qui concerne les objets mobiliers tels que le matériel roulant, le mobilier des stations, l'outillage des ateliers et des gares, l'*Etat* se réserve le

1. Aux termes des articles 30 et 33 du règlement d'administration publique sur les lignes de tramways à traction mécanique, la longueur des trains ne peut, en aucun cas, dépasser soixante mètres et la vitesse ne peut excéder vingt kilomètres à l'heure. L'article 15 a pour but de permettre à l'autorité concédante de réduire les maxima lorsqu'elle le croira nécessaire.

2. Ou de la ligne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

droit de les reprendre en totalité ou pour telle partie qu'il jugera convenable, à dire d'experts, mais sans pouvoir y être contraint. La valeur des objets repris sera payée au concessionnaire dans les six mois qui suivront l'expiration de la concession et la remise du matériel à l'*Etat*.

L'*Etat* sera tenu, si le concessionnaire le requiert, de reprendre en outre les matériaux, combustibles et approvisionnements de tout genre sur l'estimation qui en sera faite à dire d'experts; et, réciproquement, si l'*Etat* le requiert, le concessionnaire sera tenu de céder ces approvisionnements de la même manière. Toutefois l'*Etat* ne pourra être obligé de reprendre que les approvisionnements nécessaires à l'exploitation du tramway pendant six mois.

Les dispositions qui précèdent ne sont applicables qu'au cas où le *Gouvernement* déciderait que les voies ferrées doivent être maintenues en tout ou en partie.

Art. 18. — *Remise des lieux dans l'état primitif.*

Dans le cas où le *Gouvernement* déciderait, au contraire, que les voies ferrées doivent être supprimées en tout ou en partie, ces voies seront enlevées et les lieux seront remis dans l'état primitif par les soins et aux frais du concessionnaire, sans qu'il puisse prétendre à aucune indemnité.

Art. 19. — *Rachat de la concession.*

L'*État* aura toujours le droit de racheter la concession.

Si le rachat a lieu avant l'expiration des *quinze* premières années de l'exploitation, il se fera conformément au paragraphe 3 de l'article 11 de la loi du 11 juin 1880. Ce terme de *quinze* ans sera compté à partir de la mise en exploitation effective du *réseau entier*, ou au plus tard à partir de la fin du délai qui est fixé dans l'article 3 du présent cahier des charges, sans tenir compte des retards qui auraient eu lieu dans l'achèvement des travaux.

Si le rachat de la concession entière est réclamé par l'*Etat* après l'expiration des *quinze* premières années de l'exploitation, on règlera le prix de rachat, en relevant les produits nets annuels obtenus par le concessionnaire pendant les *sept* années qui auront précédé celle où le rachat sera effectué, et en y comprenant les annuités qui auront été payées à titre de subvention; on en déduira les produits nets des *deux* plus faibles années, et l'on établira le produit net moyen des *cinq* autres années.

Ce produit net moyen formera le montant d'une annuité, qui sera due et payée au concessionnaire pendant chacune des années restant à courir sur la durée de la concession.

Dans aucun cas, le montant de l'annuité ne sera inférieur au produit net de la dernière des *sept* années prises pour terme de comparaison.

Le concessionnaire recevra en outre, dans les six mois qui suivront le rachat, les remboursements auxquels il aura droit à l'expiration de la concession, suivant le quatrième et le cinquième paragraphe de l'article 17, la reprise de la totalité des objets mobiliers étant ici obligatoire dans tous les cas pour l'*Etat*.

Le concessionnaire ne pourra élever aucune réclamation dans le cas où, par suite d'un changement dans le classement des routes et chemins empruntés par la voie ferrée, une nouvelle autorité serait substituée à celle de qui émane la concession.

La nouvelle autorité aura les mêmes droits que celle qui a fait la concession.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 20. — *Déchéance.*

Si le concessionnaire n'a pas remis au préfet tous les projets définitifs, ou s'il n'a pas commencé les travaux dans les délais fixés par l'article 3, il encourra la déchéance qui, après mise en demeure, sera prononcée par le Ministre des travaux publics, sauf recours au Conseil d'État par la voie contentieuse.

Dans ces deux cas, la somme qui aura été déposée, ainsi qu'il sera dit à l'article 38, à titre de cautionnement, deviendra la propriété de l'*Etat* et lui restera acquise.

Art. 21. — *Achèvement des travaux en cas de déchéance.*

Faute par le concessionnaire d'avoir poursuivi et terminé les travaux dans les délais et conditions fixés par l'article 3, faute aussi par lui d'avoir rempli les diverses obligations qui lui sont imposées par le règlement d'administration publique du 6 août 1881, ainsi que par le présent cahier des charges, et dans le cas prévu par l'article 10 de la loi du 11 juin 1880, il encourra, soit la perte partielle de son cautionnement dans les conditions qui seraient prévues par l'acte de concession, soit la perte totale de ce cautionnement, soit la déchéance. Dans tous les cas, il sera statué par le Ministre des travaux publics, après mise en demeure, sauf recours au Conseil d'Etat par la voie contentieuse. Dans les deux premiers cas, le cautionnement devra être reconstitué dans le mois de la décision ministérielle.

En cas de déchéance, il sera pourvu tant à la continuation et à l'achèvement des travaux qu'à l'exécution des autres engagements contractés par le concessionnaire, conformément à l'article 41 du règlement d'administration publique du 6 août 1881.

Art. 22. — *Cas de force majeure.*

Les dispositions des deux articles qui précèdent ne seraient pas applicables, et la déchéance ne serait pas encourue, dans le cas où le concessionnaire n'aurait pu remplir ses obligations par suite de circonstances de force majeure dûment constatées.

TITRE IV (1)

TAXES ET CONDITIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES VOYAGEURS ET DES MARCHANDISES

Art. 23. — *Tarif des droits à percevoir.*

Pour indemniser le concessionnaire des travaux et dépenses qu'il s'engage à faire par le présent cahier des charges, et sous la condition expresse qu'il en remplira exactement toutes les obligations, il est autorisé à percevoir, pendant toute la durée de la concession, les droits de péage et les prix de transport ci-après déterminés :

1. Les articles du titre IV sont susceptibles les uns d'être réduits à un petit nombre de dispositions, les autres laissés en blanc lorsque le tramway ne sera affecté qu'à un service de voyageurs seulement ou de voyageurs et de messageries, mais il conviendra de ne pas modifier le numérotage des articles suivants.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TARIF

1° PAR TÊTE ET PAR KILOMÈTRE

	PRIX de péage (1)	PRIX de transport (1)	PRIX totaux (1)
Grande vitesse			
Voyageurs. — Voitures couvertes, garnies et fermées à glaces (1re *classe*)	0f067	0f033	0f10
Voyageurs. — Voitures couvertes, fermées à glaces, et banquettes rembourrées (2e *classe*)	0 050	0 025	0 075
Voyageurs. — Voitures couvertes et fermées à vitres (3e *classe*)	0 037	0 018	0 055
Enfants — Au-dessous de 3 ans, les enfants ne payent rien, à la condition d'être portés sur les genoux des personnes qui les accompagnent. De 3 à 7 ans, ils payent demi-place et ont droit à une place distincte ; toutefois, dans un même compartiment, deux enfants ne pourront occuper que la place d'un voyageur. Au-dessus de 7 ans, ils payent place entière.			
Chiens transportés dans les trains de voyageurs. Sans que la perception puisse être inférieure à 0 fr. 30.	0 01	0 005	0 015
Petite vitesse			
Bœufs, vaches, taureaux, chevaux, mulets, bêtes de trait	0 07	0 03	0 10
Veaux et porcs.	0 025	0 015	0 04
Moutons, brebis, agneaux, chèvres.	0 01	0 01	0 02
Lorsque les animaux ci-dessus dénommés seront, sur la demande des expéditeurs, transportés à la vitesse des trains de voyageurs, les prix seront doublés.			

2° PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE

Marchandises transportées à grande vitesse			
Huitres. — Poissons frais. — Denrées. — Excédents de bagages et marchandises de toute classe transportées à la vitesse des trains de voyageurs	0 20	0 16	0 36

1. Chiffres à fixer pour chaque concession : les chiffres inscrits ci-dessus sont présentés à titre de renseignement utile à consulter, mais ils pourront être modifiés selon les circonstances locales, ainsi que les autres dispositions ci-après.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

		PRIX		
		de péage	de transport	totaux
	Marchandises transportées à petite vitesse			
1re classe.	Spiritueux. — Huiles. — Bois de menuiserie, de teinture et autres bois exotiques. — Produits chimiques non dénommés. — Œufs. — Viande fraîche. — Gibier. — Sucre. — Café. — Drogues. — Epiceries. — Tissus. — Denrées coloniales. — Objets manufacturés. — Armes . .	0f09	0f07	0f16
2e classe.	Blés. — Grains. — Farines. — Légumes farineux. — Riz, maïs, châtaignes et autres denrées alimentaires non dénommées. — Chaux et plâtre. — Charbon de bois. — Bois à brûler dit *de corde*. — Perches. — Chevrons. — Planches. — Madriers. — Bois de charpente. — Marbre en bloc. — Albâtre. — Bitume. — Cotons. — Laines. — Vins. — Vinaigres. — Boissons. — Levure sèche. — Coke. — Fers. — Cuivres. — Plomb et autres métaux ouvrés ou non. — Fontes moulées.	0 08	0 06	0 14
3e classe.	Pierres de taille et produits de carrières. — Minerais autres que les minerais de fer. — Fonte brute. — Sel. — Moellons. — Meulières. — Argiles. — Briques. — Ardoises	0 06	0 04	0 10
4e classe.	Houille. — Marne. — Cendres. — Fumiers. — Engrais. — Pierres à chaux et à plâtre. — Pavés et matériaux pour la construction et la réparation des routes. — Minerais de fer. — Cailloux et sables.	0 05	0 03	0 08
	Tarif spécial par wagon complet			
	Marchandises des 1re, 2e, 3e et 4e classes	0 04	0 02	0 06
	Les foins, fourrages, pailles et toutes marchandises ne pesant pas *six cents* kilogrammes sous le volume d'un mètre cube, *cinquante centimes* (0 fr. 50) par wagon et par kilomètre.			

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	PRIX		
	de péage	de transport	totaux
3° VOITURES ET MATÉRIEL ROULANT TRANSPORTÉ A PETITE VITESSE			
Par pièce et par kilomètre			
Wagon ou chariot pouvant porter de 3 à 6 tonnes . .	0f09	0f06	0f15
Wagon pouvant porter plus de 6 tonnes	0 12	0 08	0 20
Locomotive pesant de 12 à 18 tonnes (ne traînant pas de convoi)	1 80	1 20	3 00
Locomotive pesant plus de 18 tonnes (ne traînant pas de convoi).	2 25	1 50	3 75
Tender de 7 à 10 tonnes	0 90	0 60	1 50
Tender de plus de 10 tonnes.	1 35	0 90	2 25
Les machines locomotives seront considérées comme ne traînant pas de convoi lorsque le convoi remorqué, soit de voyageurs, soit de marchandises, ne comportera pas un péage au moins égal à celui qui serait perçu sur la locomotive avec son tender marchant sans rien traîner.			
Le prix à payer pour un wagon chargé ne pourra jamais être inférieur à celui qui serait dû pour un wagon marchant à vide.			
Voitures à 2 ou 4 roues, à un fond et à une seule banquette dans l'intérieur.	0 15	0 10	0 25
Voitures à 4 roues, à deux fonds et à deux banquettes dans l'intérieur, omnibus, diligences, etc. . . .	0 18	0 14	0 32
Lorsque, sur la demande des expéditeurs, les transports auront lieu à la vitesse des trains de voyageurs, les prix ci-dessus seront doublés.			
Dans ce cas, deux personnes pourront, sans supplément de prix, voyager dans les voitures à une banquette, omnibus, et trois dans les voitures à deux banquettes, omnibus, diligence, etc.; les voyageurs excédant ce nombre payeront le prix des places de deuxième classe.			

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	PRIX		
	de péage	de transport	totaux
Voitures de déménagement à 2 ou à 4 roues, à vide. .	0f12	0 08	0 20
Ces voitures, lorsqu'elles seront chargées, payeront en sus du prix ci-dessus, par tonne de chargement et par kilomètre.	0 08	0 06	0 14
4° SERVICE DES POMPES FUNÈBRES ET TRANSPORT DES CERCUEILS			
Grande vitesse			
Une voiture des pompes funèbres, renfermant un ou plusieurs cercueils, sera transportée aux mêmes prix et conditions qu'une voiture à quatre roues, à deux banquettes.	0 36	0 28	0 64
Chaque cercueil confié à l'administration du chemin de fer sera transporté, pour les trains ordinaires, dans un compartiment isolé, au prix de	0 18	0 12	0 30
Et pour les trains express, dans une voiture spéciale, au prix de	0 60	0 40	1 00

Les prix déterminés ci-dessus ne comprennent pas l'impôt dû à l'Etat.

Il est expressément entendu que les prix de transport ne seront dus au concessionnaire qu'autant qu'il effectuerait lui-même ces transports à ses frais et par ses propres moyens; dans le cas contraire, il n'aura droit qu'aux prix fixés pour le péage.

La perception aura lieu d'après le nombre de kilomètres parcourus. Tout kilomètre entamé sera payé comme s'il avait été parcouru en entier.

Si la distance parcourue est inférieure à *six* kilomètres, elle sera comptée pour *six* kilomètres.

Le tableau des distances entre les diverses stations sera arrêté par le préfet d'après le procès-verbal de chaînage dressé contradictoirement par le concessionnaire et le service du contrôle. Ce chaînage sera fait suivant la voie la plus courte, d'axe en axe des bâtiments des voyageurs des stations extrêmes. Les tarifs proposés d'après cette base seront soumis à l'homologation du *Ministre des travaux publics* (1).

1. Ou du *préfet* si la concession émane d'un *département* ou d'une commune. (Art. 33 de la loi du 11 juin 1880).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans aucun cas il ne pourra être perçu pour un voyageur pris ou laissé en route un prix supérieur à celui qui a été prévu pour la distance complète qui sépare les deux stations entre lesquelles le parcours a été effectué.

Le poids de la tonne est de 1.000 kilogrammes.

Les fractions de poids ne seront comptées, tant pour la grande que pour la petite vitesse, que par centième de tonne ou par 10 kilogrammes.

Ainsi, tout poids compris entre 0 et 10 kilogrammes payera comme 10 kilogrammes; entre 10 et 20 kilogrammes, comme 20 kilogrammes, etc.

Toutefois, pour les excédents de bagages et de marchandises à grande vitesse, les coupures seront établies : 1° de 0 à 5 kilogrammes; 2° au-dessus de 5 jusqu'à 10 kilogrammes; 3° au-dessus de 10 kilogrammes, par fraction indivisible de 10 kilogrammes.

Quelle que soit la distance parcourue, le prix d'une expédition quelconque, soit en grande, soit en petite vitesse, ne pourra être inférieur à 40 *centimes*.

Art. 24. — *Bagages.*

Tout voyageur dont le bagage ne pèsera pas plus de *trente* (30) kilogrammes n'aura à payer pour le port de ce bagage, aucun supplément du prix de sa place.

Cette franchise ne s'appliquera pas aux enfants transportés gratuitement, et elle sera réduite à *vingt* (20) kilogrammes pour les enfants transportés à moitié prix.

Art. 25. — *Assimilation des classes de marchandises.*

Les animaux, denrées, marchandises, effets et autres objets non désignés dans le tarif seront rangés, pour les droits à percevoir, dans les classes avec lesquelles ils auront le plus d'analogie, sans que jamais, sauf les exceptions formulées aux articles 26 et 27 ci-après, aucune marchandise non dénommée puisse être soumise à une taxe supérieure à celle de la première classe du tarif ci-dessus.

Les assimilations des classes pourront être provisoirement réglées par le concessionnaire; elles seront immédiatement affichées et soumises à l'Administration, qui prononcera définitivement.

Art. 26. — *Transport de masses indivisibles.*

Les droits de péage et les prix de transport déterminés au tarif ne sont point applicables à toute masse indivisible pesant plus de *trois mille kilogrammes* (3,000 k.).

Néanmoins le concessionnaire ne pourra se refuser à transporter les masses indivisibles pesant de *trois mille à cinq mille kilogrammes;* mais les droits de péage et les prix de transport seront augmentés de moitié.

Le concessionnaire ne pourra être contraint à transporter les masses pesant plus de *cinq mille kilogrammes* (5,000 k.).

Si, nonobstant la disposition qui précède, le concessionnaire transporte des masses indivisibles pesant plus de *cinq mille kilogrammes*, il devra, pendant trois mois au mois, accorder les mêmes facilités à tous ceux qui en feraient la demande.

Dans ce cas, les prix de transport seront fixés par l'Administration, sur la proposition du concessionnaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 27. — *Exceptions : envois par groupes.*

Les prix de transport déterminés au tarif ne sont point applicables :

1° Aux denrées et objets qui ne sont pas nommément énoncés dans le tarif et qui ne pèseraient pas deux cents kilogrammes sous le volume d'un mètre cube ;

2° Aux matières inflammables ou explosibles, aux animaux ou objets dangereux, pour lesquels des règlements de police prescriraient des précautions spéciales ;

3° Aux animaux dont la valeur déclarée excèderait 5,000 francs ;

4° A l'or et à l'argent, soit en lingots, soit monnayés ou travaillés, au plaqué d'or ou d'argent, au mercure et au platine, ainsi qu'aux bijoux, dentelles, pierres précieuses, objets d'art et autres valeurs ;

5° Et, en général, à tous paquets, colis ou excédents de bagages pesant isolément *quarante* kilogrammes et au-dessous.

Toutefois les prix de transport déterminés au tarif sont applicables à tous paquets ou colis pesant ensemble plus de quarante kilogrammes d'objets envoyés par une même personne à une même personne. Il en sera de même pour les excédents de bagages qui pèseraient ensemble ou séparément plus de 40 kilogrammes.

Le bénéfice de la dispostion énoncée dans le paragraphe précédent, en ce qui concerne les paquets ou colis, ne peut être invoqué par les entrepreneurs de messageries et de roulage et autres intermédiaires de transport, à moins que les articles par eux envoyés ne soient réunis en un seul colis.

Dans les cinq cas ci-dessus spécifiés, les prix de transport seront arrêtés annuellement par le préfet, tant pour la grande que pour la petite vitesse, sur la proposition du concessionnaire.

En ce qui concerne les paquets ou colis mentionnés au paragraphe 5 ci-dessus, les prix de transport devront être calculés de telle manière qu'en aucun cas un de ces paquets ou colis ne puisse payer un prix plus élevé qu'un article de même nature pesant plus de *quarante* kilogrammes.

Art. 28. — *Abaissement des tarifs.*

Dans le cas où le concessionnaire jugerait convenable, soit pour le parcours total, soit pour les parcours partiels de la voie de fer, d'abaisser, avec ou sans conditions, au-dessous des limites déterminées par le tarif les taxes qu'il est autorisé à percevoir, les taxes abaissées ne pourront être relevées qu'après un délai de trois mois au moins pour les voyageurs et d'un an pour les marchandises.

Toute modification de tarif proposée par le concessionnaire sera annoncée un mois d'avance par des affiches.

La perception des tarifs modifiés ne pourra avoir lieu qu'avec l'homologation du *Ministre des travaux publics* (1), conformément aux dispositions de la loi du 11 juin 1880.

La perception des taxes devra se faire indistinctement et sans aucune faveur.

Tout traité particulier qui aurait pour effet d'accorder à un ou plusieurs expéditeurs une réduction sur les tarifs approuvés demeure formellement interdit.

1. Ou du *préfet*, si la concession n'est pas donnée par l'*État*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Toutefois cette disposition n'est pas applicable aux traités qui pourraient intervenir entre le Gouvernement et le concessionnaire dans l'intérêt des services publics, ni aux réductions ou remises qui seraient accordées par le concessionnaire aux indigents.

En cas d'abaissement des tarifs, la réduction portera proportionnellement sur le péage et sur le transport.

Art. 29. — *Délais d'expédition.*

Le concessionnaire sera tenu d'effectuer constamment avec soin, exactitude et célérité, et sans tour de faveur, le transport des voyageurs, bestiaux, denrées, marchandises et objets quelconques qui lui seront confiés.

Les colis, bestiaux et objets quelconques, seront inscrits, à la gare d'où ils partent et à la gare où ils arrivent, sur des registres spéciaux, au fur et à mesure de leur réception ; mention sera faite, sur le registre de la gare de départ, du prix total dû pour leur transport.

Pour les marchandises ayant une même destination, les expéditions auront lieu suivant l'ordre de leur inscription à la gare de départ.

Toute expédition de marchandises sera constatée, si l'expéditeur le demande, par une lettre de voiture dont un exemplaire restera aux mains du concessionnaire et l'autre aux mains de l'expéditeur. Dans le cas où l'expéditeur ne demanderait pas de lettre de voiture, le concessionnaire sera tenu de lui délivrer un récépissé qui énoncera la nature et le poids du colis, le prix total du transport et le délai dans lequel ce transport devra être effectué.

Art. 30. — *Délais de livraison.*

Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques seront expédiés et livrés de gare en gare, dans les délais résultant des conditions ci-après exprimées :

1° Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques à grande vitesse seront expédiés par le premier train de voyageurs contenant des voitures de toutes classes et correspondant avec leur destination, pourvu qu'ils aient été présentés à l'enregistrement trois heures avant le départ de ce train.

Ils seront mis à la disposition des destinataires, à la gare, dans le délai de deux heures après l'arrivée du même train.

2° Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques à petite vitesse seront expédiés dans le jour qui suivra celui de la remise.

Le maximum de durée du trajet sera fixé par le préfet, sur la proposition du concessionnaire.

Les colis seront mis à la disposition des destinataires dans le jour qui suivra celui de leur arrivée en gare.

Le délai total résultant des trois paragraphes ci-dessus sera seul obligatoire pour la Compagnie.

Il pourra être établi un tarif réduit, approuvé par le *Ministre des travaux publics*, pour tout expéditeur qui acceptera des délais plus longs que ceux déterminés ci-dessus pour la petite vitesse.

Pour le transport des marchandises, il pourra être établi, sur la proposition du concessionnaire, un délai moyen entre ceux de la grande et de la petite vitesse. Le prix correspondant à ce délai sera un prix intermédiaire entre ceux de la grande et de la petite vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le préfet déterminera, par des règlements spéciaux, les heures d'ouverture et de fermeture des gares et stations, tant en hiver qu'en été, ainsi que des dispositions relatives aux denrées apportées par les trains de nuit et destinées à l'approvisionnement des marchés des villes.

Lorsque la marchandise devra passer d'une ligne sur une autre sans solution de continuité, les délais de livraison et d'expédition au point de jonction seront fixés par le préfet, sur la proposition du concessionnaire.

Art. 31. — *Frais accessoires.*

Les frais accessoires non mentionnés dans les tarifs, tels que ceux d'enregistrement, de chargement, de déchargement et de magasinage dans les gares et magasins du tramway, seront fixés annuellement par le préfet, sur la proposition du concessionnaire. Il en sera de même des frais de transbordement qui seront faits dans les gares de raccordement de la ligne concédée avec une ligne présentant une largeur de voie différente.

Art. 32. — *Camionnage.*

Le concessionnaire sera tenu de faire, soit par lui-même soit par un intermédiaire dont il répondra, le factage et le camionnage pour la remise au domicile des destinataires de toutes les marchandises qui lui sont confiées.

Le factage et le camionnage ne seront point obligatoires en dehors du rayon de l'octroi, non plus que pour les gares qui desserviraient soit une population agglomérée de moins de 3,000 habitants, soit un centre de population de 3,000 habitants situé à plus de 5 kilomètres de la gare du tramway.

Les tarifs à percevoir seront fixés par le préfet, sur la proposition du concessionnaire. Ils seront applicables à tout le monde sans distinction.

Toutefois les expéditeurs et destinataires resteront libres de faire eux-mêmes et à leurs frais le factage et le camionnage des marchandises.

Art. 33. — *Traités particuliers.*

A moins d'une autorisation spéciale du préfet, il est interdit au concessionnaire conformément à l'article 14 de la loi du 15 juillet 1845, de faire directement ou indirectement avec des entreprises de transport de voyageurs ou de marchandises par terre ou par eau, sous quelque dénomination ou forme que ce puisse être, des arrangements qui ne seraient pas consentis en faveur de toutes les entreprises desservant les mêmes voies de communication.

Le préfet, agissant en vertu de l'article 42 du règlement d'administration publique du , prescrira les mesures à prendre pour assurer la plus complète égalité entre les diverses entreprises de transport dans leurs rapports avec le tramway.

Art. 34. — *Embranchements industriels. Tarif à percevoir pour le matériel prêté.*

Le concessionnaire sera indemnisé de la fourniture et de l'envoi de son matériel sur les embranchements industriels desservant des carrières, des mines ou des usines, par la perception d'une redevance qui est fixée à *douze centimes* (0 fr. 12 c.) par tonne pour le premier kilomètre et à *quatre centimes* (0 fr. 04 c.) par tonne et par kilomètre en sus du premier, lorsque la longueur de l'embranchement excédera un kilomètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TITRE V

STIPULATIONS RELATIVES A DIVERS SERVICES PUBLICS

Art. 35. — *Fonctionnaires ou agents du contrôle.*

Les fonctionnaires ou agents chargés de l'inspection, du contrôle et de la surveillance de la voie ferrée seront transportés gratuitement dans les voitures des voyageurs.

Art. 36. — *Service des postes.*

Le concessionnaire sera tenu de recevoir dans ses voitures, aux heures des départs réguliers, les sacs de dépêches de la poste escortés ou non d'un convoyeur. Les sacs seront déposés dans un coffre fermant à clef. Le convoyeur aura droit à une place réservée aussi près que possible de ce coffre.

L'Administration des postes aura, en outre, le droit de fixer aux voitures de l'entreprise une boîte aux lettres, dont elle fera opérer la pose et la levée par un de ses agents.

Les prix des transports ci-dessus seront payés par l'Administration des postes conformément aux tarifs homologués, sauf dans le cas où l'Etat se serait engagé à fournir au concessionnaire une subvention par annuités. Dans ce cas, les sacs de dépêches et le convoyeur devront être transportés gratuitement.

Le concessionnaire pourra être tenu de fixer, d'après les convenances du service des postes, l'heure d'un de ses départs dans chaque sens.

Le montant des dépenses supplémentaires de toute nature que ce service spécial aura imposées au concessionnaire, déduction faite du produit qu'il aura pu en retirer, lui sera payé par l'Administration des postes, que l'entreprise soit subventionnée ou non par le Trésor, suivant le règlement qui en sera fait de gré à gré ou par deux arbitres. En cas de désaccord de ces arbitres, un tiers arbitre sera désigné par le conseil de préfecture.

TITRE VI

CLAUSES DIVERSES

Art. 37. — *Frais de contrôle.*

La somme que le concessionnaire doit verser chaque année à la date du , afin de pourvoir aux frais du contrôle, sera calculée d'après le chiffre de (1) par kilomètre de voie concédée.

Le premier versement aura lieu le à la caisse du

Art. 38. — *Cautionnement.*

Avant la signature de l'acte de concession, le concessionnaire déposera à la Caisse des dépôts et consignations une somme de en numéraire ou en rente sur l'Etat calculée conformément au décret du 31 janvier 1872, ou en bons du Trésor, avec transfert, au profit de ladite Caisse, de celles de ces valeurs qui seraient nominatives ou à ordre.

1. Les frais de contrôle ont été fixés, dans plusieurs concessions déjà données, à la somme annuelle de cinquante francs (50 fr.) par kilomètre, payable à compter de la date du décret de concession, tant pour la période de construction que pour la période d'exploitation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette somme formera le cautionnement de l'entreprise.

Les *quatre cinquièmes* en seront rendus au concessionnaire par *cinquième* et proportionnellement à l'avancement des travaux. Le dernier *cinquième* ne sera payé qu'après l'expiration de la concession

Art. 39. — *Election de domicile.*

Le concessionnaire devra faire élection de domicile à

Dans le cas où il ne l'aurait pas fait, toute notification ou signification à lui adressée sera valable lorsqu'elle sera faite au *secrétariat général de la préfecture de* (1)

Art. 40.

Les contestations qui s'élèveraient entre le concessionnaire et l'Administration au sujet de l'exécution et de l'interprétation des clauses du présent cahier des charges seront jugées administrativement par le conseil de préfecture du département d , sauf recours au Conseil d'Etat.

Art. 41. — *Frais d'enregistrement.*

Les frais d'enregistrement du présent cahier des charges et de la convention ci-annexée seront supportés par le concessionnaire.

Décret portant règlement d'administration publique pour l'exécution des articles 16 et 39 de la loi du 11 juin 1880.

(Conditions financières imposées aux concessionnaires de chemins de fer d'intérêt local et de tramways.)

Le Président de la République Française,

Sur le rapport du Ministre des travaux publics,

Vu la loi du 11 juin 1880, relative aux chemins de fer d'intérêt local et aux tramways, et notamment l'article 16 ainsi conçu :

« Un règlement d'administration publique déterminera :

« 1° Les justifications à fournir par les concessionnaires pour établir les « recettes et les dépenses annuelles ;

« 2° Les conditions dans lesquelles seront fixées, en exécution de la pré« sente loi, le chiffre de la subvention due par l'Etat, le département ou les « communes, et, lorsqu'il y aura lieu, la part revenant à l'Etat, au dépar« tement, aux communes ou aux intéressés, à titre de remboursement de « leurs avances, sur le produit net de l'exploitation ; »

Vu l'avis du Conseil général des ponts et chaussées, en date du 8 février 1881, et les lettres du Ministre des finances, en date des 25 juillet et 24 décembre 1881 ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décrète :

Article premier.

Le capital de premier établissement qui doit servir de base pour l'applica-

1. Ou au *secrétariat de la mairie de*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion des articles 13 et 36 de la loi susvisée est fixé dans les conditions ci-après et dans les limites du maximum prévu par les actes de concession, à moins qu'il n'ait été fixé à forfait par une stipulation expresse.

Ce capital comprend toutes les sommes que le concessionnaire justifie avoir dépensées dans un but d'utilité pour l'exécution des travaux de construction proprement dits, l'achat du matériel fixe et d'exploitation, le parachèvement de la ligne après sa mise en exploitation, la constitution du capital-actions, l'émission des obligations, les intérêts des capitaux engagés pendant la période assignée à la construction par l'acte de concession ou jusqu'à la mise en exploitation, si elle a lieu avant le délai fixé. Il peut être augmenté, s'il y a lieu, des insuffisances de recettes résultant de l'exploitation partielle des sections qui seraient ouvertes pendant ladite période de construction.

Les dépenses relatives à la constitution du capital-actions et à l'émission des obligations ne sont admises en compte que jusqu'à concurrence d'un maximum spécialement stipulé dans l'acte de concession.

Art. 2.

Tout concessionnaire de chemin de fer d'intérêt local ou de tramway subventionné doit remettre au préfet du département, dans un délai de quatre mois, à partir du jour de la mise en exploitation de la ligne entière, le compte détaillé des dépenses de premier établissement qu'il a faites jusqu'à ce jour.

Il présente, avant le 31 mars de chaque année, un compte supplémentaire de celles qu'il peut être autorisé à ne faire qu'après la mise en exploitation pour le parachèvement de la ligne ; mais, en tout cas, le compte de premier établissement doit être clos quatre ans au plus tard après la mise en exploitation de la ligne entière.

Dans le cas où l'acte de concession a prévu que le capital de premier établissement pourrait être successivement augmenté, jusqu'à concurrence d'une somme déterminée et pendant un certain délai, pour travaux complémentaires, tels que agrandissements de gares, augmentation du matériel roulant, pose de secondes voies ou de voies de garage, le concessionnaire doit, chaque année, avant le 31 mars, présenter un compte détaillé des dépenses qu'il a ainsi faites pendant l'année précédente en vertu d'une autorisation spéciale et préalable donnée par le Ministre des travaux publics quand l'Etat a consenti à garantir ce capital complémentaire, et par le préfet dans les autres cas.

Art. 3.

Avant le 31 mars de chaque année, le concessionnaire remet au préfet du département un compte détaillé, établi d'après ses registres, et comprenant pour l'année précédente :

1° Les produits bruts, de toute nature, de l'exploitation ;

2° Les frais d'entretien et d'exploitation, à moins que ces frais n'aient été déterminés à forfait par l'acte de concession ou par un acte postérieur.

Le compte d'entretien et d'exploitation ne peut comprendre aucune dépense d'établissement ni aucune dépense pour augmentation de matériel roulant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 4.

Le Ministre des travaux publics détermine, après avoir pris l'avis du Ministre des finances, les justifications que le concessionnaire doit produire à l'appui de ces différents comptes, dont les développements par article sont présentés conformément aux modèles arrêtés par lui.

Art. 5.

Les comptes ainsi produits par le concessionnaire sont soumis à l'examen d'une commission instituée par le Ministre des travaux publics et composée ainsi qu'il suit :

Le préfet ou le secrétaire général délégué, président ;

Un membre du conseil général du département ou du conseil municipal, si la concession émane d'une commune, ledit membre désigné par le conseil auquel il appartient ;

Un ingénieur des ponts et chaussées ou des mines, désigné par le Ministre des travaux publics ; un fonctionnaire de l'administration des finances désigné par le Ministre des finances.

La Commission désigne elle-même son secrétaire ; s'il est pris en dehors de son sein, il n'a que voix consultative.

Le président a voix prépondérante en cas de partage.

Dans le cas où la ligne s'étend sur plusieurs départements, il est institué une commission spéciale pour chaque département. Ces commissions peuvent se réunir et délibérer en commun si la concession a été faite conjointement par les conseils généraux de ces départements, par application des articles 89 et 90 de la loi du 10 août 1871 ; la présidence appartient au préfet du département que la ligne traverse dans la plus grande longueur.

Art. 6.

Le concessionnaire est tenu de représenter les registres, pièces comptables, correspondances et tous autres documents que la Commission juge nécessaires à la vérification des comptes.

La Commission peut se transporter au besoin, par elle-même ou par ses délégués, soit au siège de l'entreprise, soit dans les gares, stations ou bureaux de la ligne.

Art. 7.

La Commission adresse son rapport avec les comptes et les pièces justificatives au Ministre des travaux publics, qui les examine après les avoir communiqués au Ministre des finances.

Si cet examen ne révèle pas de difficultés ou si les modifications jugées nécessaires sont acceptées par le Ministre des finances, le département, les communes et le concessionnaire, le Ministre des travaux publics, arrête définitivement le capital de premier établissement qui doit servir de base pour l'application des articles 13 et 36 de la loi du 11 juin 1880.

Il est procédé de la même manière pour arrêter annuellement le chiffre de la subvention due par l'Etat, le département ou les communes et, lorsqu'il y a lieu, la part revenant à l'Etat, au département, aux communes ou aux intéressés, à titre de remboursement de leurs avances, sur le produit net de l'exploitation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 8.

Lorsqu'il n'y a pas accord entre l'Etat, le département ou la commune et le concessionnaire, les comptes sont soumis avec toutes les pièces à l'appui, à une Commission supérieure instituée par le Ministre des travaux publics et composée d'un conseiller d'Etat, président et de six membres, dont trois au choix du Ministre des finances.

Un ou plusieurs secrétaires sont attachés à la Commission par arrêté du Ministre des travaux publics ; ils ont voix délibérative dans les affaires dont ils sont rapporteurs.

Le président a voix prépondérante en cas de partage.

La Commission adresse son rapport au Ministre des travaux publics qui statue après avoir pris l'avis du Ministre des finances sauf recours au Conseil d'Etat par la voie contentieuse.

Art. 9.

En présentant son compte annuel, le concessionnaire peut demander une avance sur la somme qui lui sera due à titre de subvention.

Le montant de l'avance est déterminé par le Ministre des travaux publics, sur le rapport de la Commission locale, après communication au Ministre des finances.

Dans le cas où le règlement définitif des comptes de l'exercice ferait reconnaître que cette avance a été trop considérable, le concessionnaire devra rembourser immédiatement l'excédent au Trésor, au département ou à la commune, avec les intérêts à 4 % par an.

Art. 10.

La comptabilité de tout concessionnaire subventionné est soumise à la vérification de l'inspection générale des finances, qui a, pour l'accomplissement de cette mission, tous les droits dévolus aux commissions de contrôle par l'article 6 du présent décret.

Art. 11.

Dans le cas où l'Etat n'a pris aucun engagement et où l'entreprise de chemin de fer ou de tramway est subventionnée seulement par un département ou par une commune, il est procédé à l'examen et au règlement des comptes dans les mêmes formes ; mais les attributions conférées au Ministre des travaux publics par les articles 4, 5, 7 et 9 sont exercées par le préfet, sans qu'il soit besoin de consulter le Ministre des finances.

Lorsqu'une des parties conteste le compte arrêté par le préfet, l'article 8 est applicable.

Art. 12.

Si la subvention est donnée par le département ou la commune en capital, en terrains, en travaux ou sous tout autre forme que celle d'annuités, elle est évaluée et transformée en annuités au taux de 4 %, pour l'application des articles 13 et 36 de la loi, aux termes desquels l'Etat ne peut subvenir pour partie aux insuffisances annuelles qu'à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou la commune.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 13.

La subvention à allouer pour l'année de la mise en exploitation de la ligne sera calculée, d'après les bases indiquées dans les articles 13 et 36 de la loi susvisée, au prorata du temps écoulé depuis le jour de l'ouverture de la ligne jusqu'au 31 décembre suivant.

Chaque loi ou décret par lequel l'Etat s'engage à subventionner un chemin de fer d'intérêt local ou un tramway fixe le maximum de la charge annuelle qui peut résulter pour le Trésor de l'application des articles 13 ou 36 de la loi susvisée, de manière que le montant réuni de ces maxima ne dépasse, en aucun cas, la somme de 400,000 francs, fixée par l'article 14 pour l'ensemble des lignes situées dans un même département.

Art. 14.

Le Ministre des travaux publics et le Ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne de l'exécution du présent décret, qui sera promulgué au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le vingt mars mil huit cent quatre-vingt-deux.

Signé : JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :
Le Ministre des travaux publics,
Signé : H. VARROY.

Annexes aux Loi, Décrets et Cahiers des Charges qui précèdent.

Chemins de fer d'intérêt local. — Sections à établir sur le sol des voies publiques

Paris, le 17 octobre 1881.

Monsieur le Préfet, l'Administration supérieure a été consultée sur la question de savoir si une omission n'aurait pas été commise dans le cahier des charges-type relatif à la concession des chemins de fer d'intérêt local, lequel ne renferme aucune prescription fixant les conditions à imposer pour l'établissement des parties desdits chemins qui empruntent les voies publiques.

C'est avec intention que le Conseil d'Etat a retranché du cahier des charges-type, préparé par l'Administration, les dispositions relatives aux sections des lignes d'intérêt local à établir sur le sol des voies publiques : il lui a paru préférable d'insérer dans le règlement d'administration publique prévu par l'article 38 de la loi du 11 juin 1880 l'article 57 ainsi conçu : « les dispositions du présent règlement sont applicables aux chemins de fer d'intérêt local « sur les sections où ces chemins de fer empruntent le sol des voies publiques, « sans préjudice de l'application de l'ordonnance du 15 novembre 1846 », et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de reporter au cahier des charges-type pour la concession des tramways les dispositions qui s'appliquent plus spécialement à ces dernières voies ferrées.

Il est néanmoins permis de se demander s'il n'y a pas là une lacune. Afin de prévenir les difficultés qui pourraient se produire lorsqu'une ligne d'intérêt local devra emprunter une ou plusieurs voies publiques, j'estime qu'il conviendrait d'insérer dans le cahier des charges concernant la concession de cette ligne les articles du cahier des charges-type, des tramways qui pourront y être applicables, et qui portent notamment les numéros 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13 et 15. Les cinq premiers de ces articles pourraient être intercalés entre les articles 19 et 20 du cahier des charges des chemins de fer d'intérêt local; les deux suivants (12 et 13), entre les articles 29 et 30 ; enfin, le dernier viendrait après l'article 32.

Je vous prie de m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse une ampliation à M. l'ingénieur en chef de votre département.

Recevez, etc.

Le Ministre des travaux publics,
Signé : SADI CARNOT.

Loi du 17 juillet 1883.

Cette loi a rendu exécutoire en Algérie la loi du 11 juin 1880 sur les chemins de fer d'intérêt local et les tramways.

Décret portant modification de l'article 8 du règlement d'administration publique du 20 mars 1882, relatif aux chemins de fer d'intérêt local et aux tramways.

Le président de la République française,

Sur le rapport du Ministre des travaux publics,

Vu la loi du 11 juin 1880, relative aux chemins de fer d'intérêt local et aux tramways ;

Vu le décret du 20 mars 1882, portant règlement d'administration publique pour l'exécution des articles 15 et 39 de cette loi ;

Vu la lettre du Ministre des finances, en date du 4 novembre 1885 ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décrète :

Article premier. — L'article 8 du décret du 20 mars 1882, portant règlement d'administration publique pour l'exécution des articles 16 et 39 de la loi du 11 juin 1880, est modifié comme il suit :

« Art. 8. — Lorsqu'il n'y a pas accord entre l'Etat, le département ou la commune et le concessionnaire, les comptes sont soumis, avec toutes les pièces à l'appui, à la Commission de vérification des comptes des compagnies de chemins de fer, instituée en exécution du décret du 28 mars 1883.

« La Commission adresse son rapport au Ministre des travaux publics, qui statue, après avoir pris l'avis du Ministre des finances, sauf recours au Conseil d'Etat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Par dérogation à l'article 7, cette Commission est toujours consultée sur les comptes des lignes d'intérêt local et des tramways dont les concessionnaires sont liés à l'Etat, par des conventions financières, pour des chemins de fer d'intérêt général.

« Elle est, en outre, consultée directement, et sans l'intervention de la Commission locale prévue par l'article 5, sur les comptes des lignes d'intérêt local et des tramways non concédés, ainsi que sur les comptes des tramways concédés à un département ou à une commune et non rétrocédés.

« Dans tous les cas, elle a les pouvoirs conférés par l'article 6 aux commissions locales. »

Art. 2. — Le Ministre des travaux publics et le Ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera promulgué au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 23 décembre 1885.

JULES GRÉVY.

Par le Président de la République,

Le Ministre des travaux publics.

DEMOLE.

Chemins de fer d'intérêt local et tramways à vapeur à voie étroite. — Largeur de voie à leur donner.

Paris, le 12 janvier 1888.

Monsieur le Préfet, en présence de l'extension que prennent en France, sous le régime de la loi du 11 juin 1880, les chemins de fer d'intérêt local et tramways à vapeur à voie étroite, le Gouvernement a été amené à reconnaître que, pour aider à la prospérité commerciale de ces entreprises, qui le plus souvent engagent les finances de l'Etat, et rendre ces voies ferrées véritablement utilisables pour les transports militaires, il devenait indispensable de les approprier, par l'adoption d'une largeur de voie unique, à la circulation d'un même matériel.

Cette largeur ne peut être, évidemment, que celle *d'un mètre* ($1^m,00$) *entre les bords intérieurs des rails*, déjà réalisée sur la presque totalité des lignes existantes.

En conséquence après avoir pris l'avis de mon collègue de la guerre, j'ai résolu de ne provoquer, à l'avenir, sauf exceptions dûment justifiées et admises par mon Administration d'accord avec l'autorité militaire, la déclaration d'utilité publique d'aucun chemin de fer ou tramway à vapeur à voie étroite qui serait projeté avec une largeur de voie autre que celle sus-indiquée.

J'ai décidé, en outre, toujours dans le double intérêt invoqué ci-dessus, que, toutes les fois qu'une ligne d'intérêt local ou tramway à voie étroite devra se relier à une ou plusieurs lignes à voie normale, le cahier des charges de la concession devra contenir une clause spéciale prescrivant l'établissement, dans la ou les gares de jonction, de moyens de transbordement commodes pour les voyageurs et les marchandises.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je vous prie de m'accuser réception de la présente circulaire et d'en donner connaissance au conseil général de votre département dans sa plus prochaine session.

Le Ministre des travaux publics,
EMILE LOUBET.

Tramways. — Emploi des rails à gorge ou des contre-rails. — Notification d'un décret du 30 janvier 1894, portant modification à l'article 5 du décret du 6 août 1881.

Paris, le 28 février 1894.

Monsieur le Préfet,

L'article 5 du règlement d'administration publique du 6 août 1881, concernant l'établissement et l'exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques, dispose, en son dernier alinéa, que, si l'emplacement occupé par la voie ferrée reste accessible et praticable pour les voitures ordinaires, les rails seront à gorge ou munis de contre-rails.

Depuis 1881, l'expérience a permis de reconnaître que l'emploi des rails à gorge ou des contre-rails n'est surtout utile que dans les chaussées pavées. Dans les chaussées empierrées, il peut présenter plus d'inconvénients que d'avantages, parce qu'il se produit le long du contre-rail une ornière qui double l'ornière ménagée pour le passage des roues du tramway. Si l'on a soin de maintenir la chaussée, sur tout l'emplacement du tramway, au niveau des bords supérieurs des champignons, les simples rails peuvent être compatibles avec la commodité de la circulation terrestre. Telle été l'opinion du Conseil général des ponts et chaussées, appelé à examiner la question.

Le Conseil d'Etat a également reconnu que, tout en laissant subsister la règle générale inscrite dans l'article 5 du décret du 6 août 1881, il convenait de donner à l'administration la faculté d'en dispenser le concessionnaire, à titre révocable, sur tout ou partie des voies publiques dont le sol est emprunté par la voie ferrée.

En conformité de cet avis a été rendu le décret du 30 janvier dernier, dont une copie est ci-jointe.

Afin d'assurer l'exécution de ce décret, il conviendra, lorsque mon administration sera saisie d'un avant-projet de tramway à établir sur le sol des voies publiques, d'indiquer d'ores et déjà les parties de ces voies sur lesquelles les rails à gorge ou les contre-rails ne seront pas exigés. Au cas où il serait à prévoir que, sur quelques parties des voies publiques, l'emploi des rails à gorge ou des contre-rails pourrait être ultérieurement reconnu nécessaire, il conviendra de tenir compte de cette éventualité dans la détermination du maximum des travaux complémentaires.

J'adresse copie de la présente circulaire à MM. les Ingénieurs.

Recevez, etc.

Le Ministre des Travaux publics,
JONNART.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Décret.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du Ministre des travaux publics ;

Vu la loi du 11 juin 1880 et notamment l'article 38 ;

Vu le décret du 6 août 1881, portant règlement d'administration publique pour l'établissement et l'exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques et, notamment, l'article 5 ;

Vu l'avis du Conseil général des ponts et chaussées, en date du 27 juin 1892 ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décrète :

Art. 1er. — L'article 5 du décret susvisé du 6 août 1881, est complété par la disposition suivante :

« Toutefois, l'administration peut, à titre révocable, dispenser le concessionnaire de poser des rails à gorge ou des contre-rails sur tout ou partie des voies publiques dont le sol est emprunté par la voie ferrée. »

Art 2. — Le Ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le trente janvier mil huit cent quatre-vingt-quatorze,

CARNOT.

Par le Président de la République :

Le Ministre des travaux publics,

JONNART.

Extrait de l'ordonnance générale du Préfet de Police, en date du 31 août 1897, concernant la conduite et la circulation des bêtes de trait ou de charge, des voitures et des appareils de locomotion de toute sorte dans Paris et les communes du ressort de la préfecture de Police.

. . . . . .

TITRE III. — VOITURES ATTELÉES

. . . . . .

CHAPITRE IV. — VOITURES DE TRANSPORT EN COMMUN

. . . . . .

§ 5. — Tramways à traction de chevaux

1°. — Voie. — Voitures. — Chevaux. — Bureaux, etc.

Entretien de la voie et du matériel. — Art. 198. — L'exploitation des lignes de tramways à traction de chevaux est assujettie aux conditions suivantes, pour les sections comprises dans le ressort de la préfecture de Police :

La voie ferrée et tout le matériel servant à l'exploitation seront constamment maintenus dans un bon état d'entretien et de propreté, de manière que la circulation y soit toujours facile et sûre.

Sécurité de la circulation. — Art. 199. — Les compagnies seront tenues de prendre, à leurs frais, partout où la nécessité en sera reconnue par nous,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur l'avis des ingénieurs du Contrôle et eu égard au mode d'exploitation employé, toutes mesures nécessaires pour assurer la liberté et la sécurité du passage des voitures et des trains sur la voie ferrée ainsi que la liberté et la sécurité de la circulation ordinaire sur les routes et chemins que suit ou traverse la voie ferrée.

Signaux. — Eclairage des travaux. — Art. 200. — Lorsqu'un atelier de réparation sera établi sur une voie, des signaux devront indiquer si l'état de la voie ne permet pas le passage des voitures ou s'il suffit de ralentir la marche.

Toute fouille restant ouverte et tout dépôt de matériaux sur la voie ferrée seront éclairés et gardés au besoin pendant la nuit.

Interruption du service. — Transbordement. — Art. 201. — En cas d'interruption de la voie ferrée pour une cause quelconque, les compagnies pourront êtres tenues de rétablir provisoirement les communications, soit en déplaçant momentanément leurs voies, soit en employant, pour la traversée de l'obstacle, des voitures ordinaires.

Matériel roulant. — Gabarit. — Art. 202. — Le matériel roulant qui sera mis en circulation sur les voies ferrées devra passer librement dans le gabarit, dont les dimensions sont fixées conformément aux clauses des cahiers de charges annexés aux décrets de concession.

Construction des voitures. — Art. 203. — Les compagnies ne doivent mettre ou maintenir en circulation que des voitures réunissant toutes les conditions de commodité et de propreté désirables.

Les voitures à voyageurs devront satisfaire aux prescriptions des art. 8, 9, 11, 13, 14 et 15 de l'ordonnance réglementaire du 15 novembre 1846.

L'étage inférieur sera complètement couvert, garni de banquettes avec dossiers, fermé au moyen de glaces, au moins pendant l'hiver, muni de rideaux et éclairé pendant la nuit, ainsi qu'il est prescrit par l'article suivant.

S'il existe un étage supérieur, il sera garni de banquettes avec dossiers ; on y accédera au moyen d'escaliers qui seront munis, ainsi que les couloirs latéraux donnant accès aux places, de garde-corps solides d'au moins 1 m. 10 c. de hauteur effective.

Les dossiers et les banquettes seront inclinés, et les dossiers seront à la hauteur des épaules des voyageurs.

Les voitures pourront comporter des places de plusieurs classes : la disposition de chaque classe sera conforme à nos prescriptions.

Eclairage. — Art. 204. — Les voitures seront pourvues d'appareils d'éclairage disposés de telle sorte que l'intérieur et l'impériale, si elle est couverte, soient convenablement éclairés.

Chauffage. — Art. 205. — Les charbons ou briquettes ne pourront être utilisés comme mode de chauffage des voitures, que si les appareils destinés à les recevoir sont disposés de telle sorte que les gaz de la combustion se dégagent directement à l'extérieur.

Signal d'arrêt. — Art. 206. — Toutes les voitures seront munies d'un appareil spécial destiné à permettre au receveur de donner au cocher le signal d'arrêt.

Signal « Complet ». — Art. 207. — Il sera placé à l'arrière des voitures un appareil dit « Complet » qui devra être éclairé pendant la nuit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chasse-corps. — Art. 208. — Toutes les voitures seront pourvues de chasse-corps reconnus efficaces.

Girouette ou pavillon mobile. — Inscription à l'intérieur et à l'extérieur des voitures. — Art. 209. — Les voitures de tramways porteront à l'extérieur :

1° A l'arrière, sur une girouette ou pavillon mobile, l'indication des points de départ et d'arrivée ;

2° Sur les bandeaux latéraux, l'indication des principaux points intermédiaires ou localités desservies ;

3° Sur un point extérieur, suffisamment apparent, le nom de la Compagnie.

Indication du numéro, du nombre et du prix des places de la voiture et du genre des classes. — Art. 210. — Le numéro et le nombre des places de la voiture seront indiqués sur le tableau du tarif prescrit par l'art. 219.

Ce tableau portera, en outre, l'indication du nom ou des initiales de la Compagnie.

Le numéro, le nombre et le prix des places et le genre des classes seront répétés à l'extérieur des voitures de tramways.

Numérotage. — Estampillage. — Art. 211. — Les voitures seront numérotées et estampillées.

Le mode de ce numérotage et toutes les opérations qui y sont relatives sont fixés par les arrêtés spéciaux.

Les numéros seront constamment maintenus en bon état ; ils seront toujours parfaitement visibles.

Permis de circulation. — Laissez-passer de l'administration des Contributions indirectes. — Permis de stationnement. — Art. 212. — Aucune voiture ne pourra être mise en service qu'en vertu d'un permis de circulation indiquant le numéro et le nombre des places de la voiture.

Les permis de circulation seront délivrés par nous, sur la proposition du service du Contrôle et sur l'avis de la Commission spéciale d'examen des voitures de tramways.

Lorsque l'une de ces voitures sera retirée du service, le permis de circulation sera immédiatement rapporté à la préfecture de Police.

La remise en circulation sur une ligne de tramways d'une voiture dont l'interdiction aura été prononcée, ou qui aura été retirée de la circulation à la suite d'avaries graves, ne pourra avoir lieu que sur la délivrance d'un nouveau permis et après nouvel examen.

Toutes les voitures en service seront pourvues d'un permis de circulation, d'un laissez-passer délivré par l'administration des Contributions indirectes ; elles devront également porter l'estampille de la préfecture de la Seine répondant au permis de stationnement.

Augmentation ou réduction du nombre des voitures. — Transfert d'une ligne à l'autre des numéros de police. — Art. 213. — Le nombre des voitures affectées à chaque ligne ne pourra être augmenté ni réduit sans autorisation.

Il est expressément défendu de transférer d'une ligne à l'autre les numéros de police des voitures.

Visite générale. — Art. 214. — Les compagnies seront tenues de présenter à la visite générale, chaque fois que l'Administration le jugera nécessaire, les voitures, les chevaux et les harnais.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Annonces. — Art. 215. — Aucune annonce ou réclame d'intérêt privé ne pourra être inscrite ou placardée, ni à l'intérieur ni sur les glaces des voitures, sans notre autorisation.

Aucun numéro autre que celui d'ordre ou de police, aucune affiche autre que celles relatives au service, ne pourront être apposées à l'extérieur.

Accidents. — Art. 216. — En cas d'accident, avis en sera immédiatement envoyé, par les soins des agents des compagnies par les voies les plus rapides, à notre Préfecture, à l'ingénieur en chef, à l'ingénieur et à l'inspecteur du Contrôle.

Stationnement des voitures. — Art. 217. — Il ne pourra y avoir en station un plus grand nombre de voitures que celui qui aura été autorisé.

Sur les emplacements réglementaires, toute voiture devra être gardée, à moins qu'il n'y existe des chaînes de sûreté pour attacher les chevaux de la première voiture.

Arrêt des voitures. — Art. 218. — En exécution des clauses des cahiers de charges, les tramways à traction de chevaux s'arrêteront en pleine voie pour prendre ou laisser des voyageurs sur tous les points du parcours.

Les arrêts en pleine voie ne pourront avoir lieu sur les points indiqués à l'article 11 de la présente ordonnance.

Tarifs. — Horaires. — Tableaux indicatifs. — Art. 219. — Des tableaux imprimés, revêtus de l'estampille de la préfecture de Police, indiqueront, pour chaque ligne, les heures des premiers et des derniers départs ainsi que les intervalles moyens entre les départs. Ces tableaux seront affichés dans les voitures et dans les bureaux desservant les lignes auxquelles ils s'appliquent.

Avis relatif à l'usage des correspondances. — Art. 220. — Un avis imprimé indiquant les différentes lignes correspondant entre elles et la marche à suivre pour faire usage des correspondances sera constamment affiché dans les bureaux.

Un avis imprimé indiquera dans chaque voiture les différentes lignes en correspondance avec ladite voiture.

Chevaux impropres au service. — Art. 221. — L'usage des chevaux atteints de maladies ou d'infirmités qui les rendraient impropres au service est formellement interdit.

Nombre de préposés à la conduite des voitures. — Art. 222. — A moins d'autorisation spéciale, il y aura pour chaque voiture un cocher et un receveur.

Bureaux. — Art. 223. — Aucun bureau de station, de contrôle ou de correspondance ne sera ouvert sur le parcours des itinéraires sans notre autorisation.

Ces bureaux et leurs abords seront tenus dans un état constant de propreté.

Limites. — Art. 224. — Les points de la voie publique à partir desquels les receveurs ne pourront plus admettre, à Paris, de voyageurs dans leurs voitures, aux abords des bureaux, seront fixés par décisions spéciales et affichés à l'intérieur des bureaux.

Numéros d'ordre pour l'admission dans les voitures. — Art. 225. — Tous les bureaux de départ ou de station seront pourvus de numéros d'ordre pour l'admission des voyageurs dans les voitures.

Registre de plaintes. — Art. 226. — Dans chaque bureau il sera tenu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un registre coté et paraphé par nous, et destiné à recevoir les plaintes des personnes (voyageurs ou autres).

Ce registre sera représenté à toute réquisition du public et des agents de l'autorité.

Une enquête sera immédiatement ouverte par les compagnies de tramways au sujet de chaque plainte et le résultat en sera transmis directement, ainsi que copie de la plainte, à la préfecture de Police.

Le rapport d'enquête mentionnera également la peine disciplinaire infligée, le cas échéant, à l'agent signalé, mais l'Administration se réserve de reviser, s'il y a lieu, les décisions prises à ce sujet par les compagnies et d'aviser ensuite les voyageurs de la suite donnée à leurs plaintes.

Le registre de plaintes sera communiqué, en outre, à toute réquisition des agents du Contrôle.

2° Obligations imposées aux compagnies

Déclarations de service. — Art. 227. — Les compagnies concessionnaires de lignes de tramways devront déclarer à la préfecture de Police, chaque fois qu'il y aura lieu :

1° Le nombre et la situation de leurs dépôts;

2° Chacune des voitures qu'elles voudront mettre en circulation ;

3° Le nombre des places que contiendront les voitures, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur;

4° Les emplacements et bureaux d'où partiront les voitures, soit à Paris, soit dans les communes du ressort de la préfecture de Police;

5° Les itinéraires à suivre;

6° Les localités desservies par leurs voitures;

7° Le tarif du transport des voyageurs ;

8° Les heures de départ et d'arrivée des voitures, ainsi que les intervalles à observer entre les départs.

Propositions de service. — Art. 228. — Les compagnies seront tenues de soumettre à l'Administration leurs propositions relatives à l'exploitation, dans le délai qui sera fixé par nous, faute de quoi il sera statué directement.

S'il y a lieu de modifier ces propositions et sauf le cas d'urgence, les compagnies seront entendues avant la prescription des modifications dont il s'agit.

Personnel employé par les compagnies. — Art. 229. — Les compagnies ne pourront employer que des contrôleurs, cochers et receveurs pourvus d'une autorisation délivrée par nous.

Avant d'engager à leur service l'un de ces employés, les compagnies devront retirer, à la préfecture de Police, son autorisation.

Lorsque ces employés cesseront leur service, les compagnies rapporteront, dans les vingt-quatre heures, leur autorisation à la préfecture de Police.

Il est formellement interdit d'employer un contrôleur, un cocher ou un receveur auquel l'autorisation aurait été retirée.

Registre d'inscription des contrôleurs, cochers et receveurs. — Art. 230. — Les compagnies inscriront sur un registre spécial : les noms, prénoms et domiciles de leurs contrôleurs, cochers et receveurs, ainsi que le numéro de leur inscription à la préfecture de Police. Elles y inscriront chaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jour, le numéro de la voiture dont la conduite ou la surveillance aura été confiée, même temporairement, à chaque cocher et receveur.

Ce registre devra être tenu constamment à jour, il sera représenté :

1° Dans les dépôts, à toute réquisition des agents de l'autorité ou du contrôle ;

2° Au bureau d'attributions, aux fins de vérification, à toute injonction émanée de l'Administration.

Les compagnies devront conserver ce registre au moins pendant une année, à compter du jour de la dernière inscription.

Règlements du service intérieur.. — Art. 231. — Les compagnies soumettront à notre approbation les règlements du service intérieur relatifs à l'exploitation de leurs réseaux de voies ferrées.

Dépots des objets trouvés. — Art. 232. — Les compagnies devront veiller à ce que les objets trouvés dans les voitures soient déposés à la préfecture de Police, dans les quarante-huit heures.

. . . . . .

TITRE V. — VOITURES A TRACTION MÉCANIQUE

Chapitre Ier. — Tramways

§ 1. — Voie. — Matériel.

Entretien de la voie et du matériel. — Art. 293. — L'exploitation des lignes de tramways à traction mécanique est assujettie aux conditions suivantes, pour les sections comprises dans le ressort de la préfecture de Police.

La voie ferrée et tout le matériel servant à l'exploitation seront constamment maintenus dans un bon état d'entretien et de propreté, de manière que la circulation soit toujours facile et sûre.

Sécurité de la circulation. — Art. 294. — Les compagnies seront tenues de prendre, à leurs frais, partout où la nécessité en sera reconnue par nous, sur l'avis du Contrôle et eu égard au mode d'exploitation employé, les mesures nécessaires pour assurer la liberté et la sécurité du passage des voitures et des trains sur la voie ferrée et celle de la circulation ordinaire sur les routes et chemins que suit ou traverse la voie ferrée.

Signaux. — Eclairage des travaux. — Art. 295. — Lorsqu'un atelier de réparation sera établi sur une voie, des signaux devront indiquer si l'état de la voie ne permet pas le passage des voitures ou des trains ou s'il suffit de ralentir la marche.

Toute fouille restant ouverte et tout dépôt de matériaux sur la voie ferrée seront éclairés et gardés au besoin pendant la nuit.

Interruption du service. — Transbordement. — Art 296. — En cas d'interruption de la voie ferrée pour une cause quelconque, les compagnies pourront être tenues de rétablir provisoirement les communications, soit en déplaçant momentanément leurs voies, soit en empruntant, pour la traversée de l'obstacle, des voitures ordinaires.

Matériel roulant. — Gabarit. — Art. 297. — Le matériel roulant qui sera mis en circulation sur les tramways à traction mécanique devra passer librement dans le gabarit dont les dimensions sont fixées conformément aux clauses des cahiers de charges annexés aux décrets de concession.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dimensions du matériel roulant. — Art. 298. — La largeur des locomotives et des caisses de véhicules ainsi que leur chargement ne peut excéder ni deux fois et demie la largeur de la voie, ni la cote maximum de deux mètres quatre-vingt centimètres (2^m,80) et la largeur extrême occupée par le matériel roulant, y compris toutes saillies, notamment celle des lanternes et des marchepieds latéraux, ne peut dépasser la largeur des caisses augmentée de trente centimètres (0^m,30).

La hauteur du matériel roulant et de son chargement ne peut excéder quatre mètres vingt centimètres (4^m,20) pour la voie de un mètre quarante-quatre centimètres.

Le matériel roulant sera construit de telle sorte qu'il reste un intervalle libre d'au moins cinquante centimètres dans l'entre-voie entre les parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent dans les parties à deux ou plusieurs voies.

Autorisation. — Art. 299. — Aucune machine, remorqueuse ou automobile, et aucune voiture d'attelage ne peuvent être mises ou maintenues en circulation sur les lignes de tramways sans une autorisation délivrée par nous, sur la demande des compagnies. Cette autorisation peut, à toute époque, être révoquée par nous, sur la proposition des ingénieurs du Contrôle des tramways.

Les compagnies intéressées seront toujours entendues.

Demandes d'autorisation. — Art. 300. — La demande en autorisation prévue à l'article précédent sera établie en double expédition, dont une sur papier timbré.

Elle devra faire connaître :

1° Les principales dimensions et le poids du véhicule, le poids de ses approvisionnements et la charge maximum par essieu ;

2° La description du système moteur, la spécification des matières productrices de l'énergie et de leurs conditions d'emploi, la définition des organes d'arrêt et d'avertissement ;

3° Les noms et domiciles des constructeurs du véhicule, des appareils moteurs, et des organes d'arrêt ;

4° Les épreuves et vérifications auxquelles ont pu être soumises les différentes parties de cet ensemble ;

5° Le numéro distinctif du véhicule ;

6° La ligne à laquelle il sera affecté ;

7° Le lieu du dépôt ou de la remise.

La demande sera accompagnée des dessins complets du véhicule, du système moteur et des appareils d'arrêt.

Examen et réception des appareils. — Art. 301. — Cette demande sera communiquée à l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées du département de la Seine, chargé du contrôle des tramways.

Ce chef de service visitera ou fera visiter le véhicule aux fins de s'assurer notamment s'il satisfait aux conditions de construction ci-après indiquées et si son emploi n'offre aucune cause particulière de danger.

Il procédera ou fera procéder à une ou plusieurs expériences, pour apprécier le fonctionnement du moteur et vérifier directement l'efficacité des appareils d'arrêt.

L'ingénieur en chef du Contrôle devra s'assurer que les véhicules sont dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posés de telle sorte que leur circulation sur les voies qu'ils sont appelés à suivre, ne puisse pas devenir une cause de danger pour la circulation en général, ni de détérioration pour les ouvrages dépendant desdites voies ou pour les voies elles-mêmes.

Conditions d'autorisation. — Art. 302. — L'autorisation déterminera les conditions particulières auxquelles les compagnies seront soumises, sans préjudice de l'obligation de se conformer aux règlements d'administration publique, aux prescriptions de la présente ordonnance qui leur sont applicables et à tous les autres règlements intervenus ou à intervenir.

Livret d'autorisation. — Art. 303. — L'autorisation sera délivrée sur un livret spécial, contenant par extrait le texte de la présente ordonnance.

Transfert. — Modifications. — Art. 304. — En cas de transfert d'une machine d'une compagnie à l'autre, d'inexécution des épreuves ou vérifications prescrites par les règlements, ou de changements relatifs aux énonciations de l'autorisation, cette dernière est caduque de plein droit et le véhicule ne peut être maintenu en service sans nouvelle autorisation.

§ 2. — Machines

A. — *Dispositions générales.*

Construction. — Art. 305. — Les machines remorqueuses ou automobiles, de tout système de traction mécanique, seront construites suivant les règles de l'art ; elles ne devront, selon l'espèce, donner aucune mauvaise odeur ou répandre sur la voie publique, ni flammèches, ni escarbilles, ni cendre, ni fumée, ni eau, ni huile ou graisse, ni aucun produit pouvant causer une explosion.

Les chaudières, les réservoirs, tuyaux et pièces quelconques destinés à renfermer des produits explosibles ou inflammables, seront construits et entretenus de manière à offrir, à toute époque, une étanchéité absolue.

Il ne pourra être fait usage d'aucun appareil dans lequel une fuite suffirait à créer un danger imminent d'explosion.

Chaque machine devra porter le nom et les initiales des compagnies, ainsi qu'un numéro d'ordre et un numéro de police.

Ces indications seront placées d'une manière apparente de chaque côté de la machine.

Pour les machines à vapeur, le numéro d'ordre sera répété sur une médaille spéciale voisine de la médaille du timbre du générateur.

Les types des machines, remorqueurs ou automobiles, leur poids et leur maximum de charge par essieu, le rayon minimum des courbes dans lesquelles ces voitures devront pouvoir circuler facilement, seront approuvés par nous, sur l'avis des ingénieurs du Contrôle, eu égard aux besoins de l'exploitation ou de la circulation et à la nature ainsi qu'à l'état de la voie.

Freins. — Art. 306. — Les machines, remorqueuses ou automobiles, seront pourvues de freins assez puissants pour que, lancées sur une pente de deux centimètres par mètre, avec une vitesse de vingt kilomètres à l'heure, elles puissent être arrêtées, sans le secours des freins des voitures remorquées, sur un espace de vingt mètres au plus.

Les trains seront munis de freins agissant sur tous les essieux et pouvant être manœuvrés de deux manières indépendantes l'une de l'autre, savoir :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° par le mécanicien ou son aide au moyen d'un appareil continu ; 2° pour chaque véhicule, au moyen de commandes placées à la portée des agents de ces voitures.

Le frein continu devra être exempt de tout danger de raté, quelle que soit la température.

Les freins seront toujours maintenus en parfait état. Ils seront disposés de manière à toujours être actionnés instantanément à un moment quelconque.

Les machines, remorqueuses ou automobiles, seront pourvues de moyens nécessaires pour maintenir le frottement sur les rails, quel que soit l'état de ces derniers, à une valeur suffisamment élevée pour que les conditions d'arrêt exigées par le présent article soient remplis en toutes circonstances, même en cas de dérive.

Installation des dispositifs de sécurité. — Art. 307. — Tous les organes nécessaires au bon fonctionnement pour la marche et pour l'arrêt de la machine, l'avertisseur ainsi que le tube indicateur en verre du niveau de l'eau des machines à vapeur, seront disposés de façon que le mécanicien, le chauffeur ou l'aide-mécanicien puisse les manœuvrer ou les consulter facilement sans cesser de surveiller la voie en avant de la machine.

Les appareils à consulter seront éclairés pendant la nuit.

Chasse-corps. — Art. 308. — Toutes les machines, toutes les voitures d'attelage, toutes les automobiles et tous les remorqueurs seront pourvus de chasse-corps reconnus efficaces.

Mode de fonctionnement. — Art. 309. — Le fonctionnement des appareils à moteur mécanique doit être de nature à ne pas incommoder les riverains ou les piétons et à ne pas effrayer les chevaux, soit par les vapeurs ou fumées émises, soit par les bruits produits, soit par toute autre cause.

Entretien. — Visites périodiques. — Art. 310. — Les divers appareils à vapeur, chaudières, véhicules à moteur mécanique et leurs organes, les différents appareils de sûreté, les chasse-corps, les freins et leur système de commande ainsi que les essieux seront constamment entretenus en bon état de service.

A cet effet, les compagnies devront faire procéder à des intervalles rapprochés et par des personnes compétentes, à des visites complètes, tant intérieures qu'extérieures, et les réparations nécessaires seront exécutées conformément aux règles de l'art.

Les mentions de visites seront signées par la personne qui y aura procédé.

Ces visites et ces réparations seront inscrites en détail sur le livret spécial spécifié à l'article 303 et qui sera présenté à toutes réquisitions de l'Administration ou du Contrôle.

État de service des véhicules. — Art. 311. — Il sera tenu des états de service pour toutes les machines, remorqueuses ou automobiles.

Ces états seront inscrits sur le livret d'autorisation.

Ce livret devra être constamment à jour et indiquer la date de la mise en service des machines, le travail qu'elles ont accompli, les réparations ou modifications qu'elles ont reçues et le renouvellement de leurs diverses pièces, enfin les avaries qu'elles ont subies et les causes qui les ont fait retirer de la circulation.

Sur ce même livret, il sera tenu, en outre, pour les essieux desdites machines, remorqueuses ou automobiles, un état spécial sur lequel, à côté du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

numéro d'ordre de chaque essieu, seront inscrits sa provenance, la date de sa mise en service, l'épreuve qu'il peut avoir subie, son travail, ses accidents et ses réparations ; à cet effet, le numéro d'ordre sera poinçonné sur chaque essieu.

Les états mentionnés aux deux paragraphes ci-dessus seront représentés, à toute réquisition, aux ingénieurs et fonctionnaires chargés de la surveillance et du contrôle de l'exploitation des tramways.

Conduite des véhicules. — Art. 312. — Les machines remorqueuses ou automobiles, devront être desservies par un nombre d'agents suffisant pour la manœuvre des divers appareils et notamment des freins.

Ce nombre sera déterminé par nous pour chaque type de machines, remorqueuses ou automobiles, en tenant compte des dispositions spéciales qu'il présente.

Permis de circulation. — Laissez-passer. — Permis de stationnement. — Art. 313. — Aucune voiture d'attelage, aucune machine remorqueuse ou automobile, ne pourront être mises en service qu'en vertu d'un permis de circulation indiquant le numéro et, s'il y a lieu, le nombre des places du véhicule.

Les permis de circulation seront délivrés par nous, sur la proposition du service du Contrôle et sur l'avis de la Commission spéciale d'examen des voitures de tramways.

Lorsque l'une quelconque de ces voitures sera retirée du service, le permis de circulation sera immédiatement rapporté à la Préfecture de police.

La remise en circulation sur une ligne de tramways d'une voiture d'attelage, d'une machine, remorqueuse ou automobile, dont l'interdiction aura été prononcée ou qui aura été retirée de la circulation à la suite d'avaries graves, ne pourra avoir lieu que sur la délivrance d'un nouveau permis et après nouvel examen.

Toutes les voitures d'attelage et toutes les automobiles en service seront, en outre, pourvues d'un laissez-passer délivré par l'Administration des Contributions indirectes ; elles devront également porter l'estampille de la Préfecture de la Seine répondant au permis de stationnement.

Nombre de véhicules en service. — Transfert d'une ligne à l'autre des numéros de police. — Art. 314. — Le nombre des machines, remorqueuses ou automobiles, ou des voitures d'attelage ne pourra être augmenté ni réduit sans notre autorisation.

Il est expressément défendu de transférer d'une ligne à l'autre les numéros de police des voitures ou des machines.

Machines et voitures de secours ou de réserve. — Voitures d'agrès. — Secours en cas d'accident. — Art. 315. — Dans chaque dépôt, une machine ou une voiture dite de secours ou de réserve, pourvue de l'autorisation réglementaire, sera toujours entretenue sous pression et prête à partir pour remplacer immédiatement une des machines ou voitures en service qui se trouverait momentanément hors d'état de circuler.

En outre, une voiture chargée de tous les agrès et outils nécessaires sera toujours prête à partir en cas d'accident.

Chaque train sera muni des outils les plus indispensables.

Dans les bureaux de station désignés par nous, sur la proposition du ser-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vice du Contrôle, les compagnies entretiendront des médicaments et les moyens de secours en cas d'accident.

Accidents. — Art. 316. — En cas d'accident de personnes, d'accident matériel important ou d'explosion quelconque, avis en sera immédiatement, et par les voies les plus rapides; envoyé, par les soins des compagnies ou de leurs agents, à notre Préfecture à l'ingénieur en chef, à l'ingénieur et à l'inspecteur du Contrôle

L'appareil avarié ainsi que ses fragments ou pièces ne seront déplacés qu'en cas de force majeure ou de concert avec le commissaire de police et ne seront pas dénaturés avant la clôture des enquêtes qui pourront être ordonnées.

B. *Dispositions spéciales pour les machines à vapeur et à foyer.*

Construction. — Art. 317. — Les appareils à vapeur affectés au service des tramways seront construits conformément aux règles de l'art ; ils devront satisfaire aux prescriptions des art. 7, 8, 9, 11 et 15 de l'ordonnance réglementaire du 15 novembre 1846 et pour ce qui concerne spécialement leur générateur aux dispositions du décret du 30 avril 1880.

Appareils d'alimentation. — Soupapes. — Art. 318. — Les générateurs de vapeur seront pourvus de deux appareils d'alimentation dont un, au moins, indépendant de la machine, et toujours approvisionnés d'une quantité d'eau suffisante.

Les soupapes de sûreté, chargées par des ressorts, devront être munies de bagues d'arrêt, empêchant de tendre ces ressorts au delà de la limite correspondant à la pression du timbre.

Mode de chauffage. — Art. 319. — Les machines à vapeur seront exclusivement chauffées avec du coke ne dégageant pas d'émanations nuisibles.

Approvisionnement. — Nettoyage des grilles. — Art. 320. — Tout arrêt est interdit dans le parcours pour prendre de l'eau ou du combustible.

Le nettoyage des grilles ne pourra jamais être effectué sur la voie publique.

Toutes les précautions seront prises aux terminus pour que l'approvisionnement d'eau et de combustible et le nettoyage des grilles soient faits sans salir aucunement la voie publique.

C. — *Dispositions spéciales pour les machines à eau surchauffée.*

Construction. — Art. 321. — Les machines à eau surchauffée seront construites sur un modèle approuvé par nous.

Elles devront satisfaire, pour leur générateur, aux dispositions de l'article 33 du décret du 30 avril 1880.

Timbre. — Art. 322. — Les récipients d'eau surchauffée seront timbrés conformément aux prescriptions du même décret.

D. — *Dispositions pour les machines à air comprimé.*

Construction. — Art. 323. — Les machines à air comprimé seront construites sur un modèle approuvé par nous.

Épreuves. — Art. 324. — Les machines à air comprimé seront soumises à des épreuves hydrauliques effectuées avec un tiers de suppression, le taux au-dessus du timbre ne pouvant dépasser 10 kilogrammes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les réservoirs ne devront présenter, même à la première épreuve, aucun suintement ailleurs qu'aux assemblages, ni aucune déformation permanente appréciable.

Ces épreuves seront constatées par un représentant du service du Contrôle des tramways.

Elles seront renouvelées tous les cinq ans pour les bouillottes ou réservoirs contenant, outre l'air comprimé, de l'eau chaude ou de la vapeur d'eau et, tous les dix ans, pour les réservoirs ne contenant que de l'air comprimé.

E. — *Dispositions spéciales pour les automobiles.*

Construction. — Art. 325. — Les automobiles devront être construites conformément aux prescriptions générales applicables aux machines de toute espèce et aux dispositions spéciales prévues pour les machines de même genre. Elles présenteront à toute époque de leur service toutes les conditions de sécurité, de commodité et de propreté désirables.

Les automobiles à foyer ou à réservoirs d'eau chaude devront avoir entre le foyer, la chaudière ou les réservoirs d'eau chaude, d'une part, et les places de voyageurs d'autre part, des espaces qui renfermeront, soit de l'air en communication constante et largement assurée avec l'atmosphère, soit des matières calorifuges ; — les dimensions de ces espaces seront suffisantes pour éviter toute transmission de la chaleur des divers éléments de la machine aux places occupées par les voyageurs.

La fermeture des caisses d'accumulateurs électriques qui pourraient être installées sous les banquettes sera absolument hermétique, de manière à éviter toute projection de liquides corrosifs hors des caisses ainsi que tout dégagement d'odeurs susceptibles d'incommoder les voyageurs.

L'automobile sera disposée, autant que possible, de façon à permettre au receveur, en cas de besoin, de se rendre facilement à la plateforme avant ou tout au moins de manœuvrer, de l'intérieur de la caisse de l'automobile, les organes mis à la disposition du mécanicien pour conduire ou arrêter.

Dans tous les cas, des dispositifs spéciaux seront installés à portée immédiate de la place habituelle qu'occupera le receveur donnant à celui-ci le moyen d'arrêter l'automobile, même en dérive, sans le secours du mécanicien ou des appareils de ce dernier. Ces dispositifs comprendront notamment des commandes directes des freins, sablières, cales, patins, etc., et, s'il y a lieu, selon le type de l'automobile, un interrupteur destiné à faire cesser l'arrivée, soit de la vapeur sur les cylindres, soit du courant électrique sur les moteurs.

Conduite. — Art. 326. — Chaque automobile sera conduite, selon l'espèce, par un mécanicien ou par un conducteur agréé par nous, sur la proposition de l'ingénieur en chef du Contrôle des tramways.

Elle sera placée sous la surveillance d'un receveur qui, après examen subi devant un représentant du service du Contrôle, aura été reconnu, par nous, capable de produire l'arrêt et de conduire l'automobile en cas de nécessité.

§ 3. — **Voitures d'attelage.**

Construction. — Art. 327. — Il est interdit de mettre ou de maintenir en circulation des voitures d'attelage ou des automobiles dont les caisses ne réuniraient pas toutes les conditions de sûreté, de commodité et de propreté désirables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les voitures d'attelage et les caisses des automobiles devront satisfaire aux prescriptions des articles 8, 9, 11, 13, 14 et 15 de l'ordonnance réglementaire du 15 novembre 1846.

Elles seront suspendues sur ressorts et pourront être à deux étages.

L'étage inférieur sera complètement couvert, garni de banquettes avec dossiers, fermé à glaces, au moins pendant l'hiver, muni de rideaux et éclairé pendant la nuit ; l'étage supérieur sera garni de banquettes avec dossiers ; on y accédera au moyen d'escaliers qui seront munis, ainsi que les couloirs latéraux donnant accès aux places, de garde-corps solides d'au moins $1^{m},10$ de hauteur effective.

Les dossiers et les banquettes seront inclinés et les dossiers seront à la hauteur des épaules des voyageurs.

Il pourra y avoir des places de plusieurs classes ; la disposition de chaque classe sera conforme à nos prescriptions.

Ces voitures seront munies des estampilles de la préfecture de Police, des Contributions indirectes et, s'il y a lieu, de la préfecture de la Seine.

Couverture des impériales. — Art. 328. — Les impériales des voitures et des automobiles seront couvertes et protégées à l'avant et à l'arrière par des cloisons en tôle ou en bois.

Éclairage. — Art. 329. — Les automobiles et les voitures d'attelage seront pourvues d'appareils d'éclairage disposés de telle sorte que l'intérieur et l'impériale des véhicules soient convenablement éclairés.

Chauffage des voitures et des automobiles. — Art. 330. — Les charbons ou briquettes ne pourront être utilisés comme mode de chauffage des voitures ou des automobiles que si les appareils destinés à les contenir sont disposés de telle sorte que les gaz de la combustion se dégagent directement à l'extérieur.

Signal d'arrêt. — Art. 331. — Toutes les voitures toutes les automobiles seront munies d'un appareil spécial destiné à permettre au conducteur chef de train ou au receveur de donner au conducteur ou au mécanicien le signal d'arrêt.

Signal « complet ». — Art. 332. — A l'arrière des automobiles et des voitures s'arrêtant en pleine voie on installera un appareil dit « Complet » qui devra être éclairé pendant la nuit.

Girouette ou pavillon mobile. — Inscription à l'intérieur et à l'extérieur des voitures.—Art. 333.—Les voitures et les automobiles isolées porteront à l'extérieur :

1° A l'arrière, sur une girouette ou pavillon mobile, l'indication des points de départ et d'arrivée ;

2° Sur les bandeaux latéraux, l'indication des principaux points intermédiaires ou localités desservies ;

3° Sur un point extérieur suffisamment apparent, le nom de la Compagnie.

Numérotage. — Art. 334. — Les voitures d'attelage et les caisses des automobiles seront numérotées.

Le mode de ce numérotage et toutes les opérations qui y sont relatives sont fixés par les arrêtés spéciaux.

Les numéros seront constamment maintenus en bon état ; ils seront toujours parfaitement visibles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Annonces. — Art. 335. — Aucune annonce ou réclame d'intérêt privé ne pourra être inscrite ou placardée, ni à l'intérieur des automobiles ou des voitures, ni sur les glaces desdits véhicules, sans notre autorisation.

Aucun numéro autre que celui d'ordre ou de police, aucune affiche autre que celles relatives au service, ne pourront être apposées à l'extérieur.

§ 4. — Wagons et fourgons.

Construction. — Art. 336. — Les wagons ou fourgons destinés au transport des marchandises, des chevaux ou des bestiaux, les plateformes et en général toutes les parties du matériel roulant seront de bonne et solide construction et satisferont aux prescriptions des art. 8, 9 et 15 de l'ordonnance réglementaire du 15 novembre 1846.

§ 5. — Trains.

Vitesse. — Art. 337. — La vitesse des automobiles ou des trains de tramways sera fixée par nous. Elle ne devra, dans aucun cas, excéder vingt kilomètres à l'heure dans les parties hors traverses et douze kilomètres dans les traverses

Elle sera réduite à huit kilomètres dans les traverses :

1° A la descente des rampes dont la déclivité dépasse $0^{m},02$ par mètre.

2° A la traversée des croisements et au passage des bifurcations des lignes de tramways;

3° Au passage des aiguilles prises en pointe ;

4° Aux débouchés des voies publiques très fréquentées.

Ces derniers points de ralentissement seront fixés par des arrêtés spéciaux, les compagnies entendues.

La vitesse sera ramenée à 6 kilomètres à l'heure pour la traversée des portes de Paris soit à l'entrée, soit à la sortie, après l'arrêt qui aura eu lieu précédemment pour permettre aux employés d'octroi de visiter les voitures.

La vitesse des trains de marchandises circulant sur les lignes de tramways, pendant la nuit, ne pourra excéder, dans Paris, vingt kilomètres à l'heure.

Avant de traverser un croisement ou de passer sur une bifurcation de ligne de tramways à traction mécanique, toute automobile ou tout train de tramways devra effectuer un arrêt complet et ne reprendre sa marche que lorsque le mécanicien se sera assuré qu'il ne risque de prendre en écharpe aucun train de la ligne à croiser ou à emprunter.

Feux des trains et des voitures isolées. — Art. 338. — Toute voiture isolée ou tout train portera extérieurement un feu rouge à l'avant et un feu vert à l'arrière.

En outre de ces deux feux, les machines devront être pourvues d'appareils d'éclairage à réflecteurs qui seront disposés de manière à éclairer la voie en avant dans un champ suffisamment étendu pour permettre au mécanicien d'arrêter à temps en cas d'obstacle.

Les feux devront être allumés au coucher du soleil et ne pourront être éteints avant son lever.

Ils devront également être allumés en cas de brouillard ou d'obscurité accidentelle ne permettant pas de découvrir en avant du train sur une longueur de plus de 50 mètres.

Remorquage des trains. — Art. 339. — Les machines seront placées en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tête des trains. Il ne pourra être dérogé à cette disposition que pour les manœuvres à exécuter aux stations ou pour le cas de secours. Dans ces cas spéciaux la vitesse ne devra pas dépasser celle de l'homme au pas ; le train ou l'automobile sera précédé par un homme marchant à une dizaine de mètres en avant du train ou de l'automobile, mais en dehors des voies ; cet employé sera muni d'un fanion rouge ou d'une lanterne à feu rouge, de manière à pouvoir donner au mécanicien, en vue duquel il se tiendra, le signal d'arrêter si un obstacle se présente.

Les trains seront remorqués par une seule machine, sauf en cas d'accident.

Il est, dans tous les cas, interdit d'atteler simultanément plus de deux machines à un train ; la machine placée en tête réglera la marche du train, dont la vitesse ne devra jamais dépasser 10 kilomètres à l'heure dans le cas d'un double attelage.

Attaches et chaînes de sûreté. — Art. 340. — Les machines et voitures entrant dans la composition des trains seront liées entre elles par des attaches rigides, avec ressort et chaînes de sûreté.

Arrêts des trains ou des automobiles. — Art. 341. — En exécution des clauses des cahiers de charges, les tramways s'arrêteront en pleine voie pour prendre ou laisser des voyageurs sur tous les points du parcours ou seulement aux stations et aux haltes avec faculté de supprimer l'arrêt à ces dernières, s'il n'y a ni voyageur ni marchandise à prendre ou à laisser.

Les arrêts en pleine voie ne pourront avoir lieu sur les points indiqués à l'art. 11.

Gardiennage des voitures et des freins. — Art. 342. — En outre du mécanicien et du chauffeur ou aide-mécanicien, chaque train sera accompagné hors Paris du nombre de conducteurs, garde-freins qui sera jugé nécessaire ; il y aura, d'ailleurs, sur la dernière voiture un conducteur qui sera mis en communication avec le mécanicien.

Dans Paris, il y aura sur chaque voiture du train un conducteur garde-frein mis en communication avec le mécanicien ; l'un des conducteurs du train aura autorité sur les autres et sera seul chargé de donner le signal du départ.

§ 6. — Dispositions diverses

Bureaux. — Art. 343. — Aucun bureau de station, de contrôle ou de correspondance ne sera ouvert sur le parcours des itinéraires sans notre autorisation.

Les bureaux seront tenus, ainsi que leurs abords, dans un état constant de propreté.

Registre de plaintes. — Art. 344. — Dans chaque bureau, il sera tenu un registre coté et paraphé par nous, et destiné à recevoir les plaintes des personnes (voyageurs ou autres).

Ce registre sera représenté à toute réquisition du public et des agents de l'autorité.

Une enquête sera immédiatement ouverte par les compagnies au sujet de chaque plainte et le résultat en sera transmis directement, ainsi que le relevé de la plainte, à la préfecture de Police.

Le rapport d'enquête mentionnera également la peine disciplinaire infligée, le cas échéant, à l'agent signalé, mais sous la réserve pour l'Administration

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de reviser, s'il y a lieu, les décisions prises à ce sujet par les compagnies et d'aviser ensuite les plaignants de la suite donnée à leurs plaintes.

Le registre de plaintes sera communiqué, en outre, à toute réquisition des agents du Contrôle.

Numéros d'ordre pour l'admission dans les voitures. — Art. 345. — Dans les bureaux de départ ou de station, il sera remis par les contrôleurs à chaque voyageur, sur sa demande, un numéro indicatif de l'ordre dans lequel il devra être admis dans les voitures.

Avis relatif à l'usage des correspondances. — Art. 346. — Un avis imprimé, indiquant les différentes lignes correspondant entre elles et la marche à suivre pour faire usage des correspondances, sera constamment affiché dans les bureaux.

Un avis imprimé indiquera dans chaque voiture les différentes lignes en correspondance avec ladite voiture.

Indication du numéro, du nombre et du prix des places de la voiture, du genre de classe et du tarif de transport des bagages. — Art. 347. — Le numéro de la voiture, le nombre et le prix des places des voyageurs, ainsi que le tarif des bagages, seront indiqués sur un tableau spécial qui sera constamment affiché à l'intérieur des voitures.

Ce tableau, qui portera, en outre, l'indication du nom ou des initiales des compagnies, sera revêtu de l'estampille de la préfecture de Police.

Le numéro de la voiture, le nombre, le prix des places et le genre des classes seront répétés à l'extérieur des voitures et des automobiles.

Horaires. — Art. 348. — Les horaires à appliquer sur les lignes de tramways à traction mécanique seront fixés par des arrêtés spéciaux.

Des tableaux imprimés, revêtus de l'estampille de la préfecture de Police, indiqueront pour chaque ligne les heures des premiers et des derniers départs ainsi que les intervalles moyens entre les départs.

Ces tableaux seront constamment affichés dans les bureaux et les voitures desservant la ligne à laquelle ils s'appliquent.

Interruption du service. — Transbordement. — Art. 349. — En cas d'interruption de la voie ferrée pour une cause quelconque, les compagnies peuvent être tenues de rétablir provisoirement les communications, soit en déplaçant momentanément leurs voies, soit en employant pour la traversée de l'obstacle des voitures ordinaires.

Surveillance et police de la voie ferrée. — Agents assermentés. — Art. 350. — Les chefs de station ou contrôleurs, receveurs et inspecteurs au service des compagnies de tramways pourront être agréés par nous en qualité d'agents assermentés; ils pourront, dans ce cas, constater à l'égard des contrevenants les infractions en matière de tramways.

§ 7. — Dispositions spéciales de police et de sécurité

Art. 351. — En exécution de l'article 35 du décret du 6 août 1881, il est défendu à toute personne étrangère au service de la voie ferrée :

1° De déranger, altérer ou modifier, sous quelque prétexte que ce soit, la voie ferrée et les ouvrages qui en dépendent ;

2° De stationner sur la voie de fer ou d'y faire stationner des voitures;

3° D'y laisser séjourner des chevaux, bestiaux ou animaux d'aucune sorte;

4° D'y jeter ou déposer aucuns matériaux ni objets quelconques;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° D'emprunter les rails de la voie ferrée pour la circulation des voitures étrangères au service.

Art. 352. — Conformément aux dispositions de l'article 36 du même décret, il est défendu aux voyageurs :

1° D'entrer dans les voitures ou d'en sortir pendant la marche et autrement que par la portière réservée à cet effet ;

2° De passer d'une voiture dans une autre, de se pencher en dehors et de stationner debout sur les impériales pendant la marche.

L'entrée des voitures est interdite :

1° A tout individu en état d'ivresse ;

2° A tous individus porteurs de paquets qui, par leur nature, leur volume ou leur odeur, pourraient salir, gêner ou incommoder les voyageurs.

Aucun chien ne sera admis dans les voitures servant au transport des voyageurs ; toutefois la compagnie pourra placer dans des compartiments spéciaux les voyageurs qui ne voudraient pas se séparer de leurs chiens, pourvu que ces animaux soient muselés.

Art. 353. — Aucune personne autre que le mécanicien, le chauffeur, l'électricien ou le conducteur ne pourra monter sur la machine ou la place réservée pour la conduite du véhicule, à moins d'une permission spéciale et écrite du directeur de la compagnie. Sont exceptés de cette interdiction les fonctionnaires chargés de la surveillance.

Art. 354 — Les compagnies ne pourront admettre dans les convois qui portent des voyageurs aucune matière offrant des dangers d'explosion ou d'incendie.

Art. 355. — Les personnes qui voudront expédier des marchandises considérées comme pouvant être une cause d'explosion ou d'incendie, d'après la classification des décrets en vigueur, devront en faire la déclaration formelle au moment où elles les livreront au service de la voie ferrée.

Les expéditeurs devront se conformer, en ce qui concerne l'emballage et les marques des colis dangereux, aux prescriptions des décrets précités.

§ 8. — Des obligations imposées aux compagnies

Déclarations de service. — Art. 356. — Les compagnies de tramways à traction mécanique devront déclarer à la préfecture de Police, chaque fois qu'il y aura lieu :

1° Le nombre et la situation de leurs dépôts ;

2° Chacune des voitures d'attelage et des machines, remorqueuses ou automobiles, qu'elles voudront mettre en circulation ;

3° Le nombre de places que contiendront, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur, les voitures ou automobiles ;

4° Les emplacements et bureaux d'où partiront les voitures, soit à Paris, soit dans les communes du ressort de la préfecture de Police ;

5° Les itinéraires à suivre ;

6° Les localités desservies par leurs voitures ;

7° Le tarif du transport des voyageurs et des bagages ;

8° Les heures de départ et d'arrivée des voitures, ainsi que les intervalles à observer entre ces départs.

Propositions de service. — Art. 357. — Les compagnies seront tenues de soumettre à l'Administration leurs propositions relatives à l'exploitation,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le délai qui sera fixé par nous, faute de quoi il sera statué directement.

S'il y a lieu de modifier ces propositions et sauf le cas d'urgence, les compagnies seront entendues avant la prescription de ces modifications.

Personnel employé par les compagnies. — Art. 358. — Les compagnies ne pourront employer que des chefs de station ou contrôleurs, conducteurs, receveurs, électriciens, mécaniciens, aides-mécaniciens et chauffeurs pourvus d'une autorisation délivrée par nous. Avant d'engager l'un de ces agents, elles devront retirer à la préfecture de Police son autorisation.

Lorsque l'un d'eux cessera son service, les compagnies rapporteront dans les vingt-quatre heures, son autorisation à la préfecture de Police.

Il est interdit d'employer un agent auquel l'autorisation aura été retirée.

Registre d'inscription du personnel. — Art. 359. — Les compagnies inscriront sur des registres spéciaux : les noms, prénoms et domiciles de leurs chefs de station ou contrôleurs, conducteurs, receveurs, mécaniciens, électriciens, chauffeurs ou aides-mécaniciens, ainsi que le numéro de leur inscription à la préfecture de Police.

Elles y inscriront, chaque jour, le numéro de la machine ou de la voiture dont la conduite ou la surveillance aura été confiée, même temporairement, à chaque mécanicien, électricien, conducteur, receveur, chauffeur ou aide-mécanicien.

Ces registres devront être tenus constamment à jour. Ils seront représentés :

1° Dans les dépôts, à toute réquisition des agents de l'autorité ou du Contrôle;

2° Au bureau d'attributions, lorsqu'il y aura lieu de procéder à une vérification, sur une injonction émanée de l'Administration.

Les compagnies devront conserver ces registres au moins pendant une année, à compter du jour de la dernière inscription.

Dépôt des objets trouvés. — Art. 360. — Les compagnies devront veiller à ce que les objets trouvés dans les voitures ou les automobiles soient déposés à la préfecture de Police dans les quarante-huit heures.

Règlement du service intérieur. — Art. 361. — Les compagnies soumettront à notre approbation les règlements du service intérieur relatifs à l'exploitation de leurs réseaux de voies ferrées.

§ 9. — Dispositions relatives aux contrôleurs ou chefs de station, mécaniciens, aides-mécaniciens, chauffeurs, conducteurs et receveurs.

. . . . . .

D. — *Dispositions spéciales aux mécaniciens, électriciens ou conducteurs de voitures à moteur mécanique.*

Conduite et surveillance de l'appareil moteur. — Art. 371. — Le mécanicien chargé de la conduite d'une machine à vapeur, d'une automobile, d'un remorqueur ou d'un véhicule à moteur mécanique devra, selon le genre d'appareil qu'il dirige, veiller à ce que toutes les parties de l'appareil moteur, les freins et les divers systèmes de commande des freins, soient en bon état et fonctionnent bien, à ce que les joints et la tuyauterie soient étanches et l'alimentation de la chaudière convenablement assurée et, enfin, à ce que les prescriptions relatives à la pression de la vapeur soient bien observées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

S'il a reconnu au départ ou en cours de route des défectuosités quelconques, il devra les mentionner sur le livret d'autorisation et en saisir immédiatement son chef hiérarchique.

Corne ou trompe. — Usage. — Art. 372. — Pendant le trajet, le mécanicien, l'électricien, ou le conducteur d'une voiture de tramways devra signaler l'approche du véhicule ou du train, au moyen d'une trompe, d'une corne ou de tout instrument du même genre, à l'exclusion des appareils qui feraient un bruit analogue à celui du sifflet à vapeur, afin que les piétons, ainsi que les charretiers et les conducteurs de voitures ou d'animaux, puissent se garer en temps utile.

Il donnera spécialement ce signal au croisement de toutes les voies très fréquentées.

Il ne devra, toutefois, en aucun cas, abuser du signal sonore.

Vitesse normale. — Ralentissements et arrêts. — Art. 373. — En marche, les mécaniciens, électriciens ou conducteurs se conformeront aux maxima de vitesse fixés par l'article 337 ; ils devront, d'autre part, réduire la vitesse au-dessous de ces maxima, si les circonstances l'exigent, en tenant compte des facultés d'arrêt dont ils disposent, de l'état des voies, des glissements possibles lors de l'arrêt et des conditions atmosphériques. Ils devront même arrêter leurs appareils ou leurs trains toutes les fois qu'ils verront soit des personnes en danger, soit des obstacles sur la voie, ou qu'ils s'apercevront que leur approche, en effrayant les chevaux ou autres animaux, peut occasionner des accidents ou être une cause de désordre.

Ils se conformeront, en outre, aux signaux de ralentissement ou d'arrêt qui leur seront faits par les gardiens et ouvriers de la voie, ou les agents de l'autorité ; ils ne devront reprendre la vitesse normale qu'après avoir acquis la certitude qu'ils peuvent le faire sans inconvénient.

Pour obtenir l'arrêt, ils devront se servir couramment du frein spécial dont ils disposent ; ils pourront, toutefois, se servir simultanément de tous les moyens d'arrêt mis à leur disposition.

Distance à observer entre les trains ou les voitures. — Art. 374. — Hors Paris, lorsque des trains ou des automobiles en marche tendront à rejoindre un train, une automobile ou une voiture qui les précède, les conducteurs, électriciens ou mécaniciens devront ralentir leur marche afin de conserver un intervalle d'au moins cent mètres entre l'automobile ou la machine qu'ils conduisent et le train ou la voiture qui les précédera.

Dans Paris, l'intervalle sera réduit à cinquante mètres entre les trains ou les voitures en marche et à dix mètres si le train ou la voiture qui précède est arrêté en station ; mais l'allure devra être ramenée à la vitesse du pas pour franchir les quarante mètres précédant cet arrêt provisoire.

Arrêt des voitures et des trains. — Démarrage. — Art. 375. — Les mécaniciens, électriciens et conducteurs de voitures à moteur mécanique s'arrêtant en pleine voie sont tenus d'arrêter le plus promptement possible, au signal qui leur sera donné par le receveur ou par le conducteur chef de train, toutes les fois qu'il y aura à prendre ou à déposer des voyageurs, ou à l'appel du public, à moins que les voitures ne soient complètes.

Ces temps d'arrêt devront s'effectuer de manière à ne pas gêner la circulation. Ils ne pourront avoir lieu sur les points mentionnés dans l'article 11 de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la présente ordonnance et ne dureront que le temps strictement nécessaire pour laisser monter ou descendre les voyageurs.

En cours de route ou aux stations, les agents ci-dessus désignés ne devront se remettre en marche que sur le signal des receveurs ou conducteurs chefs de trains.

Sur les lignes de tramways à points d'arrêt fixes, les mécaniciens, électriciens et autres conducteurs de voitures à moteur mécanique devront s'arrêter en ces endroits à moins qu'il n'y ait aucun voyageur à prendre ou à déposer ; ils ne pourront se remettre en marche que sur le signal du receveur ou du conducteur chef de train.

Dans tous les cas, le démarrage des véhicules devra se faire sans secousse ni recul.

. . . . . .

TITRE VI. — APPAREILS A VAPEUR

Fonctionnement. — Circulation. — Art. 383. — En attendant la réglementation générale en préparation : 1° sur le fonctionnement des appareils à vapeur sur la voie publique à Paris, et 2° la circulation ainsi que fonctionnement, dans Paris et dans le ressort de la préfecture de Police, des véhicules à moteur mécanique autres que ceux qui servent à l'exploitation des voies ferrées concédées, restent en vigueur les ordonnances des : 1° 3 janvier 1888 ; 2° 14 août 1893, qui règlent ces matières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE — TRAMWAYS

§ 1er. — La Voie.

CHAPITRE PREMIER

Historique des tramways

1. Tramways à voies de bois . 1
2. Premières voies de fer . . 2
3. Premiers tramways Anglais 3
4. Les premiers tramways en Amérique 4
5. Prix de revient des tramways aux États-Unis . . 5
6. Premiers tramways à Londres 6
7. Rail de Philadelphie . . . 6
8. Tramways modernes de Londres et de l'Angleterre 7
9. Les tramways en Belgique . 7
10. — de Vienne. . 7
11. — de Constantinople. 8
12. Tramways de Paris et banlieue. 8
13. Nomenclature des tramways Paris et de la Banlieue . 11
14. Débuts des tramways en province. 12

CHAPITRE II

Disposition générale des voies de tramways

15. Éléments des voies de tramways 14
16. Technologie 14
17. Différence entre un tramway et un chemin de fer sur routes 15
18. Conditions générales d'établissement d'une ligne. . 17
19. Voies américaines. . . . 18
20. Profil des rails 19
21. Attache des rails aux longrines 20

CHAPITRE III

Les différents systèmes de voies étrangères.

22. Systèmes de voies des premiers tramways de Liverpool 24
23. Modifications de M. Larsen à l'attache des rails. . . 26
24. Attache par crampons barbelés 27
25. Entretoise des London street Tramways 28
26. Voie d'Edimbourg 29
27. — de Dundee. 29
28. — de Wirral 29
29. Voies de Pimlico et Greenwich 30
30. Inconvénients des équerres 30
31. Voie de Glasgow 31
32 Nouvelle voie de Liverpool. 32
33. Voie de MM. Alfred et Spielmam 33
34. Voie de Livesay. 34
35. — Cockburn-Muir . . . 35
36 — Dowson. 36
37. — Kincaid. 36
38. — Barker 38
39. — Winby et Lewick . . 38
40. — Gowan 39
41. Prix de revient des voies en Angleterre 39
42. Résistance des rails anglais à la flexion. 40
43. Fondations et pavage. . . 41
44. Progrès dans la construction 42
45. Tramways de Liége . . . 42
46. Devis d'une voie en U sur longrines et traverses en bois 43
47. Devis d'une voie métallique 44

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV

Les voies actuelles de tramways

48. Première voie des tramways de la Compagnie des Omnibus de Paris 46
49. Devis de la voie Loubat. . 47
50. Voie des omnibus, à rail de 23 kilogr. 48
51. Voie de Constantinople . . 50
52. — de la Porte-Maillot . 50
53. — de l'Étoile à Suresnes 51
54. — des Tramways-Nord . 52
55. — — Sud . 53.
56. — Broca 54
57. — Demerbe 56
58. — de Versailles. . . . 56
59. — Marsillon 57
60. Premières voies du Havre, Nancy, etc.. 61
61. Voies de Nice, Rouen, Bordeaux. 62
62. Voies étrangères 63
63. Observations générales sur les voies. 65
64. Attache des rails 65
65. Inconvénients des traverses pour le pavage 65
66. Parallélisme des voies . . 66

CHAPITRE V

Le pavage des chaussées Prix de réfection

67. Nature et profil des chaussées 68
68. Chaussées pavées en pierres 69
69. Nature des pavés en pierres 70
70. Main-d'œuvre d'entretien . 71
71. Chaussées empierrées . . 72
72. Nature des matériaux d'empierrement 72
73. Main-d'œuvre d'entretien . 74
74. Chaussées asphaltées . 74
75. Préparation de l'asphalte . 75
76. Main-d'œuvre d'entretien . 75
77. Chaussées pavées en bois 77
78. Acquisition et préparation des bois 77
79. Main-d'œuvre du pavage en bois 80
80. Prix de réfection des chaussées 82

CHAPITRE VI

Établissement des voies de tramways

81. Disposition des voies . . . 86
82. Largeur des rues 86
83. Résistance au roulement dans les courbes. . . . 88
84. Courbes de raccordement . 90
85. Valeurs minima de l'angle et valeurs maxima du rayon aux croisements de deux chaussées 91
86. Largeur de l'ornière dans les courbes. 92
87. Minimum de rayon pour les courbes 93
88. Surhaussement du rail extérieur 94
89. Bifurcation 94
90. Aiguilles fixes 95
91. Aiguilles mobiles 97
92. Plaques de croisement . . 99
93. Raccordement des voies parallèles 100
94. Voies d'évitement 101
95. Disposition des voies d'évitement 102
96. Longueur d'un changement de voie 105
97. Terminus 105
98. Règles à suivre pour la pose d'un changement de voie. 106
99. Aiguille automat. Delettrez 107
100. Raquette des Omnibus . . 108
101. Plaque tournante Delettrez 109
102. Triangle américain . . . 111
103. Prix de revient des voies. . 111

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2. — Matériel et Traction.

CHAPITRE PREMIER

Les voitures et les cars des Compagnies de tramways françaises et étrangères

104. Classification des voitures de tramways 115
105. Voiture-tramway de la compagnie générale des Omnibus. 116
106. Cars à impériale de Copenhague. 117
107. Cars à impériale des Tramways-Sud 118
108. Cars à impériale des Tramways de Lyon. 119
109. Cars des tramways de Bordeaux. 120
110. Cars à impériale 121
111. Cars américains 121
112. — sans impériale des Tramways-Nord. 122
113. Cars de Montpellier . . . 123
114. — découverts de Madrid 123
115. — découverts syst. Suc 124
116. — des tramways de Caracas. 124
117. Accessoires des voitures. — Ressorts de suspension . 124
118. Attelages et ressorts de traction 126
119. Essieux et roues 126
120. Passage dans les courbes, syst. Larsen Cleminson . 127
121. Châssis. 128
122. Boîte à huile. 129
123. Frein américain. 129
124. — syst. Delettrez. . . 130
125. — restituteur 131
126. — Soulerin 131
127. Mise en train de Holt. . . 132
128. Aménagement intérieur des voitures. — Eclairage. . 132

CHAPITRE II

La traction par chevaux et les dépôts

129. Composition d'un dépôt. . 134
130. Ecuries. 135
131. Remises 136
132. Dépôts des réseaux Nord et Sud 137
133. Greniers à fourrages. . . 137
134. Infirmerie, maréchalerie, sellerie 137
135. Prix de revient des dépôts de tramways 138
136. Tableau de la composition et du prix de la ration, et de la valeur des fourrages en magasin à la compagnie des Omnibus . 140
137. Tableau de comparaison du rendement des lignes de tramways de la compagnie générale des Omnibus de Paris 142
138. Cavalerie des tramways de la compagnie des Omnibus 144
139. Liste des dépôts de tramways de la Compagnie des Omnibus. 145

CHAPITRE III

Généralités sur la traction mécanique

140. La traction mécanique à Paris. 147
141. Le Métropolitain de Paris . 152
142. Théorie de la traction mécanique. — L'adhérence . . 154
143. Coefficient de traction . . 155
144. Effort de traction calculé d'après l'adhérence. . . 156
145. Effort de traction calculé d'après les dimensions de la machine. 157
146. Relation entre l'adhérence et l'effort de traction . . 158
147. Coefficient de résistance sur les tramways. 160
148. Effort de traction sur les rampes 162
149. Vitesse des tramways . . 163
150. Traction animale et traction mécanique 163

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV

Les tramways à vapeur.

51. Théorie du générateur à vapeur Serpollet. 165
152. Description du générateur Serpollet 167
153. Derniers perfectionnements Serpollet 169
154. Automobile postale de la Compagnie du Nord. . . 177
155. Tramway à vapeur de Rowan 182
156. Tramways Rowan de Tours à Vouvray 185

CHAPITRE V

Tramways à traction par l'air comprimé.

157. Principe du système Mékarski 190
158. Usine centrale 191
159. Matériel roulant 192
160. Lignes des tramways Mékarski en fonctionnement. 194
161. Rendement du système Mékarski 197
162. Frais d'établissement d'une ligne 198
163. Frais d'exploitation . . . 201
164. Système Popp-Conti . . . 202
165. Description de la voiture . 202
166. Fonctionnement. 204
167. Comparaison entre les divers syst. à air comprimé. 207

CHAPITRE VI

Les tramways électriques à fil aérien.

168. Considérations générales. . 211
169. Historique 212
170. Système Thomson-Houston 215
171. Elektricitats Aktien Gesellschaft. 220
172. Siemens et Halske . . . 221
173. Allgemeine Elektricitats Gesellschaft 221
174. Les tramways électriques aux Etats-Unis 221
175. Tramways électriques système Walker. 227
176. Exploitation des tramways à fil aérien. 234
177. Frais de premier établissement 234
178. Frais d'entretien et d'exploitation. 239
179. Avantages et inconvénients de la traction par fil aérien 241

CHAPITRE VII

Tramways électriques à fil souterrain

180. Raisons d'être des canalisations souterraines . . . 246
181. Tramways de Blackpool (système Holroyd Smith) . . 247
182. Tramways de Budapest (système Siemens et Halske). 248
183. Système Claret-Vuilleumier 249
184. Transmissions du courant aux électromoteurs. . . 252
185. Distributeurs. 254
186. Voitures 256
187. Système Diatto. 257
188. Tramways à courants alternatifs 258
189. Tramways de Lovell. . . 260
190. — de Dublin . . 261
191. — de Lugano . . . 265
192. Systèmes divers. 271
193. Prix d'établissement et de revient 272

CHAPITRE VIII

Tramways électriques à accumulateurs.

194. Raison d'être des lignes de tramways à accumulateurs 274
195. Station centrale de chargement 275
196. Accumulateurs 276
197. Equipement et conduite des voitures. 279
198. Ligne de Birmingham . . 281
199. Tramways de la Madeleine à Courbevoie 282
200. Ligne de Mont-Vernon à New-York 289
201. Tramways électriques en Allemagne. 289
202. Frais de 1er établissement. 292
203. Frais d'exploitation . . . 293

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IX

Tramways à gaz et divers

204. Avantages des moteurs à gaz pour la traction . . 296
205. Tramways à gaz de Dresde 297
206. Tramways à gaz de la Compagnie des Omnibus . . 299
207. Calcul du rendement. . . 302
208. Locomotive sans foyer, à lessive de soude 305
209. Moteurs à ammoniaque . . 306
210. Tramways à moteurs à acide carbonique. 308

CHAPITRE X

Les tramways funiculaires

211. Tramways funiculaires ordinaires 309
212. Tramways à câbles . . . 309
213. Tramways à câbles américains de San-Francisco . 314
214. Tramways de Los Angeles. 316
215. Tramway funiculaire de Belleville 318
216. Frais d'exploitation du tramway de Belleville. . . . 321
217. Considérations générales sur les tramways funiculaires. 322
218. Tableau comparatif . . . 326

CHAPITRE XI

Exploitation des lignes de tramways à traction animale et à traction mécanique.

219. Tarifs, modes de perception, contrôle. 327
220. Nombre de voitures nécessaires 328
221. Nombre de chevaux . . . 328
222. Parcours journalier des chevaux. 329
223. Dépenses d'entretien, de voitures. 329
224. Evaluation des dépenses . 330
225. Harnais 330
226. Tableau des lignes en bénéfice 331
227. Tableau des lignes en perte (traction animale). . . . 332
228. Traction mécanique . . . 332
229. Ferrage. 333
230. Entretien de la voie . . . 333
231. Résumé 333
232. Devis d'une ligne de 6 kilom. 335
233. Traction mécanique. Prix de revient d'établissement et d'exploitation 336
234. Traction électrique . . . 336
235. Tableau résumant les conditions d'exploitation . . 337
236. Autres procédés 338
237. Résumé de la question . . 340

DEUXIÈME PARTIE

Les Chemins de fer sur routes.

CHAPITRE PREMIER

Les voies de chemins de fer sur routes

238. Etablissement de la voie sur les routes 341
239. Résistance à la traction. . 342
240. Avantages de la voie réduite 343
241. Conditions imposées . . . 343
242. Courbes et rampes. . . . 344
243. Profils en travers des voies 1 mètre et $0^m,75$ 346
244. Poids des rails et composition de la voie. 347
245. Voie Serres et Battig. . . 348
246. Voie Humbert. Pose de la voie dans les traverses. . 350
247. Poids des rails de la voie de $0^m,75$ 351
248. Rail américain. 351

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

249. Pose de la voie de 0m,75 dans les traverses 353
250. Voie des tramways de Caracas. 353
251. Surécartement et dévers . 353
252. Arcs paraboliques pour courbes raides 354
253. Rayon à donner aux voies d'évitement. 355
254. Aiguillages et plaques tournantes 356

CHAPITRE II

Bâtiments et matériels de chemins de fer sur routes

255. Station et haltes. . . . 357
256. Gares de correspondance . 359
257. Stations du chemin de fer de Gonesse 359
258. Stations des chemins de fer suisses 360
259. Matériaux et types de constructions 361
260. Matériel roulant. 362
261. Formes à donner aux voitures 362
262. Voitures de la Compagnie Française de matériel . . 363
263. Voitures et wagons de la « Métallurgique » . . . 364
264. Voitures de Neuhausen . . 365
265. Cars du Billerica railroad . 365
266. Voiture d'été avec compartiment à bagages . . . 366
267. Wagons à marchandises . 367
268. Freins et attelages . . . 367
269. Attelages de la maison Chevalier. 368
270. Autres systèmes d'attelages 369
271. Considérations générales . 369

CHAPITRE III

Locomotives pour chemins de fer routiers

272. Car Baldwin 370
273. — Todd 371
274. — Ransomes 371
275. — Grums 371
276. — Grantham 371
277. Car Rowan 372
278. — Brunner. 372
279. — Perrett 372
280. Voitures Belpaire 372
281. Locomotives ordinaires . . 373
282. Divers systèmes de locomotives à foyer 377
283. Locomotives Henschel. . . 379
284. — Krauss . . . 380
285. — de la Métallurgique . . . 381
286. — diverses. . . 382
287. — américaines . 383
288. Réseau des tramways suisses de Genève. 385
289. Locomotives sans foyer Lamm et Francq. . . . 387
290. Prix de revient de la traction par locomotives sans foyer 393
291. Prix de revient de la traction par locomotives sans foyer 395

CHAPITRE IV

Les tracteurs mécaniques sur routes

292. Rôle des automobiles. . . 402
293. Tracteur à vapeur. . . . 404
294. Omnibus à vapeur Bollée . 406
295. Tracteur à vapeur de M. Le Blant. 409
296. Voiture Thornycroft . . . 412
297. Train Scotte. 414
298. Comparaison des divers systèmes de traction. . . . 417
299. Tableau comparatif . . . 420
300. Omnibus à pétrole de la compagnie des automobiles 421
301. Tracteur à pétrole Lepape . 422

CHAPITRE V

Les voitures automobiles de plaisance

302. Voitures à vapeur. . . . 424
303. — Panhard Levassor 425
304. — de Peugeot frères. 428
305. — de Gauthier. . . 430
306. — de Roger. . . . 431
307. — Tenting 431

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

308. Automobiles syst. divers 432
309. Motocycles 434
310. Voitures et fiacres électriq. 435
311. Voiture Cummings. . . . 436
312. Voiture Carli 436
313. — Garrard Blunfield. 438
314. — Jeantaud 439
315. Coupé électrique Darracq . 441
316. Rôle futur des automobiles 442

CHAPITRE VI

Les chemins de fer de montagnes à crémaillère

317. Considérations générales . 445
318. Premiers essais. 446
319. Chemin de fer à crémaillère de Langres. 448
320. Ligne du Mont-Pilate. . . 450
321. Funiculaire électrique de Bürgenstock 451
322. Funiculaires électriques de Grütsch à Murren. . . 453
323. Tableau résumé. 456
324. Chemins de fer de montagne à remorquage par charge d'eau. 457
325 Transporteurs suspendus, à câbles aériens 459

TROISIÈME PARTIE

Lois et Règlements divers relatifs aux Tramways, Chemins de fer sur routes, Automobiles, etc.

Loi du 11 juillet 1880 relative aux chemins de fer d'intérêt local et aux tramways.
Chapitre Ier. — Chemins de fer d'intérêt local 463
Chapitre II. — Tramways . . 468
Décret du 18 mai 1881 portant règlement d'administration publique sur la forme des enquêtes en matière de chemins de fer d'intérêt local et de tramways. . . 470
Décret du 6 août 1881 portant règlement d'administration publique pour l'exécution de l'article 38 de la loi du 11 juin 1880 — (Etablissement et exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques) 474
Titre I. — Construction . . . 475
Titre II. — Entretien et exploitation 480
Titre III. — Police et surveillance 484
Titre IV. — Dispositions diverses 487

CAHIER DES CHARGES-TYPE POUR LA CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

Décret du 6 août 1881. — (Cahier des charges-type). 493
Titre I. — Tracé et construction 493
Titre II. — Entretien et exploitation 503
Titre III. — Durée, rachat et déchéance de la concession. . 504
Titre IV. — Taxes et conditions relatives au transport des voyageurs et des marchand. 507
Titre V. — Stipulations relatives à divers services publics. 516
Titre VI. — Clauses diverses . 519

CAHIER DES CHARGES-TYPE POUR LA CONCESSION DES TRAMWAYS

Décret du 6 août 1881. — (Cahier des charges-type) 524
Titre I. — Tracé et construction 524
Titre II. — Entretien et exploitation 527
Titre III. — Durée et déchéance de la concession 528
Titre IV. — Taxes et conditions relatives au transport des voyageurs et des marchand. 530
Titre V. — Stipulations relatives à divers services publics 539
Titre VI. — Clauses diverses . 539
Décret du 20 mars 1882, portant règlement d'administration publique pour l'exécution des articles 16 et 39 de la loi du 11 juin 1880, — (Conditions financières imposées aux concessionnaires des chemins de fer d'intérêt local et des tramways). 540

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Annexes aux Loi, Décrets et Cahier des charges-type qui précèdent.

Chemins de fer d'intérêt local. — Sections à établir sur le sol des voies publiques. — (Circulaire ministérielle du 17 octobre 1881) 544

Loi du 17 juillet 1883 ayant pour objet de rendre exécutoire en Algérie la loi du 11 juin 1880 sur les chemins de fer d'intérêt local et les tramways. 545

Décret du 23 octobre 1885, portant modification de l'article 8 du règlement d'administration publique du 20 mars 1882 relatif aux chemins de fer d'intérêt local et aux tramways 545

Chemins de fer d'intérêt local et tramways à vapeur à voie étroite. — Largeur de voie à leur donner. (Circulaire ministérielle du 12 janvier 1888 546

Tramways. — Emploi des rails à gorge ou des contre-rails. — Notification d'un décret du 30 janvier 1894 portant modification de l'article 5 du décret du 6 août 1881. — (Circulaire ministérielle du 28 février 1894. . . 547

Extrait de l'ordonnance générale du Préfet de Police en date du 31 août 1897, concernant la conduite et la circulation des bêtes de trait ou de charge, des voitures et des appareils de locomotion de toute sorte dans Paris et les communes du ressort de la Préfecture de Police

TITRE III. — VOITURES ATTELÉES

Chapitre IV. — *Voitures de transport en commun.*

§ 5. — Tramways à traction de chevaux 548

1° Voie, voitures, chevaux, bureaux, etc 548

2° Obligations imposées aux compagnies 552

TITRE V. — VOITURES A TRACTION MÉCANIQUE

Chapitre Ier. — *Tramways*

§ 1. — Voie. Matériel 553

§ 2. — Machines. 555

A. — Dispositions générales. 555

B. — Dispositions spéciales pour les machines à vapeur et à foyer 558

C. — Dispositions spéciales pour les machines à eau surchauffée 558

D. — Dispositions spéciales pour les machines à air comprimé 558

E. — Dispositions spéciales pour les automobiles. . 559

§ 3. — Voitures d'attelage . . 559

§ 4. — Wagons et fourgons. . 561

§ 5. — Trains 561

§ 6. — Dispositions diverses . 562

§ 7. — Dispositions spéciales de police et de sécurité. . . . 563

§ 8. — Obligations imposées aux Compagnies 561

§ 9. — Dispositions relatives aux contrôleurs ou chefs de station, mécaniciens, aides-mécaniciens, chauffeurs, conducteurs et receveurs 565

D. — Dispositions spéciales aux mécaniciens, électriciens ou conducteurs de voitures à moteur mécanique. 565

TITRE VI. — APPAREILS A VAPEUR.

Paris. — Imprimerie E. BERNARD & Cie, 23, rue des Grands-Augustins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires