

Titre général : L'Électricité à l'exposition de 1902

Auteur : Hospitalier, E.

Titre du volume : L'Électricité à l'Exposition de 1900. 8. Traction électrique

Mots-clés : Exposition internationale (1900 ; Paris) ; Électricité ; Générateurs électriques

Description : 1 vol. (36 p.) ; 32 cm

Adresse : Paris : Vve Ch. Dunod, 1902

Cote de l'exemplaire : 4 XAE 68.8

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?4XAE68.8>

L'Électricité à l'Exposition de 1900

Publiée avec le concours et sous la direction technique de MM.

E. HOSPITALIER

Rédacteur en chef de *l'Industrie électrique*

J.-A. MONTPELLIER

Rédacteur en chef de *l'Électricien*

AVEC LA COLLABORATION

D'INGÉNIEURS ET D'INDUSTRIELS ÉLECTRICIENS

8^e FASCICULE

TRACTION ÉLECTRIQUE

PAR

J.-A. MONTPELLIER

PARIS

V^{ve} CH. DUNOD, ÉDITEUR

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

TÉLÉPHONE 147-92

1902

L'ÉLECTRICITÉ

A

L'EXPOSITION DE 1900

HUITIÈME PARTIE

TRACTION ÉLECTRIQUE

L

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

1° LOCOMOTIVES A ACCUMULATEURS

Locomotive électrique à grande vitesse de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. -- La locomotive électrique de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée est alimentée par une puissante batterie d'accumulateurs placée dans un grand fourgon spécial attelé derrière la locomotive.

Cette locomotive, dont la figure 1 donne une coupe longitudinale, est portée par trois essieux; les roues, au nombre de six, ont 1,100 m de diamètre. L'essieu d'avant est seulement porteur, les deux autres sont moteurs et indépendants l'un de l'autre.

La caisse de cette locomotive comporte cinq compartiments distincts :

1° Le compartiment d'arrière, destiné au mécanicien et à son aide. Dans ce compartiment sont installés tous les appareils de commande, de réglage et de contrôle des moteurs, la manivelle du frein à main et les robinets de manœuvre du frein à air comprimé;

2° Le deuxième compartiment contient une batterie de neuf éléments d'accumulateurs;

3° Le compartiment du milieu abrite un grand rhéostat liquide servant à établir ou à interrompre le courant d'alimentation des moteurs et aussi à régler son intensité;

4° Le quatrième compartiment, comme le deuxième, contient une batterie d'accumulateurs de neuf éléments. Ces deux batteries, reliées en tension, fournissent le courant d'excitation aux moteurs électriques et le courant nécessaire à la compression de l'air, à l'éclairage, etc. Cette batterie peut également être utilisée pour actionner la locomotive à une faible vitesse de 3 à 6 kilomètres à l'heure;

5° Le compartiment d'avant, qui n'a que 1,30 m de hauteur dans sa partie la plus élevée, contient un compresseur d'air actionné par un moteur électrique de 5 chevaux. Ce compresseur alimente le frein Westinghouse, le sifflet et les appareils de mise en marche.

Les deux batteries d'accumulateurs qui fournissent l'énergie nécessaire aux moteurs de la locomotive sont installées dans le fourgon spécial et se composent chacune de 96 éléments, comportant chacun 90 kg d'électrodes et ayant une capacité utile de 1 000 ampères-heure au régime moyen de 500 ampères.

Les deux batteries de 9 éléments chacune que porte la locomotive ont une capacité utile de 1 500 ampères-heure au régime moyen de 500 ampères. Chaque élément comporte 140 kg d'électrodes.

Les éléments sont placés dans des bacs en bois imprégné, doublés de plomb et de celluloid. Ils ont été construits par la Société des accumulateurs Fulmen et sont d'un type spécial en vue du régime de décharge extrêmement élevé auquel ils sont soumis.

Les plaques positives sont entourées d'une enveloppe en celluloid perforée, garnie à l'intérieur d'une toile d'amiante; les plaques négatives sont également protégées par une enveloppe en celluloid perforée, mais sans toile d'amiante.

Des baguettes en celluloid servent à maintenir l'écartement des plaques entre elles. Afin de permettre le contrôle des éléments, les bacs sont entièrement découverts.

Les deux essieux moteurs de la locomotive sont actionnés chacun par un moteur bipolaire à courant continu d'une puissance effective de 300 chevaux, à la vitesse angulaire de 500 tours par minute, avec une intensité de courant de 700 ampères sous 360 volts.

L'induit du moteur est calé directement sur l'essieu.

Ces moteurs, construits par la maison Sautter, Harlé et C^{ie}, sont entièrement symétriques par rapport au plan vertical passant par l'axe longitudinal de la locomotive et comportent, par suite, deux collecteurs.

Les deux bobines inductrices de chaque moteur sont placées l'une en avant, l'autre en arrière de l'essieu et les pièces polaires embrassent presque toute la surface de l'induit. Grâce au mode de suspension adopté pour cet inducteur, les pièces polaires restent toujours exactement centrées sur l'induit, malgré les oscillations de l'essieu par rapport au châssis.

L'induit, à noyau feuilleté et claveté sur l'essieu, a 690 mm de diamètre et 540 mm de longueur. L'enroulement, formé de 150 barres massives de cuivre, à section elliptique de 64 mm² de section, est enfermé dans des tubes en micanite, logés dans des trous percés dans le noyau, très près de sa surface extérieure. Les balais sont en charbon et à calage fixe.

Comme appareils de manœuvre, le mécanicien dispose, comme appareils électriques : d'un commutateur principal, d'un coupleur, du rhéostat de démarrage de la pompe à air; comme appareils électro-pneumatiques : du changement de marche, du rhéostat de démarrage et d'un disjoncteur automatique; comme appareils pneumatiques : d'un frein automatique, d'un frein modérable et du sifflet; enfin, comme appareil mécanique, d'un frein à main.

Indépendamment de ces appareils de manœuvre, le mécanicien a, comme instruments de contrôle :

Un ampèremètre indiquant l'intensité du courant qui passe dans les induits des moteurs;

Un voltmètre donnant la tension aux bornes des moteurs;

Deux voltmètres donnant chacun la tension aux bornes des batteries d'accumulateurs portées par le fourgon;

Un ampèremètre indiquant l'intensité du courant d'excitation;

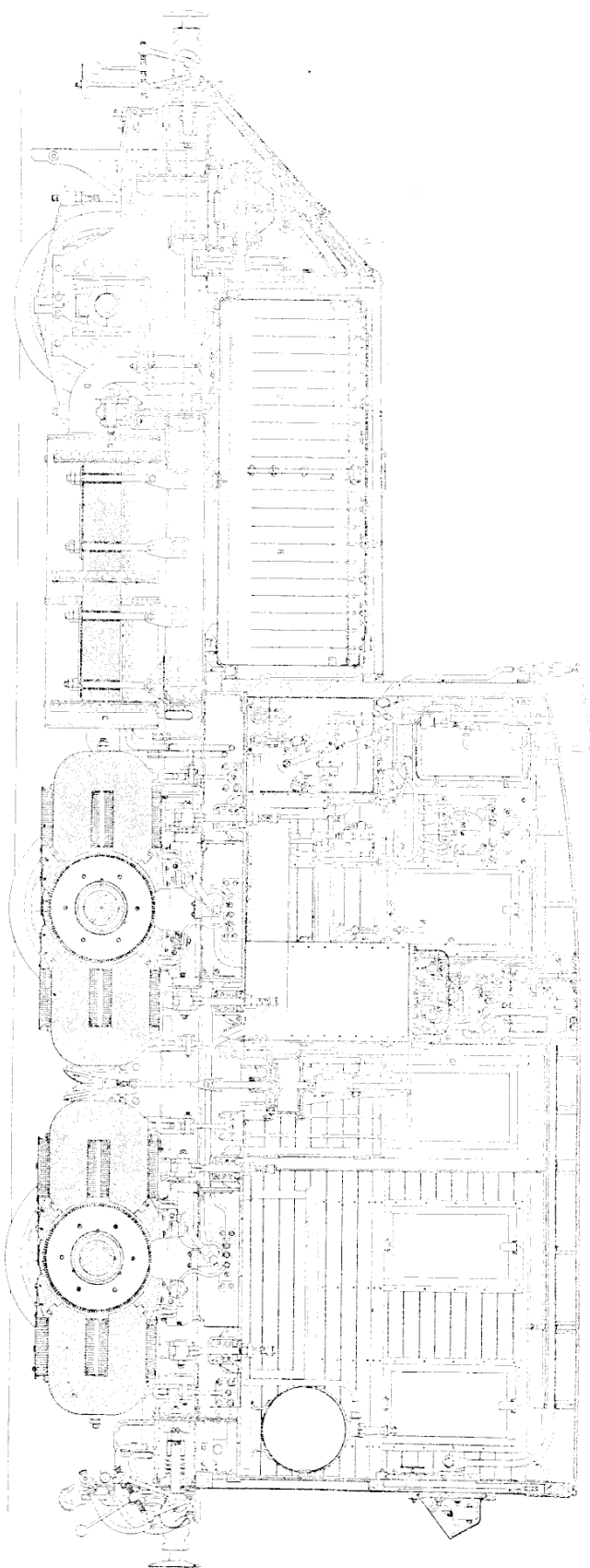
Un ampèremètre indiquant l'intensité du courant alimentant le moteur de la pompe à air.

Sur la figure 1, A est le levier de changement de marche qui peut occuper trois positions : incliné, en avant et à fond de course, il appuie sur la tige d'une soupape *a*, qui envoie de l'air comprimé dans un commutateur pneumatique à mercure qui ferme le circuit d'excitation des inducteurs pour la marche en avant; incliné en arrière, il appuie sur une autre soupape *b*, qui actionne le commutateur pneumatique pour la marche en arrière; enfin, lorsque le levier est vertical, le courant d'excitation est coupé.

Le rhéostat de démarrage à liquide se compose d'une cuve rectangulaire BB en tôle de fer de 2 m³ de capacité et placée sur des tasseaux isolants; dans cette cuve sont disposées 20 lames de plomb, disposées verticalement et séparées les unes des autres par un intervalle de 10 cm. Dix de ces lames communiquent entre elles et avec l'une des sections du circuit; les dix autres communiquent aussi entre elles et avec la seconde section du circuit. Le liquide employé est une dissolution de carbonate de soude.

En G se trouve le disjoncteur automatique constitué par un relais électromagnétique intercalé sur chacun des gros conducteurs venant des batteries du fourgon et réglable à l'aide d'un ressort. Ce relais fonctionne lorsque l'intensité du courant atteint 1 200 ampères dans l'un ou

Fig. 1. — Locomotive électrique à grande vitesse des chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée. Coupe longitudinale.



l'autre des quatre conducteurs et il agit, par l'intermédiaire d'un électro-aimant tubulaire, sur le rhéostat à liquide pour diminuer rapidement l'intensité du courant jusqu'à zéro.

H est le commutateur principal à deux directions permettant d'alimenter les moteurs avec les batteries du fourgon ou avec celles de la locomotive.

Le coupleur est manœuvré à l'aide d'un levier K pouvant occuper trois positions :

- 1° Les deux batteries du fourgon couplées en parallèle et les deux moteurs en tension ;
- 2° Les deux batteries en série ainsi que les deux moteurs ;
- 3° Les deux batteries en série et les deux moteurs en parallèle.

Le rhéostat de démarrage de la pompe à air est figuré en L.

Avec les moteurs couplés en parallèle, on a pu atteindre facilement en palier la vitesse de 100 km à l'heure avec une charge remorquée de 100 tonnes (non compris la locomotive, mais y compris le fourgon à accumulateurs). Dans ces conditions, la puissance absorbée est d'environ 500 kw.

La locomotive pèse toute équipée 44 500 kg et le fourgon à accumulateurs 45 800 kg.

Locomotive minière de la Société alsacienne de Constructions mécaniques. — La Société alsacienne avait exposé une petite locomotive minière dont le moteur est alimenté par une batterie d'accumulateurs placée sur un truck indépendant remorqué par la locomotive.

2° LOCOMOTIVES A PRISE DE COURANT

Locomotive électrique de la Compagnie d'Orléans. — Cette locomotive, dont la figure 2 montre la coupe longitudinale en élévation, est du système Thomson-Houston ; elle pèse

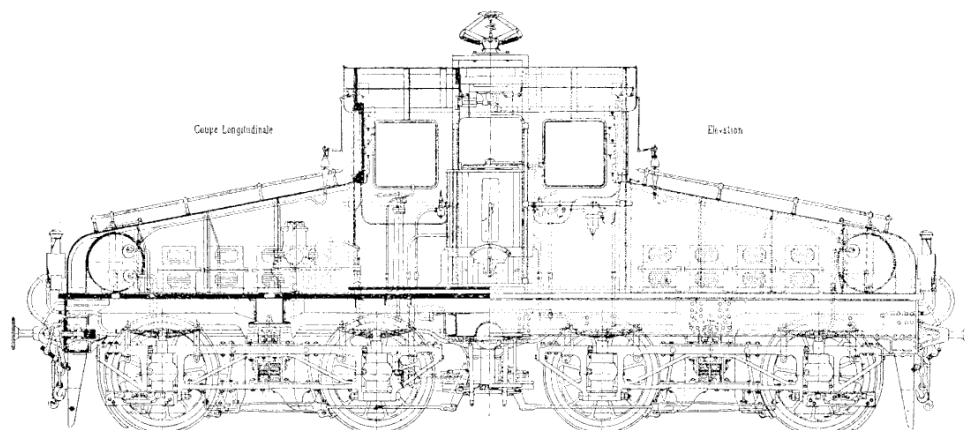


FIG. 2. — Locomotive électrique de la Compagnie d'Orléans. Système Thomson-Houston.

45 tonnes, a une longueur totale hors tampons de 10,609 m, comporte 8 roues motrices de 1,245 m de diamètre et a une hauteur au-dessus des rails de 3,891 m.

La caisse est divisée en trois compartiments : celui d'avant et celui d'arrière sont disposés pour recevoir les rhéostats de démarrage et les câbles de connexion. Le compartiment du milieu constitue la cabine du mécanicien ; il a 3,008 m de longueur sur 2,718 m de largeur et est muni de châssis vitrés permettant de voir dans toutes les directions.

Des frotteurs, disposés latéralement à la partie inférieure de la locomotive, permettent de capter le courant amené par un troisième rail. En outre, un trolley, placé à la partie supérieure, permet d'alimenter les moteurs par une canalisation aérienne.

La locomotive est actionnée par quatre moteurs électriques de 125 kw fonctionnant sous 550 volts. La carcasse de l'inducteur, coulée d'une seule pièce, enveloppe complètement le

moteur. Ce moteur comporte 4 pôles et est excité en série. L'enroulement des bobines inductrices est en ruban de cuivre isolé à l'amiante et au mica.

L'induit est en tambour avec noyau feuilleté et denté. Sur le collecteur frottent deux séries de quatre balais en charbon.

L'équipement électrique de cette locomotive comprend :

- 1 coupleur série-parallèle,
- 1 ampèremètre de 2 000 ampères,
- 1 voltmètre de 700 volts,
- 1 wattmètre totalisateur,
- 1 interrupteur principal à rupture brusque,
- 1 interrupteur automatique à soufflage magnétique,
- des résistances de démarrage,
- 4 frotteurs à la partie inférieure,
- 1 frotteur à la partie supérieure,
- 1 compresseur d'air actionné par un moteur électrique.

Locomotive électrique des usines du Creusot. — Cette locomotive, dont la figure 3 montre les détails de construction, pèse 50 tonnes, a une longueur totale hors tampons de 10,54 m et une hauteur totale, dans sa partie la plus élevée, de 3,88 m. Elle comporte 8 roues motrices de 1,60 m de diamètre.

La caisse placée sur le châssis est en tôle et divisée en trois compartiments : au centre, se trouve la cabine du mécanicien et à chaque extrémité deux caisses symétriques qui reçoivent les rhéostats.

Deux prises de courant, constituées chacune par un sabot en bronze monté sur ressorts et garni d'un patin en cuivre, sont fixées de chaque côté des longerons, à l'avant et à l'arrière de la locomotive. Le courant est capté sur un troisième rail.

Cette locomotive est actionnée par 4 moteurs du type cuirassé à 6 pôles. Ils ont chacun une puissance normale de 200 chevaux à la tension de 550 volts et leur vitesse angulaire est de 423 t : m. Ils sont excités en série et leur induit mobile est du type en tambour. Ces moteurs sont suspendus par des tiges verticales pouvant osciller dans un plan vertical et portent chacun un double jeu de ressorts ; ils sont rendus solidaires de leur essieu respectif, autour duquel ils peuvent pivoter, au moyen d'un berceau de suspension en acier moulé. Les moteurs sont à simple réduction de vitesse ; le rapport de réduction est de 0,33.

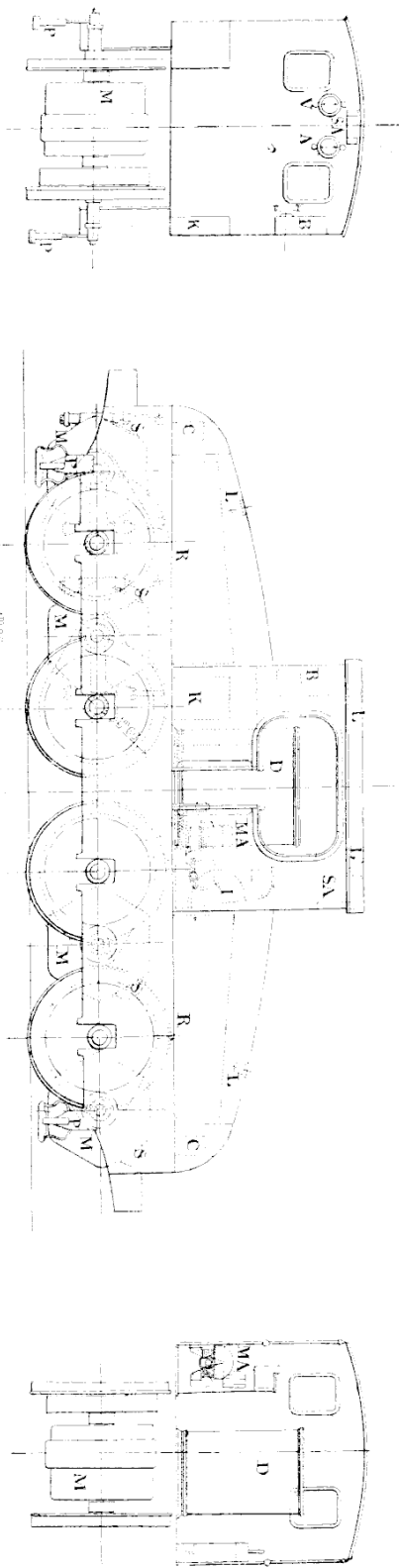
L'équipement électrique comprend : l'inverseur de marche, le coupleur et les rhéostats. Ces appareils sont munis d'enclenchements disposés de telle manière que les différentes manœuvres ne puissent toujours se faire que dans un ordre déterminé.

La locomotive peut marcher à six vitesses de régime ; à cet effet, le coupleur permet de mettre les quatre moteurs en série, ou par groupes de deux en série et les deux groupes en parallèle ou enfin les quatre moteurs en parallèle. Pour chacun de ces trois groupements, on peut obtenir deux vitesses différentes, suivant que l'on intercale ou non des résistances dans le circuit.

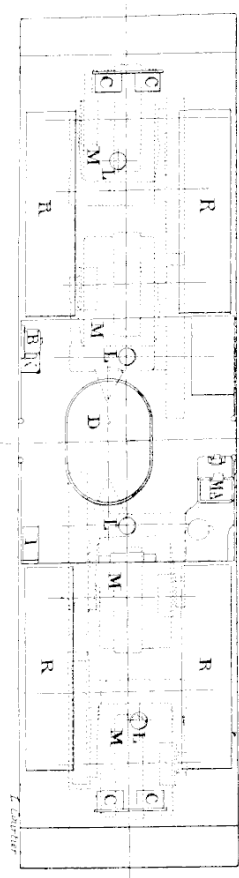
Le freinage est obtenu soit avec le frein à main, soit avec le frein à air comprimé Wenger, soit enfin électriquement en faisant fonctionner les moteurs comme génératrices. Le compresseur d'air est actionné par un moteur électrique de 7 à 8 chevaux, ayant une vitesse angulaire de 1 300 t : m sous une tension de 550 volts.

Les appareils de manœuvre, de mise en marche ainsi que les freins sont installés en double, afin que le mécanicien en ait toujours une série sous la main lorsqu'il se trouve près de la glace correspondant au sens de la marche.

La locomotive est pourvue à l'avant et à l'arrière de sablières actionnées par l'air comprimé. Des regards ménagés dans le plancher permettent d'accéder facilement aux moteurs et aux boîtes à graisse.



- A Ampere-metre
- B Regulateur automatique de la pompe a air
- CCCC Coupe encoilles
- I Interrupteur unipolaire
- K Recessat du moteur de la pompe a air
- LLLL Lampes



- MMMN Moteur de la locomotive
- MA Moteur de la pompe a air
- RRRR Propulseurs des moteurs
- SSSS Vitesse des moteurs
- SA Soudé de l'ampere-metre
- V Voltmètre
- D Mise en marche
- PPPP Brises de courant

Fig. 3. — Locomotive électrique des usines du Creusot.

Locomotive électrique de l'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft de Berlin. — Cette locomotive, destinée spécialement à la manœuvre des trains dans les gares, a une longueur hors tampons de 6,76 m et une hauteur, dans sa partie la plus élevée, de 3,80 m. Elle pèse 24 tonnes.

La caisse est, comme celle de la locomotive Thomson-Houston, divisée en trois compartiments, dont le plus élevé, celui du milieu, sert de cabine au mécanicien (*fig. 4*).

Chacun des deux essieux est actionné par un moteur électrique d'une puissance de 150 chevaux, à simple réduction de vitesse dans le rapport de 3 à 1.

La prise de courant se fait par trolley aérien. Toutefois on a prévu le cas où les moteurs seraient alimentés par le courant

d'une batterie d'accumulateurs installés dans un fourgon pouvant s'atteler derrière la locomotive.

Cette locomotive peut remorquer 300 tonnes à la vitesse de 30 km à l'heure.

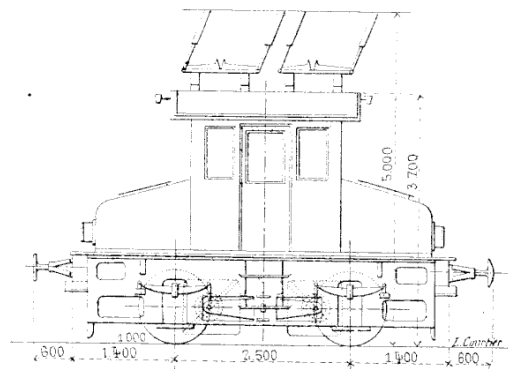


FIG. 4. — Locomotive électrique de l'Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft de Berlin.

Locomotive électrique, alimentée par courants triphasés, de la Société italienne de l'Adriatique. — Cette locomotive (*fig. 5*), d'une puissance de 600 chevaux, doit marcher à la vitesse de 30 km à l'heure. Elle est constituée par deux trucks reliés entre eux par un accouplement ordinaire; chaque truck est porté par deux essieux et chacun des quatre essieux est actionné par un moteur triphasé.

La cabine du mécanicien est en deux parties dont chacune appartient à l'un des trucks.

Les courants triphasés qui doivent alimenter cette locomotive sont produits dans la station génératrice à la tension de 20 000 volts; la fréquence est de 15 périodes. La tension est réduite à 3 000 volts dans les sous-stations échelonnées le long de la voie et des transformateurs partent les deux conducteurs de 8 mm de diamètre sur lesquels le courant est capté à l'aide de deux trolleys placés aux deux extrémités de la locomotive. Chaque trolley est constitué par un cylindre de cuivre, divisé en deux sections isolées l'une de l'autre, chacune d'elles appuyant respectivement sur un des fils d'amenée du courant.

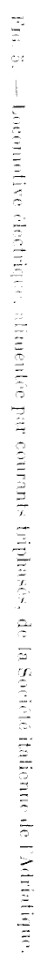
La tige du trolley est isolée de la locomotive et les communications nécessaires sont faites avec du câble doublement isolé. Indépendamment de son enveloppe isolante en caoutchouc, le câble passe dans une série d'isolateurs en porcelaine de forme cylindrique, espacés de 10 cm l'un de l'autre et placés à l'intérieur d'un tube de laiton qui est relié avec le toit et les roues de la locomotive.

Le courant arrive à une boîte de distribution qui renferme les coupe-circuits des moteurs et une prise de courant allant à deux transformateurs placés au-dessus du truck, en avant et en arrière de la cabine du mécanicien. Ces transformateurs, d'une puissance de 8 kw, réduisent la tension de 3 000 à 100 volts. Le courant à basse tension alimente le moteur triphasé qui actionne le compresseur d'air pour le frein Westinghouse et le sifflet; l'air comprimé est aussi utilisé pour le fonctionnement des perches de trolley et des rhéostats. Le courant à basse tension sert également à alimenter les lampes, les radiateurs et les ventilateurs installés dans les voitures.

À la sortie de la boîte de distribution du courant à haute tension est disposé un interrupteur à maximum qui permet de mettre les moteurs en circuit; cet interrupteur est disposé pour inverser les communications lorsqu'on veut faire marcher la locomotive d'avant en arrière.

Les moteurs qui actionnent la locomotive sont au nombre de quatre, deux par bogie, dont l'un à haute tension et l'autre à basse tension.

Le courant venant de la ligne est amené directement aux inducteurs des moteurs à haute



tension, dont les induits, munis de trois bagues, sont reliés au coupleur. Par suite du rapport de transformation entre l'inducteur et l'induit de ces moteurs, les courants induits sont à basse tension.

L'inducteur et l'induit des deux moteurs à basse tension sont reliés au coupleur ainsi que les rhéostats à liquide, au nombre de deux, placés, comme les transformateurs, en avant et en arrière de la cabine du mécanicien.

Toutes les connexions électriques, sauf celles qui amènent le courant de la ligne aux moteurs de haute tension, sont parcourues par des courants à basse tension et sont établies par des câbles ordinaires isolés au caoutchouc.

Le coupleur permet d'établir les connexions nécessaires aux deux régimes de marche suivantes :

1° Dans la première position, l'induit des moteurs à haute tension est mis en communication avec le rhéostat et les deux moteurs à basse tension sont isolés ; on obtient alors la vitesse maximum ;

2° Dans la seconde position, le moteur à haute tension de chaque truck est en série avec le moteur à basse tension correspondant et la vitesse est réduite de moitié.

Locomotive électrique de la Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Dans ce modèle de locomotive (*fig. 6*), le truck est constitué par un châssis en tôle et cornières, monté

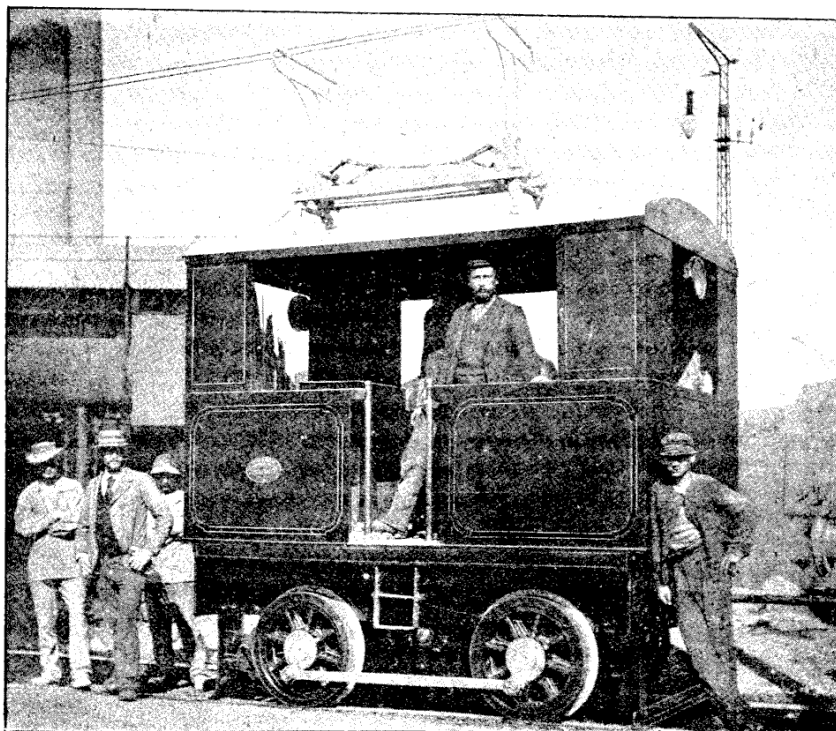


FIG. 6. — Locomotive électrique de la Société alsacienne de constructions mécaniques.

sur deux paires de roues de 700 mm de diamètre et accouplées deux par deux à l'aide de bielles. L'écartement des essieux est de 1,50 m et la locomotive est construite pour circuler sur les voies normales. Elle ne comporte qu'un seul moteur, qui commande par engrenages l'un des essieux ; il est alimenté par du courant continu à 500 volts et la prise de courant s'effectue sur une ligne aérienne à l'aide de deux archets. Un coupleur permet de mettre en marche la loco-

motive, de régler sa vitesse, d'inverser le sens de sa marche et d'opérer le freinage électrique. La locomotive est munie, en outre, d'un frein mécanique à sabots qui agit sur l'une des paires de roues.

Le poids de cette locomotive est de 7 500 kg; elle permet de remorquer des wagons ordinaires à la vitesse de 6 km à l'heure.

Locomotive électrique mixte, à adhérence et à crémaillère, de la Compagnie de l'Ouest Lyonnais. — Ce type de locomotive (*fig. 7, 8 et 9*) a été étudié et construit en commun par MM. Brown, Boveri et C^o, de Baden, et la Société Suisse pour la construction de locomotives

et de machines à Winterthur. Ces locomotives sont destinées à l'exploitation de la partie à fortes rampes des lignes de la Compagnie de l'Ouest Lyonnais, entre la ville de Lyon et le plateau de Saint-Just.

Elles peuvent remorquer, à la vitesse d'environ 9 km à l'heure, des trains de 28 tonnes, soit par adhérence simple jusqu'à la rampe de 6 0/0, soit par crémaillère sur des rampes atteignant 19 0/0.

Le poids de la locomotive est de 12 tonnes.

Le mécanisme à adhérence et celui à crémaillère sont commandés par deux systèmes moteurs entièrement distincts.

La commande des roues à adhérence (voie de 1 m) est celle des tramways ordinaires; chaque essieu est pourvu d'un moteur-série de 25 chevaux, à 300 tours, qui l'attaque par simple réduction. Cette puissance de 25 chevaux étant insuffisante pour produire le patinage, les moteurs à adhérence peuvent, dans les montées, aider de toute leur puissance le mécanisme de la crémaillère.

Les deux roues pour la crémaillère Abt sont commandées par un moteur unique d'une puissance de 150 chevaux à 700 tours. Ce moteur attaque les roues par un double train d'engrenage, comportant deux arbres intermédiaires.

Ce dernier moteur est placé à l'intérieur de la caisse, ce qui a permis de le laisser ouvert pour faciliter la ventilation. Il est excité en dérivation et l'excitation est variable.

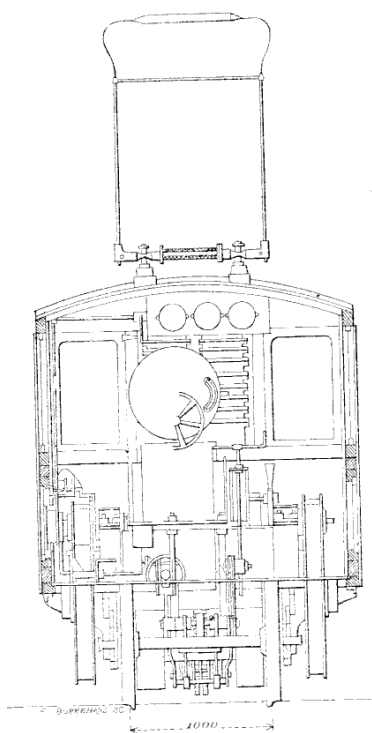
FIG. 7. — Locomotive électrique mixte de la Compagnie de l'Ouest Lyonnais. — Coupe en travers.

L'augmentation d'excitation est utilisée, d'une part, dans les démarrages, d'autre part dans les descentes, le moteur étant utilisé comme frein en fournissant du courant à la ligne sans variation sensible de vitesse.

Ce moteur est pourvu d'un induit en tambour denté, enroulé en série. Les barres qui constituent l'enroulement sont logées dans des cannelures et retenues, sans frottement, par des cales isolantes.

Les bobines inductrices sont sectionnées afin d'augmenter leur surface refroidissante, cette disposition ayant pour effet de leur permettre de supporter plus facilement l'augmentation d'intensité pendant les descentes.

Le courant pour les deux systèmes moteurs est pris à 500 volts, sur un fil aérien, par deux archets qui sont étudiés de façon à pouvoir prendre toutes les positions entre la verticale et l'horizontale. Cette disposition est nécessitée par la grande différence de hauteur du fil aux divers points de la ligne de Lyon-Fourvières. Cette hauteur atteint 6 m sur les sections à ciel ouvert, alors que dans les tunnels le fil se trouve au voisinage du toit des voitures.



Chaque locomotive est pourvue de plusieurs freins :

- 1° Deux freins à vis indépendants l'un de l'autre et agissant sur les roues dentées motrices ;
- 2° Un frein à vis agissant sur les roues à adhérence ;

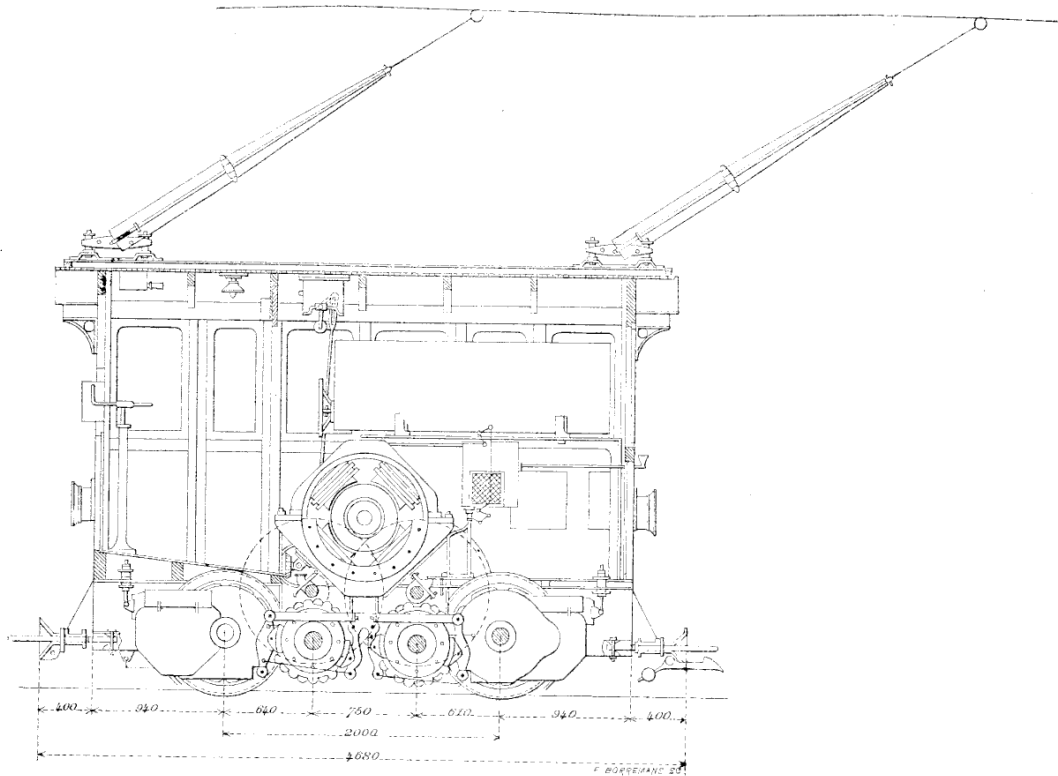


FIG. 8. — Locomotive électrique mixte de la Compagnie de l'Ouest Lyonnais. — Élévation.

3° Un frein de secours automatique, agissant sur les roues dentées, lorsque la vitesse dépasse une certaine valeur ou que le courant se trouve accidentellement interrompu.

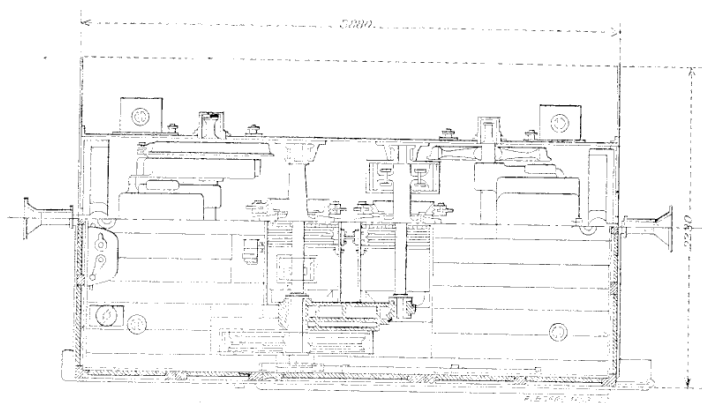


FIG. 9. — Locomotive électrique mixte de la Compagnie de l'Ouest Lyonnais. — Plan.

A cet effet, un solénoïde est intercalé dans le circuit. Si ce solénoïde cesse d'être excité, il laisse tomber un noyau de fer doux qui déclenche le frein de secours en même temps qu'il

fait fonctionner des interrupteurs. On évite ainsi que le courant ne soit remis brusquement sur les moteurs au cas où il viendrait à être rétabli sur la ligne.

La locomotive comporte tous les appareils de contrôle et de sécurité ordinaires : voltmètre, ampèremètre, coupe-circuits, parafoudre.

Elle est éclairée électriquement.

La caisse est en bois et vitrée de tous côtés afin de laisser au mécanicien la vue libre sur la voie.

VOITURES AUTOMOTRICES ÉLECTRIQUES

1° VOITURES A ACCUMULATEURS

Voiture automotrice à accumulateurs de la Société italienne de la Méditerranée. — Ce modèle de voiture est destiné à faire le service sur la ligne de Milan à Monza. Il est du type américain à deux bogies.

La voiture, d'une longueur totale de 18,68 m hors tampons, a une caisse divisée en quatre compartiments, dont deux de 1^{re} classe et deux de 2^e classe. Il y a 90 places, dont 64 assises et 26 debout sur les plates-formes.

Chaque bogie est à deux essieux, dont l'un, l'extérieur, est actionné par un moteur électrique à quatre pôles, d'une puissance de 50 chevaux et à simple réduction de vitesse dans le rapport de 1 à 3. Ces moteurs, complètement fermés pour qu'ils soient à l'abri de la pluie et de la poussière, sont supportés, d'un côté, par une traverse fixée au châssis de la voiture et, de l'autre, par l'essieu moteur; cette suspension est faite au moyen d'un double système de ressorts en spirale.

La batterie d'accumulateurs se compose de 130 éléments, logés dans deux caisses contenant chacune 65 éléments, et installées sous la voiture entre les bogies. Chaque élément pèse 105 kg et comporte 11 plaques positives et 12 plaques négatives; les premières sont du type Planté et les secondes sont à oxydes rapportés type Hagen. La batterie complète pèse 20 tonnes; sa capacité a été déterminée pour que la voiture puisse effectuer sans recharge deux voyages aller et retour entre Milan et Monza, c'est-à-dire environ 50 km à la vitesse moyenne de 40 km à l'heure.

Un coupleur série-parallèle est installé dans chacune des deux cabines de wattman, placées sur les plates-formes afin d'éviter le retournement de la voiture aux points terminus.

Le coupleur série-parallèle permet de mettre :

1° Les deux moteurs en série avec toute la batterie en tension (démurrages et vitesse réduite);

2° Les deux moteurs en parallèle avec la batterie en série (vitesse de pleine marche);

3° Les deux moteurs en parallèle et chacune des demi-batteries également en parallèle (en cas d'avarie à la batterie, les moteurs fonctionnant alors à une tension réduite de moitié);

4° Renversement du sens du courant avec moteurs et batterie en série comme dans le premier cas (marche en arrière).

Des résistances peuvent, en outre, être intercalées dans le circuit et les inducteurs des moteurs peuvent aussi être shuntés, ce qui permet d'obtenir les vitesses intermédiaires nécessaires.

Les voitures sont munies d'un frein à main et d'un frein Westinghouse à air comprimé.

Une batterie d'accumulateurs de 12 éléments alimente les 20 lampes utilisées pour l'éclairage de la voiture.

Chaque voiture, en ordre de marche, pèse 38 tonnes sans les voyageurs.

Voiture automotrice à accumulateurs de la Société italienne de l'Adriatique. — Ce type de voiture a été adopté pour le service de la ligne de Bologne à San Felice, où les rampes ne dépassent pas 5 à 6 mm par mètre. Comme la précédente, cette voiture est du type américain à deux bogies : chaque bogie est portée par deux essieux dont l'un est actionné par un moteur à quatre pôles, excité en série et à simple réduction de vitesse dans le rapport de 1 à 3.

La voiture, dont la caisse a 18 mètres de longueur hors tampons, 2,82 m de largeur et 2,70 m de hauteur, comporte 32 places assises et un compartiment dans le milieu pour les bagages. A chaque extrémité de la voiture, on a réservé une large plate-forme et une cabine pour le wattman.

L'énergie électrique est fournie par une batterie de 288 accumulateurs, du type Pescetto, à oxydes rapportés, construits par la maison Cruto, de Turin.

Chaque élément a 7 plaques positives et 8 positives du poids total de 21,420 kg. Les bacs sont en ébonite. Cette batterie pèse 8000 kg et est logée dans des caisses placées sous la voiture entre les bogies ; sa capacité est de 180 ampères-heure au régime de charge et de décharge en 2 heures 1/2. Le régime moyen de décharge est de 100 ampères.

La vitesse commerciale de marche est de 29 kilomètres par heure et la vitesse moyenne de 37 kilomètres.

Un coupleur série-parallèle est installé dans chaque cabine de wattman, à l'avant et à l'arrière.

La voiture est munie d'un frein Westinghouse à air comprimé et d'un frein électrique. Elle est éclairée par des lampes à incandescence de 16 bougies.

A vide, la voiture pèse 33 tonnes, dont 8 pour la batterie d'accumulateurs et 4 pour les moteurs.

Voiture automotrice à accumulateurs des chemins de fer de l'État belge. — Cette voiture est montée sur deux bogies et a 17,18 m de longueur et 3,02 m de largeur ; elle peut contenir 29 voyageurs de 2^e classe et 34 de 3^e classe (fig. 10).

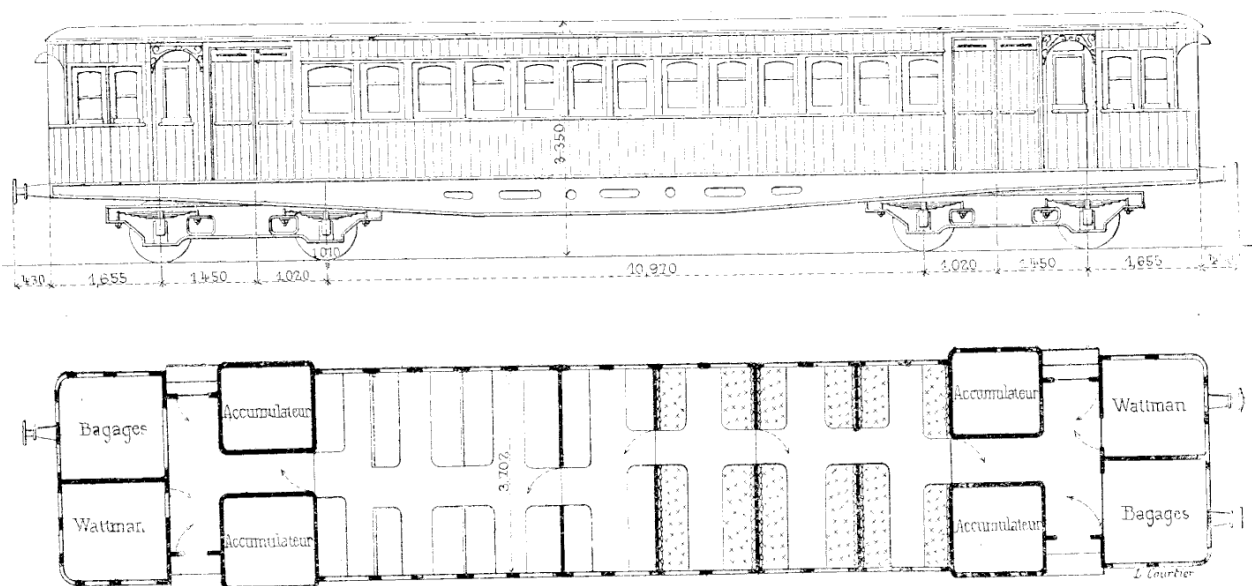


FIG. 10. — Voiture automotrice à accumulateurs des chemins de fer de l'Etat belge.

A l'avant et à l'arrière de la caisse est ménagée une cabine divisée en deux parties : l'une pour le mécanicien, l'autre pour recevoir les bagages.

La voiture est actionnée par deux moteurs à courant continu à quatre pôles, un par bogie, d'une puissance de 70 chevaux à la tension de 350 volts.

L'énergie électrique est fournie par une batterie de 160 accumulateurs logés dans quatre compartiments ménagés à cet effet aux quatre angles de la caisse.

Le frein est du système Westinghouse à air comprimé; en outre le wattman dispose d'un frein à main.

La voiture à vide pèse 48 tonnes.

Quoique étant établie pour être alimentée par des accumulateurs, cette voiture est disposée pour pouvoir, sans modification, capter le courant par trolley sur ligne aérienne et aussi par contact sur un troisième rail.

Voiture automotrice à accumulateurs de la Compagnie générale des Omnibus de Paris — Cette voiture est du type de celles qui sont destinées au service de la ligne Louvre-Vincennes; elle a été construite par la Compagnie de Fives-Lille.

La voiture, à impériale couverte, contient 52 places; elle est actionnée par deux moteurs électriques à quatre pôles placés entre les essieux; ils sont à simple réduction de vitesse.

L'énergie électrique est fournie par une batterie d'accumulateurs Blot logée sous les banquettes et du poids de 4 700 kg.

Chaque voiture est munie d'un frein à air système Soulerin et d'un frein à main; en cas de besoin, le wattman peut faire usage du freinage électrique.

L'équipement électrique comprend, outre les moteurs et la batterie, un coupleur série-parallèle permettant d'obtenir, entre l'arrêt et la vitesse maximum, sept vitesses intermédiaires; une prise de courant pour la charge des accumulateurs, charge dont la durée doit être au maximum de 15 minutes; un interrupteur de sûreté; un coupe-circuit.

2° VOITURE A PRISE DE COURANT PAR TROISIÈME RAIL

Voiture automotrice, à prise de courant par troisième rail, de la Société italienne de la Méditerranée. — Cette voiture, du type américain à deux bogies, pèse 47 tonnes, a une longueur totale de 17,20 m, 4,125 m de hauteur et 2,960 m de largeur dans la partie centrale. Elle peut contenir 75 voyageurs dont 63 assis.

Les bogies sont à deux essieux moteurs; chaque voiture est actionnée par quatre moteurs de 70 à 75 chevaux et à simple réduction de vitesse. Les deux moteurs de chaque bogie sont couplés en parallèle.

Un coupleur série-parallèle est installé à chaque extrémité de la voiture.

Le courant est pris sur un troisième rail.

Chaque voiture est éclairée extérieurement et intérieurement par des lampes à incandescence et est munie d'un frein à main et d'un frein Westinghouse à air comprimé.

Ce type de voiture a été adopté pour établir un service de trains légers sur le chemin de fer de Milan-Gallarate-Varese-Porto Ceresio-Arona.

3° VOITURES A PRISE DE COURANT PAR TROLLEY OU CONTACT SUPERFICIEL

Voiture automotrice à prise de courant par trolley de la Société italienne de l'Adriatique. — Cette voiture, comme la locomotive de la même Société qui a été précédemment décrite, est destinée à être actionnée par des courants triphasés captés par deux trolleys placés aux deux extrémités de la voiture.

L'équipement électrique de cette voiture (*fig. 11*) est analogue à celui de la locomotive (Voir page 9), sauf que les transformateurs et les rhéostats sont placés au-dessous de la caisse entre les deux bogies.

La caisse, de 18,40 m de longueur et de 2,80 m de largeur, repose sur un truck à deux bogies et pèse 30 tonnes. Elle peut contenir 66 voyageurs. A chaque extrémité se trouvent la cabine du wattman et un compartiment fermé; l'un des compartiments fermés est réservé aux bagages, l'autre est un water-closet et contient en outre le compresseur d'air.

En cas d'interruption du courant, une petite batterie spéciale d'accumulateurs assure un éclairage de secours.

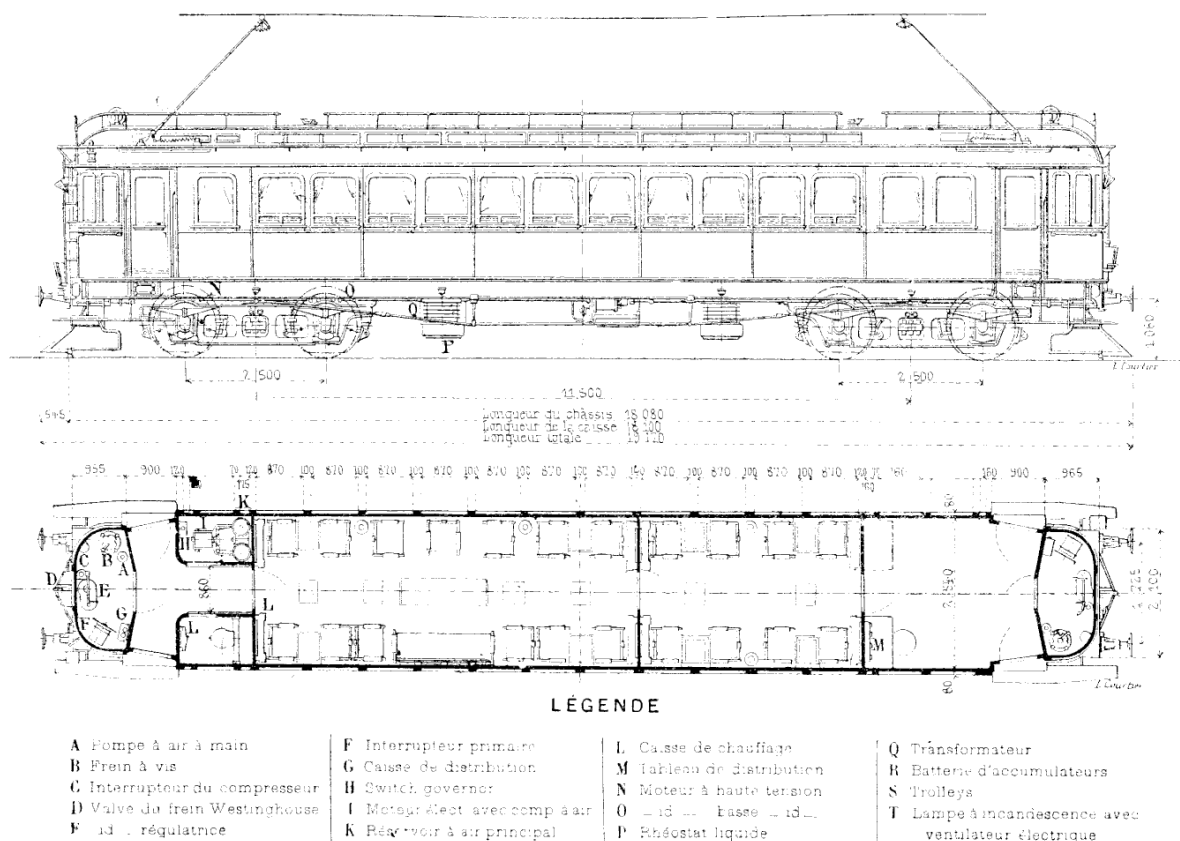


FIG. 11. — Voiture automotrice à trolley de la Société italienne de l'Adriatique.

Voiture automotrice des tramways de Moutiers au Villard. — Cette voiture sortait des ateliers de la Compagnie de Fives-Lille.

La caisse de la voiture repose sur un truck, composé de deux longerons doubles, par l'intermédiaire de deux ressorts à lames placés au centre et de deux ressorts à pincettes à chaque extrémité.

Un certain jeu a été ménagé entre les boîtes à graisse et les plaques de garde pour permettre à la voiture de circuler dans les courbes à faible rayon. De chaque côté de la boîte à graisse et fixé à la plaque de garde sur laquelle il s'appuie, est un ressort horizontal qui maintient le parallélisme des essieux dans la partie de la voie en ligne droite; dans les courbes, ces ressorts permettent à l'essieu de prendre la convergence nécessaire et le ramènent aussitôt après à la position normale.

La voiture est actionnée par deux moteurs à simple réduction de vitesse, d'une puissance normale de 25 chevaux chacun pouvant, au besoin, en développer 40 à 43. Ce type de moteur est à 4 pôles, du type cuirassé avec induit en tambour à noyau feuilleté. L'inducteur d'une seule

pièce en acier coulé est muni de pièces polaires feuilletées et rapportées. Le poids de chaque moteur est de 900 kg environ.

Le coupleur est du type série-parallèle. Il y en a un à chaque extrémité de la voiture. Ce coupleur comporte deux cylindres : le cylindre principal servant à coupler les moteurs en série ou en parallèle et le cylindre auxiliaire permettant d'obtenir à volonté la marche en avant ou la marche en arrière, soit avec les deux moteurs, soit avec chacun d'eux séparément. Chacun de ces cylindres est muni de dispositifs de blocage qui ne permettent de les manœuvrer que dans certaines positions déterminées afin d'éviter toute fausse manœuvre.

La prise de courant s'effectue par une roulette de trolley montée sur une perche à ressorts et fixée à un châssis disposé sur le toit de la voiture.

Voiture automotrice des tramways de l'Est parisien. — Cette voiture (*fig. 12*) a été construite par la Compagnie française de Matériel de chemin de fer et comporte une prise de courant par trolley aérien et une prise de courant par contact superficiel.

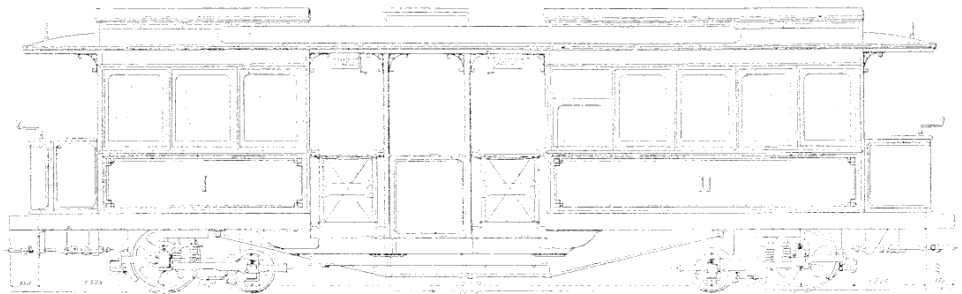


FIG. 12. — Voiture automotrice des tramways de l'Est parisien.

Du poids de 11 tonnes, elle peut recevoir 48 voyageurs, dont 16 en 1^{re} classe. Elle comporte une plate-forme centrale et une petite plate-forme indépendante à chacune des extrémités pour le wattman; sa longueur est de 10,945 m et sa largeur de 2 m.

La caisse est montée sur deux trucks du système Brill.

L'appareillage comporte deux coupleurs série-parallèle, un à chaque extrémité; un frein à vis actionné par l'air comprimé et pouvant être commandé indifféremment des deux extrémités de la voiture; des sablières, des sonneries d'alarme, etc.

La voiture est actionnée par deux moteurs électriques de 35 chevaux montés sur les bogies.

Voiture automotrice pour voie d'un mètre. — Ce type de voiture, exposé par la Société de Dietrich et C^{ie} de Lunéville, pèse 7 tonnes et peut recevoir 32 voyageurs. Elle comporte une plate-forme de 1,30 m de longueur à chaque extrémité; la caisse de la voiture, placée au centre du châssis, a 4,100 m.

Le truck est formé de longerons en fer forgé reliés par des traverses en fer cornière.

Cette voiture est éclairée par des lampes à incandescence.

Voiture automotrice Thomson-Houston de la Compagnie générale parisienne des tramways. — Ce type de voiture est celui qui est en service sur la ligne de Saint-Ouen au Champ-de-Mars et qui capte le courant par trolley sur ligne aérienne ou sur conducteur placé dans un caniveau souterrain.

Cette voiture (*fig. 13*), de 9,700 m de longueur, est divisée en cinq compartiments et peut recevoir 36 voyageurs dont 11 sur la grande plate-forme, 10 dans le compartiment de 1^{re} classe.

12 dans le compartiment de 2^e classe et 3 sur la petite plate-forme ; en outre, une petite plate-forme est réservée au wattman à chacune des extrémités de la voiture.

La voiture est actionnée par deux moteurs électriques de 35 chevaux chacun, du type GE-58 de la Compagnie Thomson-Houston ; ces moteurs sont à simple réduction de vitesse, comportent 4 pôles et sont complètement enfermés.

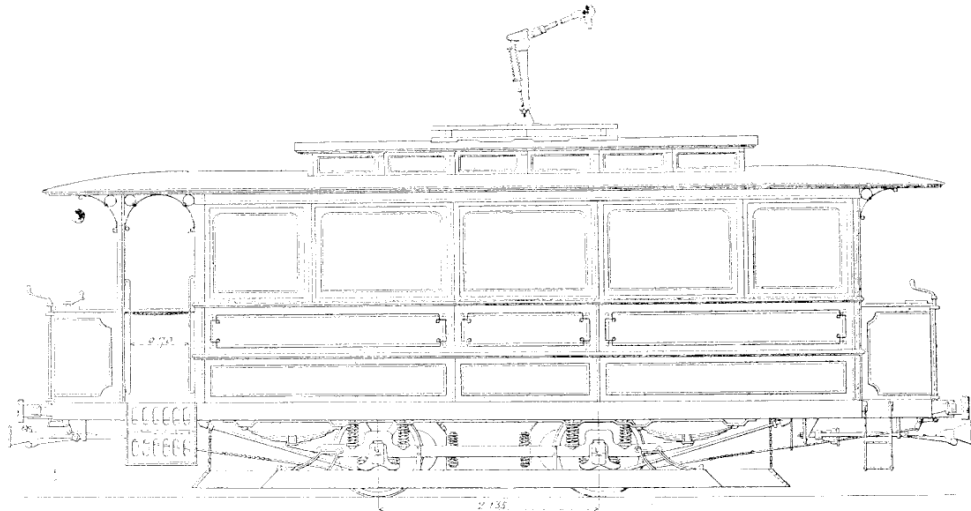


FIG. 13. — Voiture automotrice Thomson-Houston de la Compagnie générale parisienne des tramways.

L'équipement électrique se compose d'un appareil de prise de courant pour trolley de caniveau souterrain, monté sur les longerons du truck ; de deux coupleurs du type série-parallèle ;

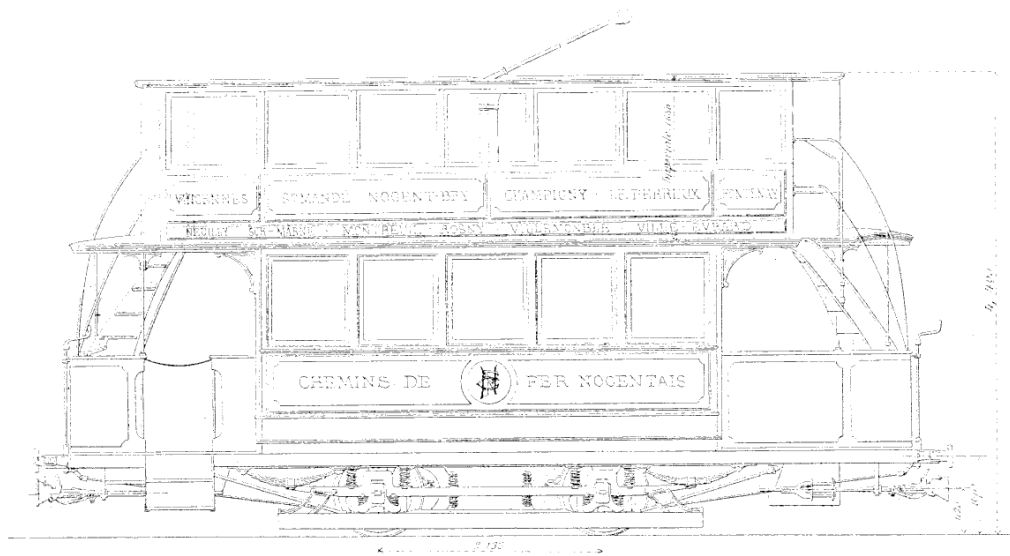


FIG. 14. — Voiture automotrice Thomson-Houston de la Compagnie des chemins de fer nogentais.

d'un parafoudre ; de l'installation d'éclairage électrique par lampes à incandescence ; de l'installation de chauffage électrique à l'aide de radiateurs ; de résistances placées sous la caisse et enfin de deux interrupteurs à soufflage magnétique branchés sur le circuit principal à chacune des extrémités de la voiture.

Chaque voiture est munie d'un frein à main, d'un frein à air comprimé et de sablières.

Voiture automotrice Thomson-Houston de la Compagnie des chemins de fer nogentais. — Cette voiture, comme la précédente, est du système Thomson-Houston : elle est à prise de courant par trolley avec roulette, système Dickinson, et a 8.800 m de longueur.

Comme on le voit sur la figure 14, cette voiture a deux plates-formes et une impériale ; elle peut recevoir 52 voyageurs.

Elle est actionnée par deux moteurs Thomson-Houston, type TH-2 de 35 chevaux de puissance chacun ; ils sont à 4 pôles et complètement enfermés. Ils attaquent l'essieu par simple réduction de vitesse.

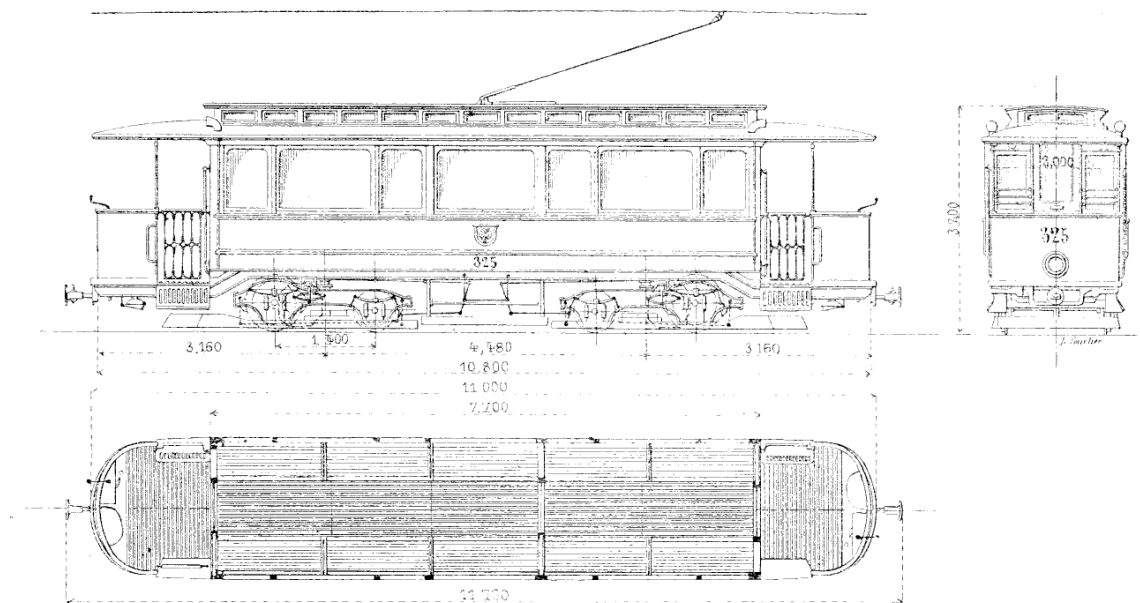


FIG. 15. — Voiture automotrice à trolley des tramways de Vienne (Autriche).

Ce type de voiture est chauffé et éclairé électriquement.

L'équipement électrique, les freins et les sablières sont les mêmes que dans la voiture de la Compagnie Générale parisienne des Tramways.

Voiture automotrice des tramways de Vienne (Autriche). — Cette voiture était exposée par M. J. Ringhofer de Smichow, près de Prague, qui en est le constructeur.

La figure 15 représente cette voiture, qui peut recevoir 40 voyageurs et dont le poids, sans les voyageurs, est de près de 13 tonnes, équipement électrique compris.

La caisse est montée sur deux bogies de système dit à traction maximum.

SYSTÈMES DE TRACTION ÉLECTRIQUE

CHEMIN DE FER MONORAIL, SYSTÈME LANGEN

La « Continental Gesellschaft für Elektrische Unternehmungen », de Nuremberg, avait exposé à Vincennes un tronçon de voie ainsi qu'une voiture du système Langen.

Ce système (*fig. 16*), appliqué sur la ligne de Barmen-Elberfeld-Vohwinkel, est caractérisé par ce fait que la voiture est librement suspendue à la voie et que sa position se trouve déterminée uniquement par la pesanteur ou par la résultante de la force centrifuge et de la pesanteur.

La structure générale de la charpente métallique qui supporte les deux files de rails

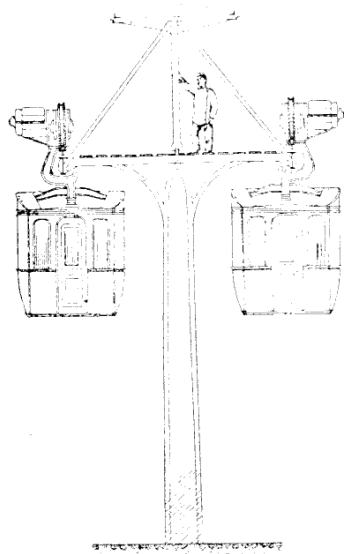


FIG. 16. — Monorail système Langen.

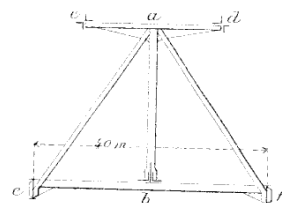


FIG. 17. — Section de la charpente métallique en voie droite.

se trouve représentée figure 17. C'est une poutre en treillis *ab*, dont l'aile supérieure *cd* et l'aile inférieure *ef* sont elles-mêmes deux poutres posées horizontalement. La partie *ab* résiste aux efforts verticaux; les parties *cd* et *ef*, réunies par une triangulation, supportent les

efforts horizontaux et de torsion. Les deux files de rails sont posés en *e* et en *f*, sur les deux côtés de la poutre horizontale. Le tout est supporté à la hauteur convenable, soit par des pylônes droits passant par l'axe (*fig. 18*), soit par des arceaux, soit enfin — et c'est le cas au-dessus de la rivière — par des palées qui s'appuient sur les rives (*fig. 19*). La distance de ces supports est en moyenne de 30 m. L'écartement horizontal des montants verticaux des arceaux est de 11,40 m. La distance horizontale entre les assises des palées va jusqu'à 30 m. L'écartement normal des deux rails est de 4 m. De distance en distance (tous les 200 ou 300 m), un pylône plus important est destiné à résister aux efforts horizontaux, alors que les supports intermédiaires peuvent se prêter aux déplacements dans le sens longitudinal. A mi-distance entre ces pylônes, un joint permet la libre dilatation.

Dans les courbes, la poutre inférieure *ef* seule épouse le tracé exact; la poutre supérieure *cd* reste droite (*fig. 20*).

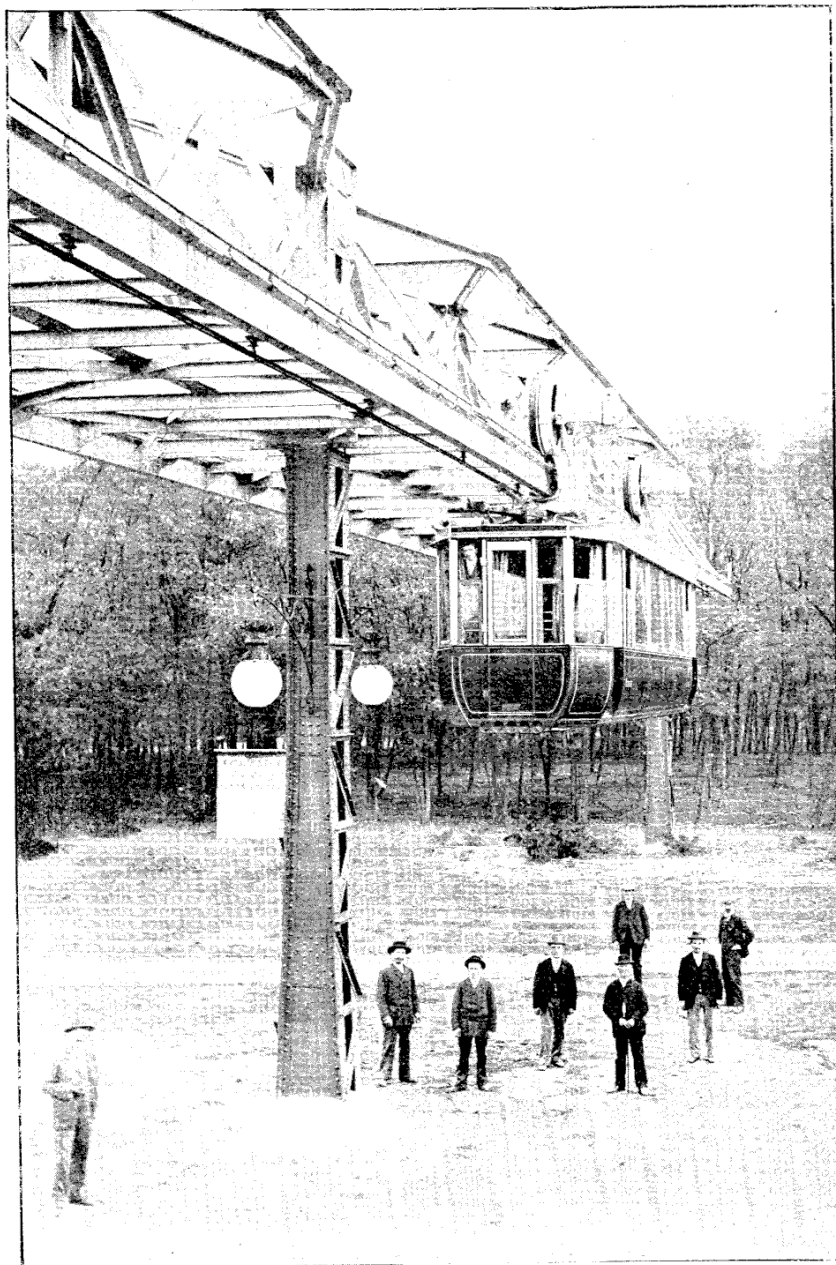


FIG. 18. — Chemin de fer monorail, système Langen. — Tronçon de ligne exposé à Vincennes.

Les stations sont également établies sur charpente métallique combinée avec les palées qui supportent la voie. Les quais qui donnent accès aux voitures sont extérieurs aux voies; un plus grand écartement des rails *fig. 21* permet, d'ailleurs, d'avoir des quais de milieu. La ligne se termine à chaque extrémité par une raquette de 8 m de rayon qui évite d'avoir à tourner les

voitures. Des aiguilles pivotantes ont été également établies à la station de Vohwinkel et au jardin zoologique d'Elberfeld.

Les rails sont du type Haarmann et pèsent 24 kg le mètre. Leurs extrémités se recouvrent partiellement à l'endroit des éclissages en vue d'éviter les chocs. La surveillance de cette ligne,

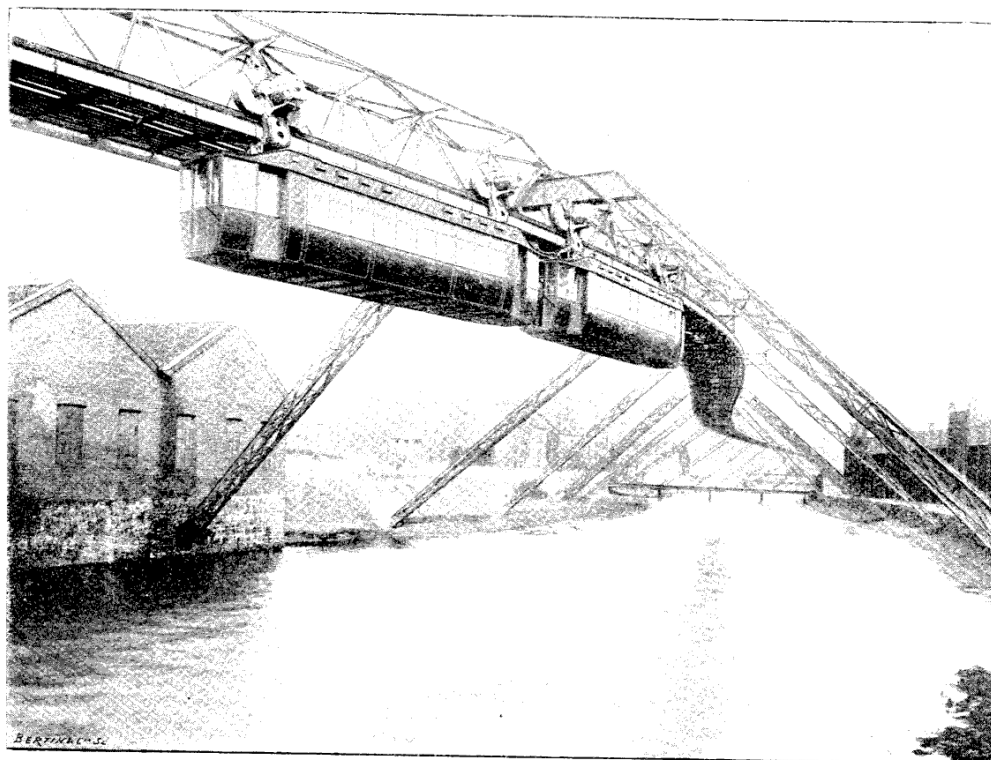


FIG. 19. — Monorail Langen. Ligne de Barmen à Elberfeld.

ainsi que celle des conducteurs électriques, est facilitée par l'existence d'un plancher à claire-voie qui permet la circulation au niveau de la ligne. Les voitures, construites par van der Zypen

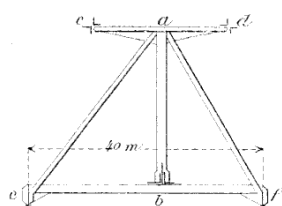


FIG. 20. — Section de la charpente métallique dans les courbes.

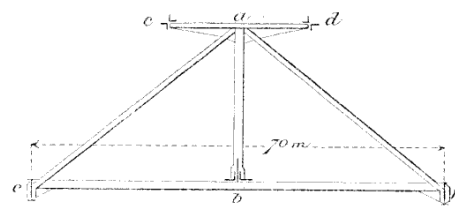


FIG. 21. — Section de la charpente métallique dans les stations ayant un quai de milieu.

et Charlier, ont 11,43 m de long, 2,10 m de large; elles contiennent 50 places, dont 30 assises. Elles sont divisées en deux classes et pourvues de portes latérales qui donnent accès aux voitures dans les stations et de portes en bout permettant de circuler sur toute la longueur du train ou, en cas de détresse, de passer dans un autre train arrivant sur la même voie.

L'ossature du véhicule est métallique. La suspension a été étudiée avec un soin tout particulier; les dispositifs de sécurité ont été multipliés en vue de rendre impossible la chute d'une voiture autrement que par un accident d'une gravité exceptionnelle. Le véhicule entier est sus-

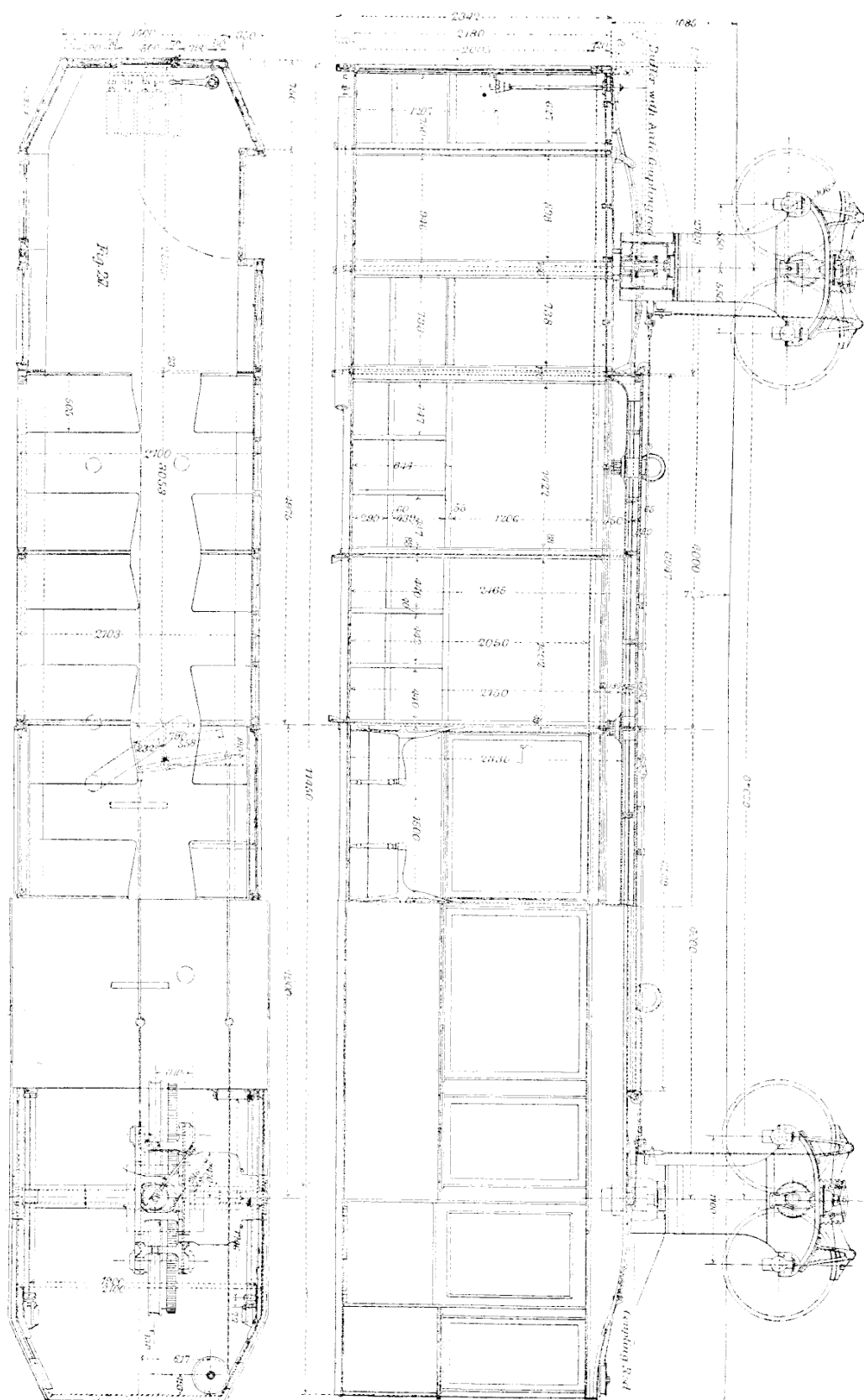


Fig. 22. — Elevation et plan des volans du monorail suspendu système Langen.

pendu à deux bogies à deux roues chacun (*fig. 22*). Le diamètre de ces roues est de 90 cm, l'empattement d'un bogie, 1,10 m et la distance d'axe en axe des deux bogies, 8 m. Les boîtes à huile qui reposent sur les extrémités des deux courts essieux de chaque bogie sont montées, sans aucun intermédiaire élastique, sur deux flasques en tôle d'acier qui, se recourbant comme on le voit en *n* sur la figure 23, portent le pivot sur lequel vient reposer la traverse qui supporte la voiture. Le moteur électrique qui actionne à la fois, par simple réduction, les deux roues d'un même bogie, est monté en porte-à-faux vers l'extérieur. Ce moteur, du type Schuckert, a une puissance de 36 chevaux et son pignon engrène, en même temps, avec deux roues dentées dont chacune est solidaire d'une des roues du bogie. Un cylindre à frein vertical (Westinghouse)

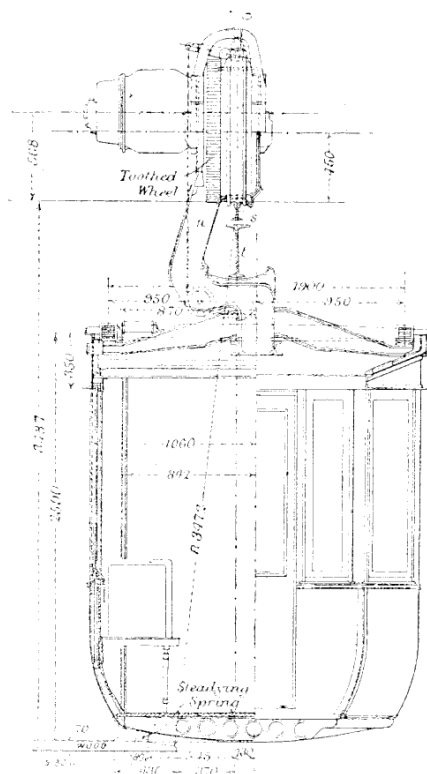


FIG. 23. — Coupe des voitures
du monorail suspendu système Langen.

la traverse permet la rotation du bogie dans les courbes, de même que la dénivellation des deux extrémités du véhicule; les constructeurs ont prévu que, en cas de rupture de la crapaudine, la traverse viendrait simplement tomber sur les fers en V solidaires de n . A chacune de ces deux extrémités, la traverse porte un des ressorts de suspension de la voiture. Là encore, il fallait prévoir la rupture possible de ce ressort; les deux extrémités de la traverse s'engagent donc, avec le jeu nécessaire, dans deux ouvertures pratiquées dans l'ossature de la caisse, de sorte que la rupture du ressort n'aurait d'autre effet que de faire reposer directement la caisse sur la traverse.

Toutes les voitures sont automotrices. Elles sont réunies électriquement par des câbles qui complètent les pièces d'attelage, la commande se faisant par la voiture de tête. Les autres voitures ne sont munies que d'un coupleur rudimentaire pour les manœuvres en gare.

Le courant est amené sous 530 volts par un petit rail en fer fixé à des isolateurs obliques. Le retour se fait par les rails de roulement. Les figures 24 et 25 montrent les détails du frotteur de prise de courant. C'est une sorte de patin F, dont la surface frottante est constituée par une

dizaine de bandes de bronze fixées à une semelle, le tout étant monté à l'extrémité d'un court levier isolé L que deux ressorts viennent appuyer sur le rail conducteur. L'ensemble permet, bien entendu, à la voiture de suivre ses oscillations naturelles sans que la surface du patin cesse d'être en contact avec le rail.

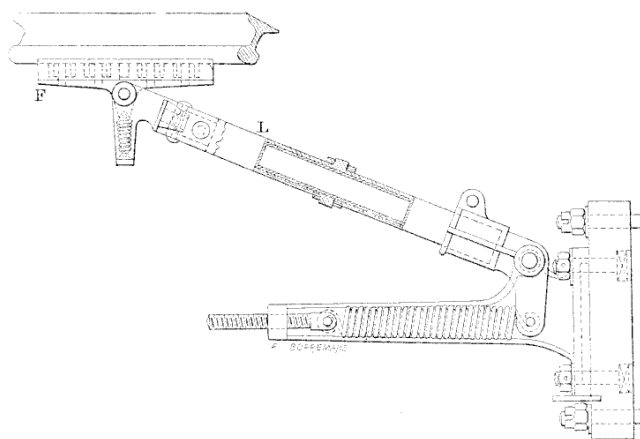


FIG. 24. — Frotteur de prise de courant. — Élévation.

La possibilité d'une détresse en pleine voie constitue une objection sérieuse pour un chemin de fer de ce genre, sans communication immédiate avec le sol. Aussi toutes les précautions ont été prises pour prévenir les arrêts intempestifs. A cet effet, les deux voies sont alimentées par deux conducteurs distincts et une batterie d'accumulateurs, installée à l'usine, peut servir de secours en cas d'accident aux machines. En cas d'accident sur une des voies, on a la possibilité de recueillir les voyageurs par un train de l'autre voie.

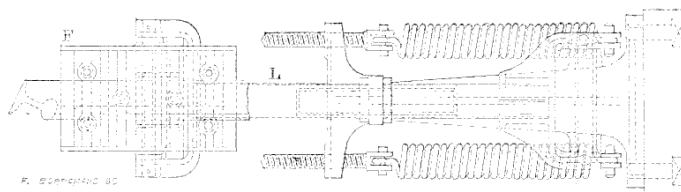


FIG. 25. — Frotteur de prise de courant. — Plan.

Les promoteurs du système Langen ont fondé sur l'application du principe de la libre suspension de plus amples espérances et ont envisagé son emploi pour les lignes à long parcours et à très grande vitesse. Malgré tout l'intérêt que peuvent présenter ces projets, nous nous bornerons à cet exposé d'une application réalisée, estimant qu'elle constitue déjà une brillante confirmation de la justesse d'une idée hardie et originale. Nous terminerons par l'exposé des avantages que revendiquent ceux qui se sont faits les propagateurs de ce système, en nous limitant au cas des chemins de fer urbains :

1° En raison de ce que la voiture peut franchir les courbes sans ralentir, on peut obtenir des vitesses moyennes de marche assez élevées ;

2° L'absence des chocs dans les courbes et aux joints des rails, la présence d'un seul rail qu'il est possible de poser avec une grande précision sur charpente métallique donnent aux véhicules une douceur de roulement exceptionnelle ;

3° Enfin, par suite de la simplicité de la voie, des formes judicieuses de la structure métallique, de la légèreté des voitures, le prix de revient du viaduc aérien est notablement moins élevé que dans les systèmes à double rail.

On aura une idée de la différence possible, en comparant le poids de métal employé sur la ligne que nous venons de décrire, soit 1 100 kg par mètre pour des portées de 30 m avec celui du tramway de Berlin, qui nécessite 1 400 kg par mètre avec des portées de 16,50 m seulement.

SYSTÈMES DE DISTRIBUTION DU COURANT PAR CONTACTS SUPERFICIELS

Système Diatto. — Dans le système Diatto, le câble amenant le courant est isolé, enterré dans le sol et relié à des pavés métalliques échelonnés de distance en distance dans l'entre-rails de la voie. Un frotteur en fer, suspendu sous la voiture et relié électriquement aux moteurs, sert de prise de courant.

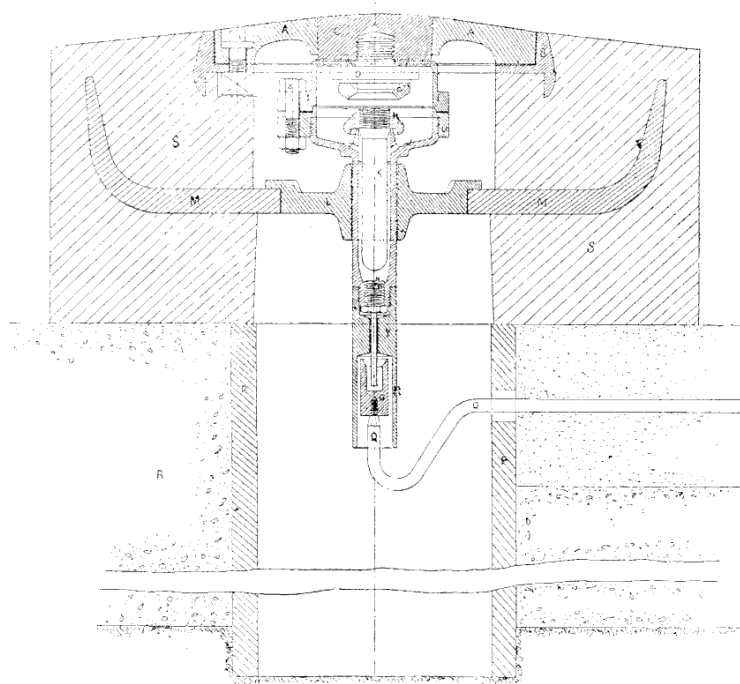


FIG. 26. — Contact superficiel, système Diatto.

La figure 26 donne les détails de construction du pavé métallique ou boîte de contact, dont les bords affleurent la chaussée, la surface supérieure présentant un léger bombement faisant saillie au-dessus du pavage de 20 mm environ.

Le bloc S formant la masse de la boîte est en asphalte; il est évidé en son milieu et communique directement avec le sol par un tuyau en grès P. Les boîtes ainsi que la voie sont posées sur un radier en béton. L'évidement central de la boîte en asphalte se ferme par un tampon amovible A en métal antimagnétique, très solide et garni en son milieu d'un cylindre de fer doux C. Ce tampon A repose sur une couronne en bronze B, noyée dans la masse, et se fixe à l'aide de trois boulons E.

Une pièce de fonte M, de grande perméabilité magnétique, est encastrée dans la masse de la boîte et sert de support à un collier de fonte L qui reçoit la partie inférieure d'un godet en ébonite J contenant du mercure. Les extrémités de la pièce M sont terminées par des ailettes qui se relèvent verticalement et qui sont noyées dans la masse d'asphalte.

A la partie inférieure du godet en ébonite J est vissé un bouchon de cuivre N muni d'une

tige de cuivre qui vient plonger dans le mercure que renferme un autre godet métallique O relié au conducteur Q qui amène le courant. La cheville en fer K plonge dans le mercure que contient le godet en ébonite J. La quantité de mercure et le volume de cette cheville ont été calculés de manière que le poids de cette dernière, dans sa position de repos, soit sensiblement équilibré par la poussée du liquide afin qu'une très faible attraction magnétique suffise pour la soulever.

La partie supérieure de la cheville est munie d'une tête H en charbon graphitique très solide et très conducteur. Le cylindre de fer doux fixé C, fixé au centre du tampon A, porte en son milieu un bouchon à vis D, garni d'un bloc G en charbon de même qualité que celui qui se trouve sur la tête de la cheville K. Une cloche en laiton I est fixée au tampon A à l'aide du bouchon D ; cette cloche, à son tour, supporte, par trois boulons Z, le godet en ébonite J par l'intermédiaire d'une bride assurant un joint parfaitement étanche.

Le godet J se prolonge, à sa partie inférieure, par un tube R en ébonite qui forme cloche à air étanche. Grâce à cette disposition, si la boîte venait accidentellement à se remplir d'eau, l'air contenu dans le tube R se comprimerait légèrement et empêcherait l'eau d'atteindre les contacts électriques.

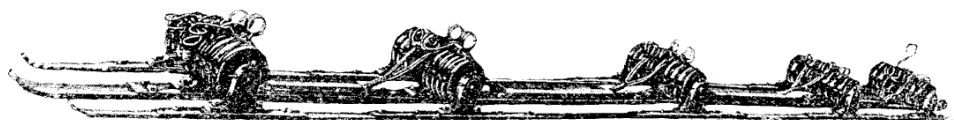


Fig. 27. — Frotteur, système Diatto.

Le frotteur dont est muni chaque voiture, à sa partie inférieure, est constitué par un barreau aimanté (*fig. 27*) qui passe successivement sur tous les plots. Lorsqu'il se trouve au-dessus de l'un d'eux, il attire la cheville K ; celle-ci, dans son mouvement ascensionnel, ne cesse pas de plonger dans le mercure et sa tête arrive au contact de la partie inférieure du cylindre de fer doux C fixé au centre du tampon A. Le circuit électrique des moteurs se ferme ainsi par l'intermédiaire du frotteur de la voiture, de la paroi métallique supérieure de la boîte de contact, de la cheville, du mercure et du conducteur de dérivation venant du câble souterrain.

Le frotteur se compose de trois barres parallèles sur lesquelles sont montés horizontalement des électro-aimants disposés de manière à communiquer la polarité nord à la barre centrale et la polarité sud aux deux barres latérales. Chaque électro-aimant porte deux enroulements distincts et de même sens afin de permettre de les exciter par deux sources différentes de courant : en marche normale de la voiture, ils sont excités par le courant de la ligne qui passe dans l'un des enroulements ; au départ de la voiture ou dans le cas où le circuit du courant principal viendrait à être interrompu dans la bobine, une petite batterie d'accumulateurs fournit le courant nécessaire qui passe dans le second enroulement.

Système Dolter. — Ce système de contact est fondé sur le même principe que le contact Diatto, c'est-à-dire sur l'attraction magnétique exercée par une barre aimantée, portée par la voiture, sur une pièce de fer doux disposée sur la voie qui vient, au moment voulu, fermer le circuit de la ligne et alimenter les moteurs actionnant la voiture.

Le système Dolter diffère cependant du système Diatto par quelques points intéressants et notamment par une grande simplicité de construction. Le mercure qui, dans le contact Diatto, sert de conducteur intermédiaire au courant, est supprimé et la pièce mobile se trouve dans le voisinage immédiat du plot aimanté.

La figure 28 représente le dispositif employé pour obtenir le contact. Le pavé portant le plot de contact est en fonte manganésée non magnétique ; il est maintenu à hauteur invariable sur la chaussée au moyen de deux traverses en chêne fixées aux rails et sur lesquelles il est tiré-foncé. Le plot de contact qu'il supporte en son milieu est formé de deux pièces en acier coulé. Ce

plot est logé dans un évidement du pavé, dont il est isolé par une pièce moulée en ambroïne qui fait corps avec le plot.

Sur l'une des pièces du plot est fixé, à l'aide de deux tourillons en fer, un levier constitué par deux bras placés à angle droit. Le petit bras, horizontal, est formé d'un cylindre de fer doux; le grand bras vertical est un tube en ambroïne à l'extrémité inférieure duquel se trouve un disque métallique dans lequel est encastré un contact en charbon, relié électriquement au cylindre de fer doux horizontal. L'ensemble du levier est enfermé dans un cylindre d'ambroïne, sur le fond duquel est fixé, par un écrou, un ressort dont l'extrémité supérieure porte un disque métallique muni d'un contact en charbon, identique à celui qui porte le bras vertical du levier. La dérivation de la ligne d'alimentation est reliée à l'écrou qui sert à fixer ce ressort et, par

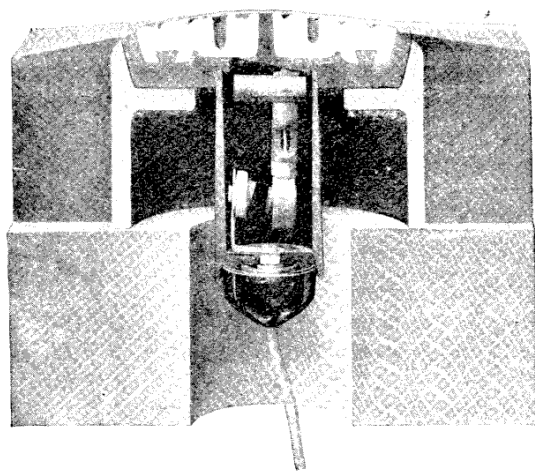


Fig. 23. — Contact superficiel, système Dolter.

suite, au contact en charbon; pour éviter l'échauffement du ressort provoqué par le passage du courant, on a doublé ce ressort par deux lamelles de cuivre rouge. Le cylindre d'ambroïne se termine inférieurement par une partie en forme de double cloche qui vient s'emboîter sur l'isolateur qui porte le fil de dérivation.

Le frotteur destiné à amener le courant aux moteurs est fixé sous la voiture. Il est constitué par deux barres en fer symétriques réunies entre elles, de distance en distance, par des entretoises. Sur ces entretoises sont enfilées les bobines d'excitation destinées à produire l'aimantation des barres, nécessaire pour provoquer l'attraction du

levier contenu dans le plot. Au départ, l'excitation est obtenue par quatre éléments d'accumulateurs montés en dérivation sur les bobines. Une des extrémités de l'enroulement des bobines est reliée à l'une des barres, tandis que l'autre est fixée sur une borne du coupleur de la voiture. En marche, les bobines sont alimentées par le courant de la ligne.

Le frotteur avec ses bobines d'excitation constitue un grand électro-aimant; les deux barres de ce frotteur forment l'une le pôle nord et l'autre le pôle sud. Lorsque le frotteur est excité et qu'il vient à passer sur l'un des plots de contact, le circuit magnétique est presque fermé par les deux pièces en acier coulé du plot qui se trouvent alors fortement aimantées et qui attirent énergiquement le bras horizontal en fer doux du levier mobile formant armature de l'électro-aimant dont les deux pôles sont représentés par les deux pièces du plot. Le levier oscille alors autour de ses tourillons et sa partie inférieure, portant le contact en charbon, vient appuyer sur le second contact en charbon que porte le ressort, fermant ainsi le circuit d'alimentation des moteurs de la voiture.

Le frotteur de la voiture a une longueur de 6,60 m de façon à pouvoir actionner un plot avant d'avoir quitté le plot précédent.

Pour prévenir les accidents qui pourraient se produire quand, pour une cause fortuite, un plot qui n'est plus couvert par la voiture reste en contact avec le fil d'alimentation, M. Dolter a muni la voiture d'un second frotteur, dit frotteur de sûreté, installé à l'arrière et en contact avec la masse. Lorsqu'un plot est resté en communication avec le circuit d'alimentation, le frotteur de sûreté, à son passage, détermine un court circuit qui produit la fusion d'un coupe-circuit disposé à l'intérieur d'un bras vertical du levier renfermé dans le plot; ce fil fusible, constitué par un fil d'aluminium d'un diamètre suffisant pour laisser passer le courant nécessaire lors du démarrage, sert en même temps de conducteur pour relier le contact en charbon au

cylindre de fer doux constituant le bras horizontal du levier mobile. Pour protéger la station de distribution qui alimente le réseau, le court-circuit ne peut se faire qu'à travers une résistance de 2 ohms qui limite le débit à 250 ampères. Le frotteur de sûreté a une longueur suffisante pour permettre au fil fusible de s'échauffer et de fondre si le courant est encore sur le plot au-dessus duquel il passe.

Système Vedovelli. — Dans le système Vedovelli, chaque plot de la ligne est alimenté par un commutateur; c'est une sorte d'interrupteur qui se ferme automatiquement au moment voulu. La dénomination de commutateur est exacte, car il n'y a jamais interruption de courant, puisque l'interrupteur précédent ne s'ouvre qu'au moment où le suivant est fermé. C'est cette commutation du courant qui caractérise le système Vedovelli exposé par la Compagnie générale de constructions électriques.

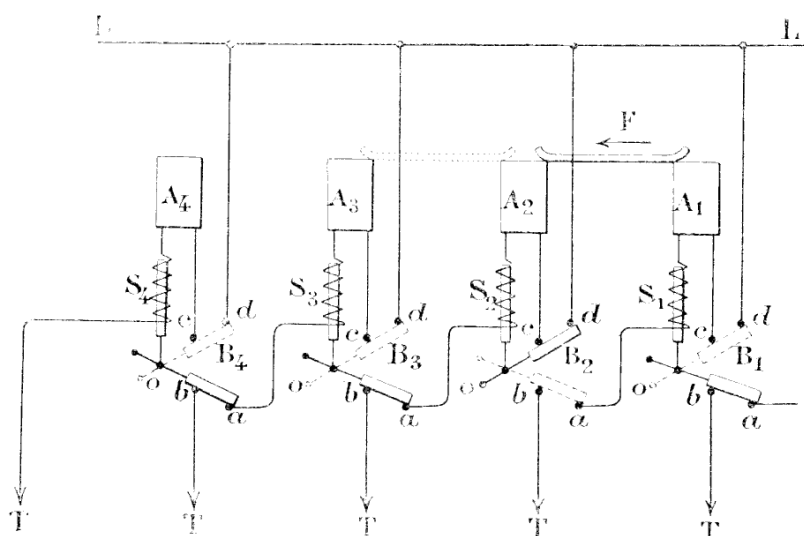


FIG. 29. — Contact superficiel, système Vedovelli.

Le commutateur se compose théoriquement d'un solénoïde en fil fin S (fig. 29); les extrémités de son enroulement sont reliées d'un côté au plot A , de l'autre à la terre T par l'intermédiaire de la pièce métallique B . Dans l'intérieur du solénoïde se meut un noyau terminé par une partie métallique B , pouvant osciller autour de l'axe o . Si, à un moment donné, le plot est relié avec la ligne L , une dérivation du courant principal traverse le solénoïde qui attire le noyau B ; ce mouvement d'attraction a pour effet : 1° de fermer l'interrupteur cd qui peut laisser passer sans échauffement appréciable la totalité du courant et 2° d'ouvrir un second interrupteur de plus petites dimensions ab .

Considérons, par exemple, le plot A^2 ; lorsque le frotteur de la voiture arrive sur lui, le courant arrive sur ce frotteur puisqu'il est encore en contact avec le plot précédent mis en communication avec la ligne. Dès qu'il touche le plot A^2 , le solénoïde S^2 est excité et attire son noyau; par suite, la pièce B^2 vient appuyer sur les contacts cd et le courant de la ligne arrive au plot A^2 ; en même temps, le contact de B^2 avec ab est rompu, ce qui a pour effet de couper le circuit du solénoïde S^1 du plot précédent A^1 ; le solénoïde S^1 n'étant plus excité, son noyau retombe et l'armature B^1 abandonne les contacts cd .

Si, pour une cause quelconque, le plot A^2 ne fonctionnait pas, le plot précédent A^1 resterait excité. La voiture serait privée de courant et le plot précédent A^2 serait balayé par un frotteur de sûreté placé à l'arrière de la voiture et relié en permanence à la terre. Dans ces conditions,

ce frotteur de sûreté provoque un court-circuit qui fait sauter un plomb fusible placé sur l'appareil lui-même ou bien fait fonctionner le disjoncteur automatique de la station génératrice.

Si, au contraire, le fonctionnement du système reste normal, la voiture arrivant sur le plot suivant A^3 , le frotteur établit la communication avec la ligne par le fonctionnement du solénoïde S^3 qui attirera son armature B^3 et tout se passe comme précédemment.

En résumé, lorsque le frotteur de la voiture arrive sur un plot, le commutateur qu'il renferme fonctionne pour alimenter ce plot et couper le circuit dans le plot précédent.

Au départ, le premier plot reçoit le courant soit d'un plot excité, à la main au départ de l'usine, soit par l'intermédiaire du trolley lorsque la voiture quitte une section ainsi installée.

Le principe sur lequel est fondé le système Vedovelli implique un sens de marche déterminé pour la voiture : en effet, c'est le commutateur de rang $n + 1$ qui coupe le circuit dans le commutateur de rang n et le commutateur de rang $n + 2$ qui rompt le circuit dans le commutateur de rang $n + 1$ et ainsi de suite. Pour qu'une voiture puisse marcher en sens inverse, il faut que ce soit le commutateur de rang $n + 1$ qui coupe le circuit dans le commutateur de rang $n + 2$ et le commutateur de rang n qui effectue la même opération pour celui de rang $n + 1$. Il faut donc effectuer une manœuvre pour obtenir ce résultat ; en examinant le schéma de la figure 29, on voit que chaque commutateur est relié au précédent et au suivant par un conducteur. Soit, par exemple, le commutateur de rang $n + 1$, le conducteur qui part de l'interrupteur va au commutateur de rang n et un autre conducteur, partant du solénoïde va au commutateur de rang $n + 2$. Pour inverser le sens de marche de la voiture, il suffira de changer l'ordre du point d'attache de ces deux conducteurs. C'est donc une simple inversion à faire pour obtenir ce résultat et si cette permutation est faite sur plusieurs plots consécutifs, la voie qui était disposée précédemment pour un sens de marche donnée, sera maintenant disposée pour le sens de marche opposé. Sur les lignes à double voie, le sens de marche des voitures est toujours le même ; dans le cas d'une ligne à voie unique, la solution la plus simple consiste à munir la voie d'une double série de plots, la première alimentant la voie montante, la seconde la voie descendante.

MATÉRIEL DE TRACTION ÉLECTRIQUE

APPAREILLAGE POUR TRACTION ÉLECTRIQUE

Indépendamment des locomotives et des voitures automotrices, on a pu voir à l'Exposition les divers types et modèles de matériel accessoire pour équipement électrique des lignes à traction électrique.

La maison Bisson, Bergès et C^{ie} ainsi que la Compagnie générale de constructions électriques avaient exposé du matériel de lignes aériennes à trolley : suspensions de divers modèles, perches, roulettes de trolley, isolateurs, isolants, colliers, tendeurs, aiguilles, croisements, etc.

La Société Ganz et C^{ie} de Budapest avait exposé, tant à Vincennes qu'au Champ de Mars, un grand nombre d'appareils pour la traction électrique des tramways, parmi lesquels il convient de citer tout particulièrement un coupleur pour connexion des moteurs et des accumulateurs en série et en dérivation. Les contacts sont disposés sur deux cylindres. Le grand cylindre, pourvu de 10 contacts, est utilisé pour effectuer les connexions des accumulateurs et peut prendre cinq positions qui sont les suivantes : circuit ouvert, tension de 175 volts, tension de 500 volts, freinage électrique et renversement de marche. Le petit cylindre, à 11 contacts, sert à obtenir les connexions supplémentaires des cinq que donne le grand cylindre, afin de mettre les deux moteurs en série, de shunter les inducteurs, d'établir la position transitoire pour passer au couplage en parallèle, de mettre les deux moteurs en parallèle et de shunter les inducteurs.

La même Société avait exposé un rhéostat de démarrage pour moteur triphasé et un châssis de voiture de tramway électrique.

La Compagnie Brill de Philadelphie (États-Unis) exposait divers modèles de trucks pour voitures automotrices. Nous citerons, entre autres, un truck pour voiture automotrice à deux essieux et un bogie à traction maximum disposé de manière à obtenir une grande puissance de traction avec deux moteurs seulement, à abaisser le dessous du plancher à la même hauteur que dans les véhicules à deux essieux, à obtenir une marche très stable et très douce, à avoir de longs véhicules avec un écartement de 1,22 m seulement pour les essieux de bogies et, enfin, à permettre de circuler aisément dans les courbes de très faible rayon.

EXPOSITION DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'OUEST

En terminant, nous signalerons encore à nos lecteurs la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest qui exposait dans la classe 23 (Palais de l'Électricité) deux tableaux concernant les divers éléments de la traction électrique et électro-pneumatique, ainsi que la construction de la voie électrique de la ligne des Invalides à Versailles.

Le premier de ces tableaux comporte les dessins ci-après :

- 1° Carte du réseau électrique Invalides, Champ de Mars, Versailles ;
- 2° Profil en long de la même ligne ;
- 3° Usine centrale d'Issy-les-Moulineaux ;

- 4° Sous-station de transformation électrique du Champ de Mars ;
- 5° Locomotive électrique ;
- 6° Sous-station électro-pneumatique des Invalides ;
- 7° Locomotive à air comprimé.

Le second tableau comprend :

- 1° Des échantillons de câbles électriques pour courants triphasés à haute tension montrant leur disposition ;
- 2° Une boîte d'extrémité verticale de câbles ;
- 3° Une boîte d'extrémité horizontale de câbles ;
- 4° Une boîte de jonction de câbles ;
- 5° Une boîte de dérivation de câbles ;
- 6° Des connexions électriques ;
- 7° Le dessin de la voie électrique.

Nous aurions pu, dans cette partie de l'Électricité à l'Exposition, nous étendre longuement sur la description du chemin de fer et de la plate-forme électriques qui ont fonctionné à l'Exposition. Comme ces installations ont aujourd'hui disparu et ne présentent plus qu'un intérêt rétrospectif, nous renverrons nos lecteurs à l'étude complète qui a été publiée dans la *Revue générale des Chemins de fer* dans les numéros d'août et d'octobre 1900.

TABLE DES MATIÈRES

HUITIÈME PARTIE

TRACTION ÉLECTRIQUE

Locomotives électriques

1° LOCOMOTIVES A ACCUMULATEURS

	Pages.
Locomotive électrique à grande vitesse de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée	3
Locomotive minière de la Société alsacienne de constructions mécaniques.....	6

2° LOCOMOTIVES A PRISE DE COURANT :

Locomotive électrique de la Compagnie d'Orléans.....	6
Locomotive électrique des usines du Creusot.....	7
Locomotive électrique de l'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft.....	9
Locomotive électrique, alimentée par courants triphasés, de la Société italienne de l'Adriatique.....	9
Locomotive électrique de la Société alsacienne de Constructions mécaniques.....	11
Locomotive électrique mixte, à adhérence et à crémaillère, de la Compagnie de l'Ouest lyonnais.....	12

II

Voitures automotrices électriques

1° VOITURES A ACCUMULATEURS

Voiture automotrice à accumulateurs de la Société italienne de la Méditerranée.....	15
Voiture automotrice à accumulateurs des chemins de fer de l'État belge.....	16
Voiture automotrice à accumulateurs de la Compagnie générale des Omnibus de Paris.....	17

2° VOITURE A PRISE DE COURANT PAR TROISIÈME RAIL

Voiture automotrice, à prise de courant par troisième rail, de la Société italienne de la Méditerranée.....	17
---	----

3° VOITURES A PRISE DE COURANT PAR TROLLEY OU CONTACT SUPERFICIEL

Voiture automotrice, à prise de courant par trolley, de la Société italienne de l'Adriatique.....	17
Voiture automotrice des tramways de Montiers au Villars.....	18
Voiture automotrice des tramways de l'Est parisien	19
Voiture automotrice pour voie d'un mètre.....	19
Voiture automotrice Thomson-Houston de la Compagnie générale parisienne de tramways.....	19
Voiture automotrice Thomson-Houston de la Compagnie des chemins de fer nogentais.....	21
Voiture automotrice des tramways de Vienne (Autriche).....	21

III

Systèmes de traction électrique

	Pages.
Chemin de fer monorail, système Langen.....	22
Systèmes de distribution du courant par contacts superficiels :	
Système Diatto.....	28
Système Dolter.....	29
Système Vedovelli.....	31

IV

Matériel de traction électrique

Appareillage pour traction électrique.....	33
Exposition de la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest.....	33