

## Tramways électriques

### 1.- Moteurs

Les moteurs de tramways sont généralement à courant continu. Comme ils sont soumis à des vibrations et à des chocs violents, il faut donner à leurs diverses pièces une grande solidité, sans augmenter leur poids d'une façon exagérée.

Les voitures sont généralement automotrices; le plus souvent deux des essieux reçoivent le mouvement d'un ou de deux moteurs. Les induits des moteurs tournant en général à une vitesse beaucoup plus grande que celle qu'il faut donner aux roues de la voiture, on réduit cette vitesse à l'aide d'engrenages ou de chaînes. Les longues voitures sont montées sur deux boggies articulés pour permettre le passage dans les courbes; dans les tramways de la *Compagnie des Omnibus de Paris*, chacun des boggies possède un essieu moteur et un essieu directeur dont les roues sont de plus petit diamètre.

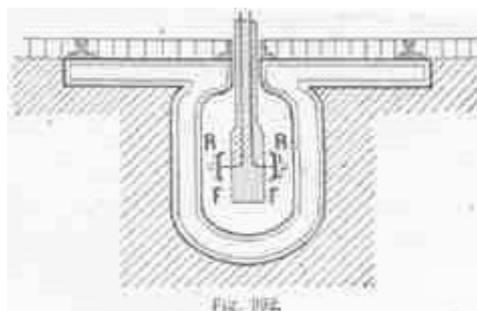
### 2.- Générateur du courant

Le courant électrique utilisé par les tramways est produit dans une usine centrale, qui peut être plus ou moins éloignée du lieu d'utilisation. Les dynamos génératrices sont actionnées par des moteurs à vapeur ou hydrauliques. Quand l'usine est éloignée, le courant est produit sous forme de courant alternatif, généralement triphasé, à haute tension, qui, dans une ou plusieurs sous-stations voisines de la ligne, est transformé en courant continu, généralement sous une tension de 500 à 600volts, - tension assez élevée pour être économique (parce qu'elle n'entraîne pas de grande dépense d'énergie dans les conducteurs), pas assez élevée pour être dangereuse.

### 3.- Transmission du courant

#### 3.1.- Câble aérien et trolley

Le système de transmission de beaucoup le plus économique est celui du câble aérien. Il consiste à relier un pôle des générateurs à un câble aérien courant le long de la ligne et soutenu de place en place par des potences au moyen de supports isolants; l'autre pôle est en communication avec les rails, tous reliés électriquement avec soin. La voiture porte un bras, terminé par un galet nommé *trolley*, qui est relié électriquement à un pôle du moteur; l'autre pôle étant réuni au bâti et, par suite, aux roues de la voiture. Des ressorts forcent le trolley à appuyer sur le câble qu'il suit en roulant. Le courant est ainsi amené au moteur; il revient à la génératrice par les rails. Le principal inconvénient de ce système est d'être souvent d'un effet disgracieux; surtout lorsqu'il existe, sur la voie, des courbes à faible rayon qui forcent à tendre le câble sur des fils de suspension horizontaux; aussi n'est-il qu'exceptionnellement toléré dans l'intérieur de *Paris*; il est seulement employé dans la banlieue et dans les quartiers excentriques.



#### 3.2.- Conducteur souterrain

Dans certaines lignes de tramways, les pôles de la machine génératrice communiquent avec deux rails RR (fig. 992), isolées dans un caniveau placé au-dessous de la voie du tramway. Ce caniveau communique avec l'extérieur par une rainure percée dans la voûte. Une pièce, nommée *bêche de prise de courant*, portée par la voiture, traverse l'ouverture du caniveau. Elle porte deux fils isolés, qui communiquent avec les moteurs de la voiture et qui se terminent, en bras,

par deux frotteurs F, F glissant sur les rails et transmettant, ainsi le courant au moteur.

Le plus grave inconvénient du système à caniveau est son prix élevé; mais il ne présente aucune espèce de danger et ne nuit pas à l'esthétique des voies qu'il traverse.

### 3.3.- Câble souterrain et plots

Ce système consiste à placer entre les rails, de place en place, des sortes de pavés métalliques ou *plots*. Au moment où la voiture passe au-dessus d'un plot, un système convenable de distribution le met en communication avec un câble isolé, réuni à l'un des pôles de la génératrice; une barre portée par cette voiture glisse sur le plot et transmet le courant au moteur; le retour se fait par les rails. Lorsque le frotteur quitte un plot pour s'engager sur le suivant, la communication entre le premier et le câble est rompu, tandis qu'elle est établie avec le second<sup>1</sup>.

### 3.4.- Tramways à accumulateurs

Certains tramways portent avec eux des accumulateurs chargés capables d'entretenir le courant du moteur pour un voyage. Ce système présente une sécurité absolue, il permet de utiliser les voies déjà existantes, telles qu'elles sont, mais il force à emporter dans la voiture un poids mort considérable. C'est ainsi que la première voiture essayée en 1883 par M. *Raffard* portait 3 tonnes d'accumulateurs *Faure*. Depuis lors les progrès de la construction des accumulateurs ont permis de réduire leur poids, qui reste quand même très grand.

## Chemins de fer électriques

De nombreuses lignes de chemin de fer sont actuellement équipées électriquement.

Le système le plus en faveur pour les petites lignes consiste à produire l'énergie électrique sous forme de courant triphasé à haute tension. Ces courants sont transmis à des sous-stations qui le transforment en courant continu à 550 ou 600 volts et c'est ce courant qui alimente les moteurs des trains

Dans ce cas deux contacts seulement sont nécessaires. Le retour se fait généralement par les rails et le second contact est pris par un frotteur porté par la locomotive et glissant sur un rail latéral isolé, communiquant avec le pôle de la génératrice.

### 1.- Métropolitain de Paris

C'est cette solution qu'on a adoptée dans le chemin de fer métropolitain de Paris. Dans les trains du métropolitain, il n'y a pas de véritable locomotive électrique, mais il y a des voitures munies de moteurs électriques et appelées *automotrices*. Suivant leur longueur, les trains comprennent soit deux, soit trois voitures automotrices. Dans chaque automotrice il y a deux moteurs de 125 chevaux portés par les boggies avant. Les diverses motrices sont équipées électriquement de façon à permettre la conduite du train par une seule d'entre elles; chacune des voitures s'alimente elle-même par ses propres frotteurs, mais les manœuvres nécessaires pour coordonner ces alimentations autonomes sont opérées par des servo-moteurs automatiques.

Le courant triphasé à haute tension est produit à l'usine centrale de *Bercy* et diverses sous-stations le transforment en courant continu 500 ou 600 volts.

### 2.- Chemin de fer Nord-Sud de Paris

Ce chemin de fer, assez analogue au métropolitain, en diffère notablement par l'équipement électrique. Celui-ci comporte un rail isolé à +600 volts et un conducteur aérien à

600; les rails de roulement étant au potentiel zéro. Chaque train possède deux motrices, munies de quatre moteurs de 125 chevaux. Une des motrices prend le courant entre le rail isolé et les rails de roulement; l'autre le prend entre le conducteur aérien et les mêmes rails. Ceux-ci se trouvent donc parcourus par des courants en sens inverse, qui se détruisent parce que leur intensités sont à très peu près égales. Ce dispositif est économique, parce qu'il utilise une tension totale de 1,2100 volts, c'est-à-dire deux fois plus élevée que dans le métropolitain.

<sup>1</sup> Ce système n'est pas sans présenter quelques dangers, aussi est-il de moins en moins employé. Il arrive en effet quelquefois que, par suite du mauvais fonctionnement des appareils, un plot reste en communication avec le câble après le passage du tramway, les deux pôles des génératrices se trouvent alors en communication avec des points voisins sur le sol, le plot et les rails, si un homme ou un cheval vient à réunir ces deux points par son corps, il peut recevoir une commotion mortelle.

### 3.- Electrification des grandes lignes de chemin de fer – Locomotives électriques

On tend de plus en plus à remplacer la traction à vapeur par la traction électrique sur les grandes lignes de chemin de fer, principalement dans les régions montagneuses, où les chutes d'eau fournissent l'énergie électrique à bon marché. Le plus souvent les trains sont composés de voitures ordinaires tirées par une locomotive électrique.

Plusieurs solutions ont été adoptées pour ces machines.

#### 3.1.- Emploi du courant continu

On emploie souvent le moteur à courant continu.

Ce moteur présente l'avantage d'avoir une grande souplesse: sa vitesse s'adapte automatiquement à l'effort résistant déterminé par la pente des voies et par le poids des trains; au démarrage il produit un couple moteur très grand. On obtient facilement les variations de vitesse en shuntant les inducteurs par des résistances plus ou moins grande, et par le couplage de deux moteurs soit en série, soit en parallèle. Mais ce moteur ne peut supporter des tensions supérieures à 750 volts. Il nécessite donc un courant intense. Ce courant provient de sous-stations qui reçoivent elles-mêmes des courants triphasés à haute tension (5,000 à 6,000 volts généralement), qu'elles transforment en courant continu. Cette transformation se fait au moyen de commutatrices, qui sont des machines assez délicates, nécessitant une surveillance constante. Pour s'en affranchir on a cherché à fournir directement le courant alternatif aux locomotives, dans les solutions suivante:

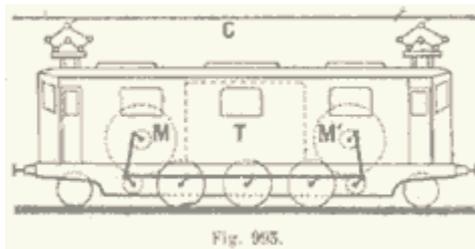
#### 3.2.- Emploi des courants redressés

Cette solution, qui permet de se servir de moteurs à courant continu, est appliquée dans la locomotive *Auvert et Ferrand*<sup>2</sup>. Le courant reçu par la machine est alternatif simple<sup>3</sup>; sa tension est abaissée sur la locomotive par deux transformateurs statiques, qui alimentent les redresseurs. Ceux-ci fournissent le courant<sup>4</sup> à quatre moteurs de 400 chevaux.

#### 3.3.- Emploi des courants triphasés

Ils nécessitent trois contacts, deux sur des câbles isolés, le troisième sur les rails de roulement. On les fournit généralement à la locomotive sous une tension modérée<sup>5</sup>. Les moteurs à courant triphasé présentent l'inconvénient de n'avoir un rendement élevé que pour une vitesse voisine du synchronisme; d'autre part le démarrage se fait par introduction d'une résistance dans l'induit, ce qui diminue le rendement. Ces défauts font que les moteurs triphasés sont de moins en moins employés.

#### 3.4.) Emploi du courant alternatif monophasé



Le courant alternatif monophasé, actionnant des moteurs à collecteur, est de plus en plus employé dans les chemins de fer électriques. Ce moteur jouit en effet des mêmes qualités de souplesse que le moteur à courant continu. Il demande une tension maximum, de 750 volts; mais celle-ci peut être obtenue par un transformateur statique porté par la locomotive.

La figure 993 montre la disposition schématique d'une locomotive à courant monophasé, destinée au réseau pyrénéen de la *Compagnie du Midi*. Le courant monophasé, à 10,000 volts arrive par un rail aérien isolé C, sur lequel frottent des *pantographes* portés par la voiture. Ceux-ci conduisent le courant à un transformateur T abaisseur de tension, qui alimente à son tour deux moteurs M et M' de 800 chevaux chacun. La rotation de ces moteurs est transmise, par deux essieux auxiliaires, à trois roues motrices couplées. Le courant primaire est ramené par les rails de roulement.

<sup>2</sup> essais de 1912 sur la ligne de *Cannes à Grasse*

<sup>3</sup> 12,000 volts, 25 périodes.

<sup>4</sup> Tension 300 volts.

<sup>5</sup> 3,000 volts.

### Automobiles électriques

Ces voitures sont actionnées par des moteurs électriques et portent des accumulateurs qui fournissent l'énergie nécessaire. La première application de ce genre a été faite par *Ayrton* qui, en 1882, construisit un tricycle électrique. *M. Jeanteaud* construisit en 1887 la première voiture électrique. Des perfectionnements successifs ont été apportés à ces automobiles par MM. *Darracq*, *Kriegere*, *Mildé*, etc. Ils présentent, comme avantage sur les voitures à pétrole: la sécurité absolue, l'absence de bruit, de trépidations, de chaleur et d'odeur; mais ils exigent des usines pour le chargement des accumulateurs qui, de plus, ont un poids considérable ainsi que le moteur. Ce poids ne peut être diminué qu'à la condition d'employer, dans les accumulateurs, des lames de plomb plus minces, mais la batterie s'use alors rapidement.

