

Les Tramways de Pénétration

...

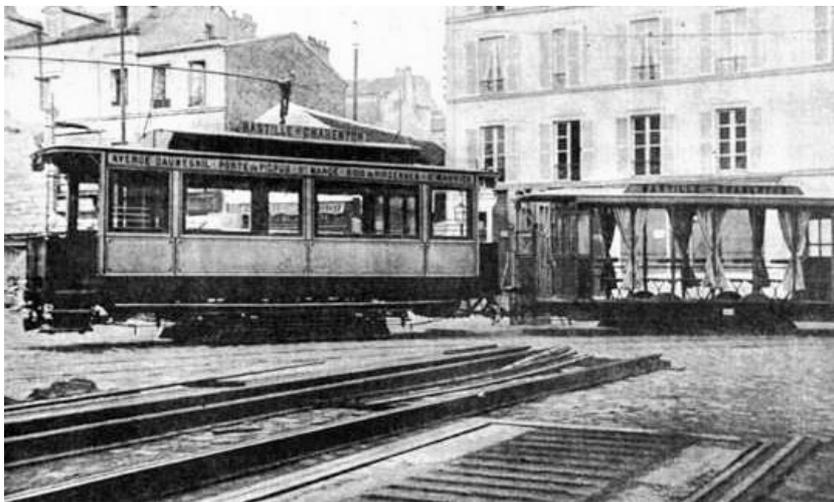
"L'emploi des chevaux est la plaie des tramways, dit M. Sérafon (Les Tramways, Paris, 1882, in-12). Le prix des fourrages, si variable qu'on ne peut déterminer à l'avance ce que coûtera la ration, le renchérissement des chevaux, leur usure rapide, les épidémies qui les détruisent à certaines époques, tout concourt à rendre ce mode de traction très onéreux et très préjudiciable aux Compagnies.

Tandis que les frais de traction sur un chemin de fer à locomotives n'entrent que pour 80 à 85% dans les dépenses d'exploitation, la traction animale représente les 65 à 75% de celles 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 le dimanche et les jours de fête où le mouvement des voyageurs augmente considérablement. Il faut, pour qu'un tramway prospère, qu'il transporte beaucoup, et que la traction ne prenne pas la majeure partie de la recette. Ces deux conditions ne peuvent pas être remplies avec l'emploi des chevaux."

Il y a longtemps que l'on songe à remplacer la traction animale par la traction mécanique; et l'on a pensé tout d'abord et très naturellement à la vapeur qui avait fait ses preuves pour les chemins de fer. On imagina la *voiture à vapeur automobile*, dont on fit l'essai surtout en Angleterre et en Suisse. Il y eut le car *Baldwin*, le car *Ted*, le car *Ranson*, le car *Grantham*, le car *Brünner*, le car *Perret* et plusieurs autres dans lesquels une même voiture comprenait une machine à vapeur et un compartiment pour les voyageurs.

Train d'été de la ligne des tramways électriques, *Bastille-Charenton*



En France, on préféra les *remorqueurs à vapeur*, locomotives à faible puissance, capables de traîner une ou plusieurs voitures. Ces machines fonctionnèrent, pendant quelque temps, à Paris et à Rouen.

Il existe plusieurs types de remorqueurs. Dans la locomotive *Merrywheater*, la chaudière est tubulaire et horizontale; le mécanisme est caché, sous la plate-forme, par deux panneaux de tôle qui

descendent jusqu'au sol. C'est le système que nous avons vu fonctionner à Paris, de 1875 à 1880, sur le trajet de la gare *Montparnasse* à la *Bastille*. Il fut aussi employé à Rouen.

La locomotive *Brown*, employée à Bruxelles, en Italie, en Suisse, à Saint-Etienne et à Paris, sur les lignes de la place de l'Etoile à Courbevoie, était construite d'après des principes analogues. Un autre système fut essayé, en 1878, sur la ligne de Saint-Denis. Nous n'avons pas à prononcer de jugement sur la valeur respective de ces divers remorqueurs, dont le succès fut éphémère.

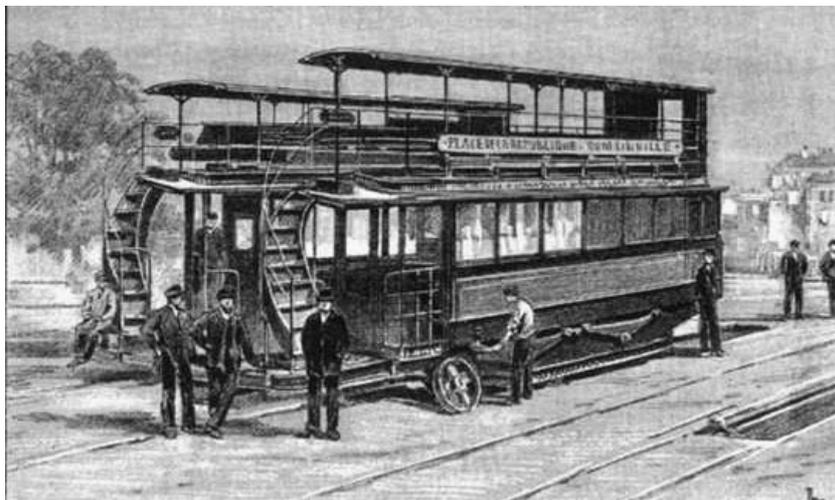
La locomotive à vapeur ne présente pas les mêmes inconvénients que le cheval; mais elle en a d'autres qui en ont fait abandonner l'usage. Non seulement elle est encombrante et bruyante, mais elle répand des nuages de vapeur et de fumée, elle jette sur le sol des escarbilles, et semble prendre à tâche de se

rendre insupportable. De plus, elle est lourde, ce qui oblige à construire des voies massives, capables de supporter un poids considérable. Après différents essais, on en revint aux chevaux. Mais la victoire du crottin sur les escarilles lui suscita de nouvelles rivalités, et l'on peut prédire que sa défaite irrémédiable et complète sera la conséquence des efforts que l'on a faits pour généraliser les transports en commun, à l'occasion de notre Exposition de 1900.

Après la locomotive à vapeur, on essaya la *locomotive à eau chaude*, destinée à produire la *traction à vapeur sans feu*, de manière à éviter les inconvénients d'un foyer lançant de dangereuses étincelles, des fragments de charbon enflammé et des jets de fumée. Ce système, imaginé en *Amérique* par le docteur *Lamm* et introduit en *Europe* par l'ingénieur français *Léon Francq*, repose sur ce principe de physique que le pouvoir d'ébullition de l'eau croît ou décroît selon que la pression augmente ou diminue à sa surface; d'où il résulte qu'en surchauffant de l'eau dans un vase clos, on emmagasine la vapeur et que l'on peut ensuite utiliser celle-ci comme force motrice.

L'appareil du docteur *Lamm*, qui a circulé pendant quelque temps à la *Nouvelle-Orléans*, vers 1875, se composait d'un réservoir clos, monté sur quatre roues et contenant de l'eau chauffée à une température d'environ +180d. Des cylindres, communiquant avec le réservoir, actionnaient une manivelle qui faisait tourner l'essieu au moyen de roues dentées. L'eau bouillante introduite dans le réservoir était fournie par un régénérateur.

Tramway électrique de *Paris* à *Romainville*, système *Claret-Vuilleumier*



M. *Léon Francq* apporta divers perfectionnements à l'appareil américain. Il obtint un chauffage de +200d, en introduisant, dans l'eau du récipient, la vapeur qui se dégage d'un générateur. Au lieu de rejeter directement la vapeur au dehors, il la dirigea dans un condenseur, où elle se liquéfiait presque complètement, ce qui réduisait l'émission de vapeur à l'extérieur et le bruit de l'échappement. Un détendeur

automatique permettait de régler d'avance et à volonté la pression de la vapeur à son entrée dans les cylindres. Enfin, un ingénieux mécanisme mettait le remorqueur à même de marcher indifféremment dans les deux sens, de manière à éviter la nécessité du retournement au bout de chaque parcours. La machine sans foyer ainsi établie pouvait parcourir 20 kilomètres avec deux voitures, soit 10 kilomètres aller et retour, avec un seul rechargement à l'une des extrémités de la ligne. Elle a fonctionné en 1880 sur la ligne de *Rueil* à *Marly* et sur celle de *Lille* à *Roubaix*; elle atteignait une vitesse de 20 kilomètres à l'heure et franchissait, sur la route de *Marly*, une rampe de près de 2 kilomètres sur laquelle se trouvent des déclivités de 6%. Ce système de traction se serait sans doute généralisé si la marche rapide des inventions et des perfectionnements ne l'avait rendu pour ainsi dire inutile.

A la même époque, on étudiait l'emploi de l'*air comprimé* comme force motrice à l'usage des tramways. L'air comprimé présente l'avantage inappréciable de ne produire aucun gaz, aucune vapeur nuisible, aucun bruit et nul danger d'incendie. L'air est emmagasiné à une forte pression dans des cylindres de tôle et passe, comme la vapeur des locomotives, dans des cylindres moteurs. Un mécanisme, manœuvré à la main par le conducteur au moyen d'une roue, règle son affluence plus ou moins grande, et permet d'augmenter ou de ralentir la vitesse de la voiture.

Il existe plusieurs genres de ces appareils. Celui de M. *Mekarski* fonctionna en 1878, entre la place de l'*Etoile* et *Courbevoie*; il fut aussi employé à *Nantes*. Le système de MM. *Victor Popp* et *James Conti*, perfectionnement du précédent, a été adopté par les villes de *Saint-Quentin*, d'*Angoulême*, de *Tarbes*, etc. Il est basé sur l'emploi de l'air comprimé à basse pression, ce qui diminue le poids mort

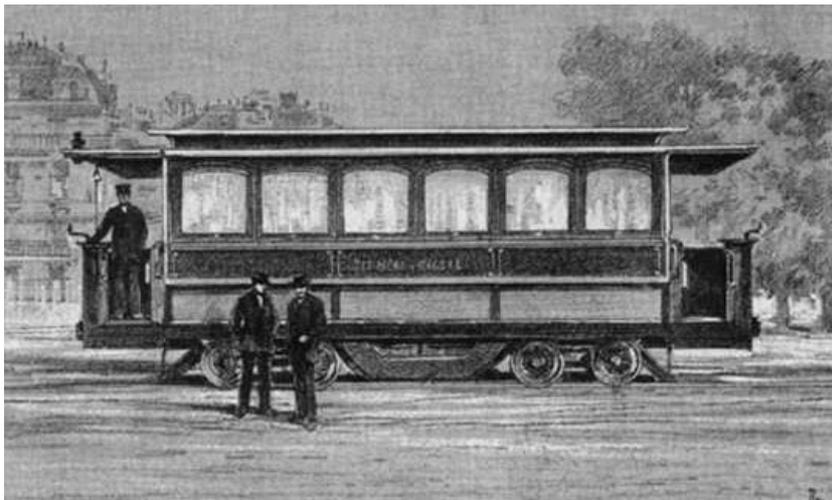
des voitures qui ont à supporter des réservoirs moins résistants et par conséquent moins lourds. Grâce à cet allègement, les tramways peuvent franchir des rampes rapides comme on en trouve à *Angoulême* et à *Saint-Quentin*. Par suite d'une heureuse combinaison, des prises d'air comprimé sont installées de distance en distance, près des bureaux d'arrêt, de sorte que la voiture peut renouveler son chargement d'air automatiquement et en quelques secondes.

On a aussi étudié l'emploi du *pétrole* comme force motrice pour la propulsion des tramways; mais on a bientôt renoncé à ce genre de moteur, dont l'odeur et les petites explosions successives sont si désagréables.

Le *gaz* a obtenu un peu plus de succès. Un système de tramways à gaz fonctionne normalement à *Dessau*, depuis 1894. A *Paris*, la Compagnie parisienne du Gaz a mis à l'essai, en 1896, un tramway automoteur à gaz, parfaitement disposé. Le moteur, à deux cylindres horizontaux, placés de part et d'autre de l'arbre moteur, est caché, sous les sièges, ainsi que les appareils accessoires. Le volant de la machine est disposé dans la façade latérale correspondante. Les trois réservoirs, contenant le gaz comprimé, sont placés de manière à établir un équilibre parfait entre les diverses parties de la voiture.

Les Tramways Electriques. — Les différents systèmes de tramways à traction mécanique dont nous venons de nous occuper pouvaient faire concurrence à la traction animale, sans avoir la puissance de la remplacer complètement. Le cheval continua de sillonner nos rues et nos boulevards. Le tarif des transports en commun resta le même; et pourtant l'objectif, c'est de trouver le moteur qui permettra de réduire au meilleur marché possible le prix des transports, et ce but n'avait pas encore été atteint.

Voiture à accumulateurs, système *Siemens et Halske*



Enfin, l'électricité vint; et c'est à son intervention que nous devons — ou que nous devons — un abaissement général des tarifs.

L'importance des électromoteurs est établie depuis longtemps, mais leur application pratique est toute nouvelle. Sans entrer dans aucun détail, rappelons que la machine *Gramme* ne fut guère connue avant l'Exposition de *Vienne*, en 1873. Quelque temps après, MM. *Werner*

Siemens et Halske, constructeurs à *Berlin*, créèrent, les premiers, la traction des wagons au moyen de deux machines dynamoélectriques conjuguées, l'une fixe, l'autre mobile avec le convoi. La première envoyait le courant électrique engendré par elle à la deuxième. Cet appareil vit le jour à l'Exposition de *Berlin* en 1879. Les inventeurs ne tardèrent pas à le transformer pour le rendre plus utilisable; et ils établirent, en 1881, une petite ligne de tramways électriques entre *Lichterfelde* et l'Ecole des Cadets, sur une longueur d'environ 2 kilomètres et demi. Ce fut, ne l'oublions pas, le premier tramway électrique fonctionnant régulièrement.

L'Angleterre a été le berceau de la traction à vapeur; l'Allemagne possédera, dans l'histoire de la civilisation, l'honneur d'avoir mis en pratique, à l'usage des tramways, les théories de nos compatriotes *Arago*, *Ampère* et de l'Anglais *Faraday*, sur l'emploi de l'électricité comme force motrice. L'année même où fut installée la petite ligne de *Lichterfelde* à l'Ecole des Cadets, eut lieu l'Exposition d'Electricité à *Paris*. C'était en 1881, juste dix ans après la guerre néfaste qui a jeté un Bosphore de sang et de haine entre deux nations qui devraient, au contraire, rester unies pour le bien de l'humanité. Les colères étaient encore bien vivaces, et pourtant les visiteurs de l'Exposition parisienne d'Electricité ne purent se dispenser d'admirer le petit tramway électrique établi entre la place de la *Concorde* et le palais de l'Industrie, par les soins de MM. *Siemens et Halske*, comme spécimen du chemin de fer électrique qu'ils venaient d'installer entre *Charlottenbourg* et *Spandau*. Le principal perfectionnement

apporté par les inventeurs à leur première conception consistait à renoncer aux rails, comme conducteurs de courant, et de les remplacer par des fils aériens, soutenus en l'air au moyen de poteaux. Une sorte de navette en laiton établissait une communication permanente du courant au véhicule en mouvement. De cette façon, tout danger était écarté sur les routes, le passage d'un courant électrique par les rails à fleur de terre ayant produit des accidents. Le système des fils aériens comme conducteurs était donc inventé et n'avait plus qu'à être perfectionné et simplifié.

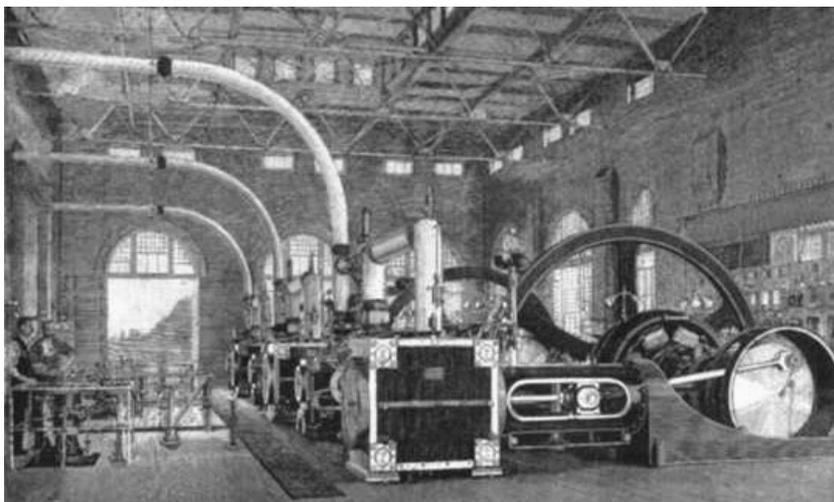
A partir de ce moment, les lignes se multiplièrent en *Allemagne*, en *Europe* et en *Amérique*. Chez nous, la première ligne de tramways électriques fut mise en service en 1890 seulement; elle reliait *Montferrand (Auvergne)*, *Clermont* et *Royat* sur un parcours d'environ 4 kilomètres. Ce fut une singularité, au début; ensuite, une curiosité pour les nombreux étrangers qui affluèrent à *Clermont-Ferrand* pendant la saison balnéaire; enfin, au bout de quelque temps, une application sérieuse, pratique de la traction par l'électricité. D'autres lignes furent installées dans les principales villes de *France*, et le total des kilomètres qu'ils desservirent atteignit ou dépassa quatre cents.

Les différents systèmes de traction électrique employés jusqu'à ce jour présentent des inconvénients on n'a pas atteint l'idéal. Mais tels qu'ils sont, il est facile de les utiliser, et leur emploi constitue un progrès indéniable, prouvant que la science n'a pas fait faillite. Nous allons les passer rapidement en revue:

1.- Tramways à Canalisation Aérienne. — La méthode de traction par conducteurs aériens est aujourd'hui la plus populaire. On l'a appliquée avec succès dans la plupart de nos grandes villes, *Paris* excepté. D'une manière générale, elle est constituée par un fil aérien servant de conducteur. En dessous de ce fil, une sorte de galet roulant, porté par une perche métallique, prend le courant électrique. La perche, fixée sur la toiture du véhicule, transmet le courant au moteur installé au-dessous de la caisse sur le châssis. Le circuit électrique est achevé et fermé par les rails et le sol.

Les variantes sont nombreuses, parce que l'appareil de prise de courant peut-être constitué par un frotteur (archet *Siemens* et *Halske*) ou par une petite roue à gorge (trolley). Les premiers tramways à fils aériens possédaient l'archet, construit en un métal mou, bon conducteur, ordinairement l'aluminium. Cet archet est articulé sur un support fixé sur le toit du véhicule et pressé par des ressorts contre le fil.

La traction électrique des tramways – Usine motrice



En *France*, on lui préfère ordinairement le *trolley*, qui est d'origine anglaise, ainsi que son nom l'indique. C'est une roulette métallique captant le courant sur le conducteur aérien. C'est le système le plus répandu dans nos villes de province et pour nos tramways de pénétration extra-muros. Il a donné lieu à de nombreuses variantes, dont nous allons dire quelques mots, en commençant par le *tramway électrique Thomson-Houston*,

comportant quatre parties principales une station centrale, pour la production de l'énergie électrique; un conducteur aérien suspendu au-dessus de la voie; une voiture automotrice portant un ou plusieurs moteurs ainsi que l'appareil de prise du courant; enfin, une voie de roulement servant en même temps de conducteur de retour pour le courant. Chacune de ces parties demanderait à être expliquée, mais la place nous manque. Disons seulement que la voiture automotrice est surmontée d'une perche métallique terminée par un trolley (en français, roulette), toujours appuyé sous le fil conducteur et communiquant avec l'une des bornes des moteurs électriques, l'autre borne se trouvant en communication avec les rails par l'intermédiaire des roues de la voiture; par ce moyen, le circuit est

complet et ininterrompu. Ce système a été employé à *Milan*, à *Bruxelles*, à *Rouen* (lignes de *Quévilly*, de la *Madeleine*), à *Versailles*, etc.

En *Amérique*, on paraît préférer le *tramway électrique Walker*, qui se distingue particulièrement par un genre de trolley à rouleau tournant dans des paliers à billes, ce qui simplifie les aiguillages, prévient l'usure du fil dans les courbes et évite les ruptures du circuit par échappement du trolley à gorge.

En *Suisse*, on a appliqué le système *Oerlikon*, constitué surtout par un type de moteur d'une grande solidité; et aussi le système de la *Compagnie de l'Industrie électrique de Genève*, dans lequel la roulette à gorge est remplacée par un frotteur calculé pour prévenir les déraillements dans les courbes ou les aiguillages, quelque soit la vitesse.

Il existe aussi des *tramways à courants alternatifs*, qui diffèrent essentiellement des précédents par la forme et la disposition des électromoteurs.

L'établissement du fil aérien, présente de grands avantages; mais comme il n'y a rien d'impeccable, on l'accuse et on le convainc de graves inconvénients qui l'ont fait proscrire par la municipalité parisienne.

Son crime principal est de nécessiter l'emploi d'un nombre considérable de poteaux et de fils transversaux, surtout à l'endroit des courbes. Passe encore pour les poteaux, parce que l'on peut leur donner des formes artistiques et les surmonter d'élégantes lanternes électriques qui répandent une éclatante lumière. Mais pour les fils, c'est autre chose, pas de circonstances atténuantes ils forment, au-dessus des rues, une sorte de toile métallique semblable à une toile d'araignée suspendue sur la tête des passants, et qui n'est pas sans danger, car si un fil casse, gare à celui qui en est atteint et qui reçoit une commotion électrique!

Au point de vue de l'exploitation, les inconvénients ne sont pas moins graves. Le circuit de retour par les rails donne lieu à une abondante déperdition d'électricité dans le sol. De petits courants s'établissent entre les rails et les conduites métalliques des tuyaux de conduite d'eau, de gaz et les câbles téléphoniques du voisinage; il en résulte, en peu de temps, des ravages considérables.

Les communications téléphoniques ont particulièrement à souffrir de la déperdition électrique des rails, à cause des phénomènes d'induction et de dérivation. On obvie à ce danger de diverses manières dont la plus radicale consiste à établir un second fil aérien servant de ligne de retour.

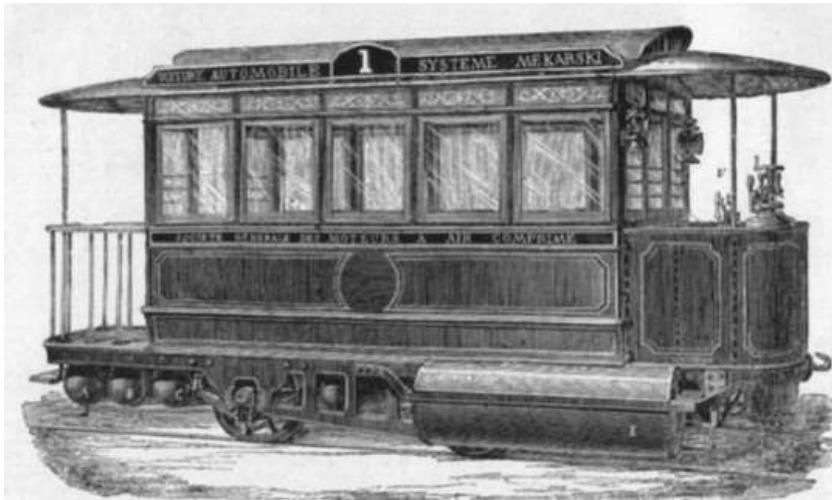
2.- Tramways Electriques à Canalisation Souterraine en Caniveau. — Le système de traction par fils aériens étant impraticable dans certaines grandes villes, où il est prohibé pour des raisons d'esthétique, il a fallu imaginer une méthode de traction avec conducteur placé en dessous du sol au lieu d'être en dessus. Dans ce système, on établit sous la voie un caniveau contenant les conducteurs, représentés par un fil sur lequel des roulettes ou des frotteurs, reliés au véhicule, recueillent le courant électrique. Ce courant peut revenir à l'usine par les rails de roulement, ou même pour éviter les phénomènes d'électrolyse, par un second conducteur souterrain. Le caniveau est situé sous l'un des rails ou entre les deux rails; il forme une fente longitudinale, qui ne serait pas sans danger si l'on n'avait soin de limiter sa largeur. A *Paris*, la limite maxima de cette rainure est fixée à 29 millimètres, de manière que les roues des voitures et des vélocipèdes ne puissent s'y engager.

Les frotteurs de prise de courant sont assez résistants pour chasser les objets qui peuvent s'introduire dans le caniveau; ils sont ordinairement formés d'une enveloppe d'acier, dans laquelle passent les câbles de prise du courant.

De même que les tramways à fils aériens, ceux qui font usage de la canalisation souterraine ne sont pas sans inconvénients leur installation est coûteuse; l'établissement des croisements et des aiguillages présente des difficultés; l'entretien de la canalisation est minutieux et exige de fréquentes ouvertures de tranchées; c'est pourquoi ces genres de tramways ne sont employés que lorsqu'il est impossible d'avoir recours au procédé aérien, et encore on lui préfère alors les systèmes dont nous allons parler.

3.- Tramways à Contacts au Niveau du Sol. — Dans ce genre de tramways, la canalisation est souterraine, mais la prise du courant a lieu sur contacts séparés au niveau du sol. Pour cela, on dispose, de distance en distance, entre les rails, une série de contacts métalliques isolés, dépassant le sol de quelques millimètres seulement, de manière à ne pas gêner la circulation des voitures et des piétons. Ces contacts sont reliés à l'usine génératrice et distancés d'environ 2 mètres ou 2 mètres et demi les uns des autres; de manière que la voiture ait toujours au moins un contact au-dessous d'elle. Un frotteur longitudinal disposé sous le truck du véhicule capte le courant nécessaire à l'alimentation des électromoteurs. On a imaginé divers moyens plus ou moins ingénieux pour prévenir la déperdition de l'électricité par dérivation entre les plots de contact et les rails servant au retour du courant, et surtout afin d'éviter toute commotion pour les passants ou les chevaux. Les plots ne doivent être en communication avec la canalisation d'alimentation que pendant l'instant où ils se trouvent sous le véhicule; le courant doit cesser pour eux aussitôt après le passage du tramway.

Voiture motrice à air comprimé



Dans le système *Glaret - Vuilleumier*, établi en 1896, entre Paris (place de la République) et *Romainville*, le courant émis par une dynamo génératrice est envoyé par un conducteur souterrain à des distributeurs, disposés le long de la voie à une distance d'environ 100 mètres les uns les autres. De petits fils d'alimentation, partant à droite et à gauche de ces distributeurs, se relie chacun à un élément de contact placé

au milieu de la voie. Sur ces contacts, reliés à la canalisation d'alimentation pendant le passage de la voiture seulement, les électromoteurs reçoivent le courant par l'intermédiaire d'un frotteur placé sous le véhicule. Le frotteur est disposé de telle sorte qu'il ne quitte pas un contact avant d'atteindre le suivant. La voiture reste donc en communication permanente avec la source d'électricité. Le retour du courant à la dynamo a lieu par les roues et les rails.

Le système *Diatto*, exploité en France par la Compagnie générale de traction électrique, diffère du précédent par la distribution du courant, qui est un peu plus compliquée, ainsi que dans le système *Westinghouse* et dans le système *Lacroix*.

4.- Tramways à Accumulateurs. — Dans le système à accumulateurs, le véhicule emporte avec lui l'énergie nécessaire, emmagasinée dans des batteries d'accumulateurs électriques. Ces batteries, placées sous la caisse de la voiture, alourdissent celle-ci; elles s'épuisent rapidement et l'on est obligé de les recharger dans une usine ordinairement située à l'un des terminus de la ligne. Ce procédé ne peut donc être employé que pour des trajets limités.

D'autre part, les accumulateurs, outre l'inconvénient de leur poids énorme, augmentent d'une manière sensible les frais d'exploitation, parce qu'ils se détériorent rapidement.

Malgré ces défauts, les tramways à accumulateurs ont été adoptés par la Compagnie des tramways de Paris et du département de la Seine, qui les a mis en exploitation sur la ligne de la *Madeleine* à *Courbevoie*. Chaque voiture reçoit une batterie de 200 accumulateurs *Tudor*, du poids total de 3,600 kilogrammes. Ce système, adopté pour plusieurs lignes parisiennes, présente l'avantage de pouvoir utiliser toutes les voies déjà installées, sans nécessiter le moindre changement, ce qui est un avantage inappréciable quand une nouvelle ligne est forcée d'emprunter la voie d'une autre ligne dont le mode de traction n'est pas le même. D'ailleurs, au moyen des accumulateurs, on évite les circuits électriques avec leurs dangers.

5.- Tramways Electriques Mixtes. — Le système mixte est utilisé à *Paris* et dans plusieurs autres villes où le fil aérien est interdit, tandis qu'il est permis dans leur banlieue. Les Compagnies établissent alors un conducteur aérien en dehors de la ville et changent ensuite de système en entrent dans celle-ci. C'est ce qui arrive pour la plupart de nos tramways de pénétration. Ce passage d'un système à l'autre, devant se faire sans perte de temps, nécessite certaines complications dans la construction des voitures automotrices.

