

## CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE SUSPENDU (SYSTÈME LANGEN)

---

Les projets si nombreux de chemin de fer métropolitain pour Paris paraissent devoir rester à l'état de projets. Mais dans d'autres villes d'Europe, ainsi qu'en Amérique, on semble plus près de la réalisation de quelques perfectionnements notables dans le système de transport en com-

mun des voyageurs. Nous avons donné, dans notre numéro du 20 janvier, la description d'un chemin de fer urbain destiné à la ville de Boston. A Berlin, où les lignes métropolitaines ont déjà reçu une extension très considérable, on s'ingénie à les étendre davantage; le dernier

projet en date est, à notre connaissance, celui qui a pour but l'établissement d'un chemin de Fer suspendu à propulsion électrique.

L'auteur de ce projet, M. Langen, part de cette idée qu'il est impossible de faire circuler sur les voies ferrées les véhicules transportant les marchandises et les voitures à grande vitesse destinées au transport des voyageurs. Si l'on veut accroître la vitesse de ces dernières au delà du maximum déjà atteint, il est de toute nécessité, toujours d'après cet ingénieur, d'établir des voies spéciales qui ne seraient parcourues que par des voitures à grande vitesse. Dans les grandes villes, en particulier, ce problème ne pourrait être résolu que par l'établissement de lignes souterraines ou aériennes. Mais les lignes souterraines sont très coûteuses; c'est ainsi que le premier réseau métropolitain de Londres a nécessité une dépense de 12 millions de francs par kilomètre.

Par contre, il est assez difficile de se rendre

grande distance, que les quais sont communs aux deux genres de transports.

Il devient par conséquent nécessaire de séparer entièrement le transport urbain du transport à grande distance. Dans ce but, il peut être utile d'adopter une voie moins large que la voie normale, et de propulser les véhicules au moyen d'un courant électrique produit dans une ou plusieurs stations centrales. La largeur occupée au-dessus de la chaussée est réduite, dans ce cas, et les courbes peuvent présenter des rayons beaucoup plus petits que dans le cas d'une voie à largeur normale. La vitesse pourrait être portée à 40 kilomètres à l'heure.

Mais l'exploitation des lignes à voie étroite est rendue difficile par la force centrifuge qui tend à renverser les véhicules. Dès qu'on aura supprimé ce danger de basculement dans les courbes, par la force centrifuge, on pourra augmenter la vitesse des véhicules, et par suite améliorer les conditions d'exploitation des lignes urbaines.

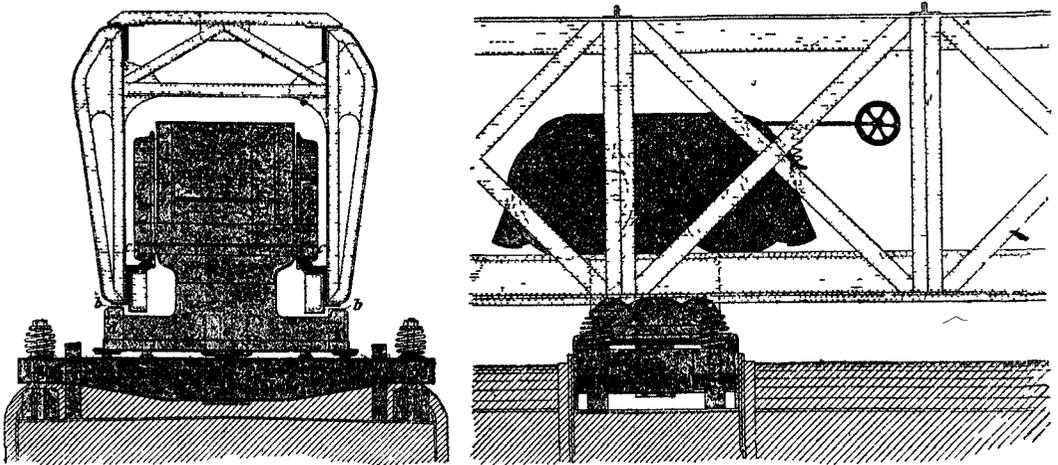


FIG. 1 et 2. — Vue en bout et élévation du moteur électrique.

compte d'avance de ce que peut coûter une ligne aérienne, surtout si des expropriations d'immeubles sis dans les beaux quartiers deviennent indispensables. Toutefois, le métropolitain de Berlin, n'a coûté on le sait, que 7,5 millions de francs le kilomètre. Il convient d'ajouter que la voie à largeur normale de cette ligne ne comporte pas de courbes ayant un rayon inférieur à 180 mètres.

La voie à largeur normale présente cet avantage que les véhicules venant d'autres réseaux peuvent la parcourir; mais cet avantage est souvent illusoire, puisque le transit intensif d'une ligne de ce genre permet à peine d'augmenter le nombre de trains au delà d'une certaine limite. D'autre part, une ligne à voie normale, présentant des courbes dont le rayon est inférieur à 200 mètres environ et qui exige des véhicules à dispositifs spéciaux pour parcourir les courbes, ne peut pas recevoir des wagons et voitures venant des lignes étrangères. Pour cette raison on voit souvent dans les gares destinées au transport urbain et au transport à

On est conduit alors à changer complètement le mode de construction des chemins de fer.

Dans le système Langen, le véhicule est, d'après le *Prometheus*, toujours suspendu de façon qu'il se trouve à l'état d'équilibre stable. On sait, d'autre part, qu'un véhicule qui a été déplacé par l'action des forces latérales de sa position d'équilibre présente une tendance à revenir dans cette position.

Le chemin de fer suspendu s'adapte avec les modifications nécessaires aux deux cas qu'il convient d'envisager du transport urbain (ou de banlieue) et du transport à grande vitesse. Dans le système que nous décrivons, le véhicule peut osciller autour de l'arête supérieure du rail de façon à faire avec la verticale un angle de 40°. Les galets inférieurs qui roulent le long de la surface cylindrique de la poutelle qui supporte le rail rendent le déraillement impossible, au cas où les roues des véhicules tendraient à se soulever du rail. Sous l'influence du poids et de la force centrifuge le véhicule se place de lui-même suivant le sens de la résultante de

toutes les forces qui agissent sur lui. Les oscillations dues à la pression latérale du vent peuvent être supprimées par un paravent placé au-dessus des roues du véhicule; en effet, les deux surfaces de ce paravent reçoivent la même pression.

Par suite de l'action de la force centrifuge, les bandages des roues sont soumis à un effort considérable de rupture, la résistance de l'air est énorme et on est obligé par conséquent de dépenser un effort de traction considérable pour obtenir une grande vitesse de propulsion des véhicules. L'auteur de ce système croit qu'il ne serait pas impossible, au point de vue technique, de réaliser une vitesse de 300

kilomètres à l'heure. Cependant des considérations économiques obligent de se contenter d'une vitesse maximum qui doit être de beaucoup inférieure à celle que nous venons d'indiquer; il faut, en effet, avant tout, que les dépenses d'exploitation ne dépassent pas les recettes. Cette limite dépend naturellement du nombre des véhicules qui circulent sur la ligne dans un temps donné, et ne peut pas être déterminé *a priori*.

Nous laisserons de côté le chemin de fer suspendu destiné au transport à grande distance de voyageurs, et nous nous bornerons à donner la description du système prévu pour l'exploitation urbaine.

Pour des raisons esthétiques, et notamment

pour donner un aspect plus favorable à l'infrastructure, on suppose que le chemin de fer suspendu est à deux voies. Les châssis des roues roulent sur des membrures inférieures d'une poutre en treillis ayant reçu la forme d'un caisson et ouverte en bas (fig. 1 et 2). Le déraillement des roues *a* est empêché par les galets de friction *b*; ces galets se posent entre la membrure inférieure dès que les roues des véhicules se soulèvent de quelques millimètres.

Les roues en question sont suspendues sur la caisse du moteur au moyen de ressorts, de sorte qu'elles se posent contre la caisse sans choc. L'arbre du moteur est désigné par *i* (fig. 1). Sur la caisse du moteur, la voiture est suspendue de façon qu'elle puisse tourner autour d'un tourillon du milieu *e* et qu'elle puisse osciller avec un jeu latéral. Ce jeu est limité, dans la mesure où il est nécessaire, lorsque le véhicule se meut avec une vitesse de 40 kilomètres

à l'heure et au delà de cette vitesse le déplacement latéral est empêché par un ressort qui presse d'abord mollement, mais dont l'action devient de plus en plus puissante.

Chaque truck à deux essieux de la voiture com-

porte un moteur spécial. Les moteurs sont placés à une profondeur telle qu'ils sont facilement accessibles de l'intérieur de la voiture et peuvent être au besoin même remplacés pendant la marche. La transmission du mouvement des moteurs aux essieux moteurs peut se faire à l'aide de chaînes, de câbles ou d'engrenages. On prendra la précaution de pouvoir intercaler les deux moteurs ou un seul d'entre eux dans la circuit, avec tout l'enroulement des électro-

aimants ou avec une partie de cet enroulement, ce qui permettra de graduer le travail des moteurs. On pourra de même graduer l'action des freins.

D'abord on effectuera le freinage par chacun des moteurs à l'aide du courant électrique.

De plus,

chaque truck est muni d'un frein à main dont le fonctionnement est d'autant plus efficace qu'il saisit le rail non seulement d'en haut, mais aussi d'en bas. Par conséquent, chaque voiture comportera 4 freins entièrement indépendants l'un de l'autre, dont un seul suffira pour arrêter la voiture s'il le faut.

Le truck se termine en bas par un grand cylindre creux qui est relié avec la partie supérieure du truck d'une manière rigide. Dans ce cylindre,

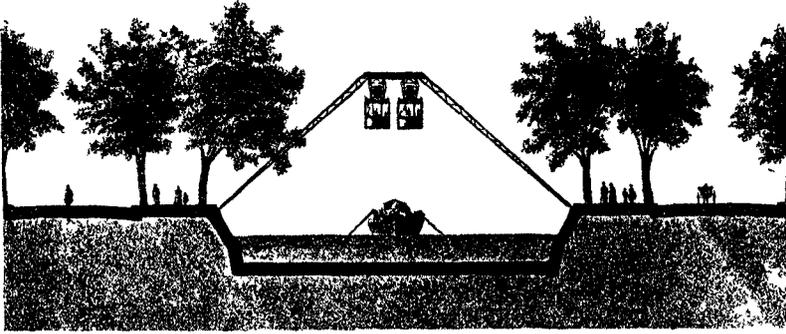


FIG. 3. — Chemin de fer suspendu au-dessus d'un canal.

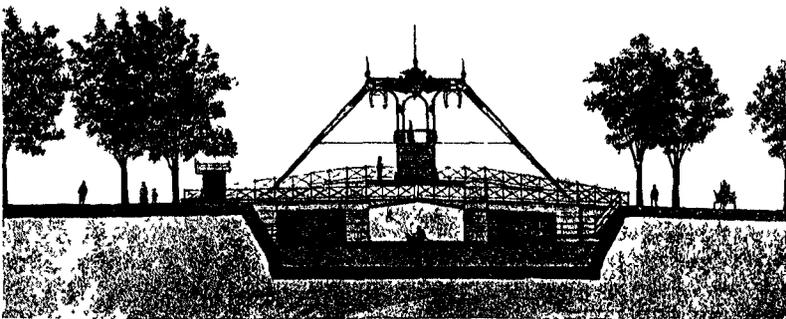


FIG. 4. — Chemin de fer suspendu au-dessus d'une écluse.

on a placé les galets de friction *b* dont il vient d'être question. Même au cas où le rail se romprait, la partie restante de la membrure inférieure offrirait un appui suffisant; et si les roues motrices et les essieux moteurs se rompent, la partie du châssis en forme de patin *c* (fig. 2) se poserait sur les rails, enfin, si les galets de friction *b* se rompent, ils seront immédiatement remplacés par des crochets solides que l'on ne voit pas sur la figure. Par conséquent, les rails, les roues motrices, les essieux moteurs et les galets de friction peuvent se rompre à la fois sans que la voiture puisse quitter les poulies

dantes des perturbations éventuelles dans les conducteurs du courant, et pour qu'elles puissent servir dans ce cas comme des locomotives. En général, ces perturbations seront très rares et n'affecteront qu'une seule voie à la fois. Les voyageurs pourront donc quitter une voiture restée en panne et passer sur un pont de service dans une voiture arrivée par l'autre voie. Les réparations, n'exigeant pas beaucoup de travail pourront se faire à l'aide de ces voitures d'inspection, tandis que des réparations plus importantes seront effectuées en transportant par les voitures en question des échafaudages légers

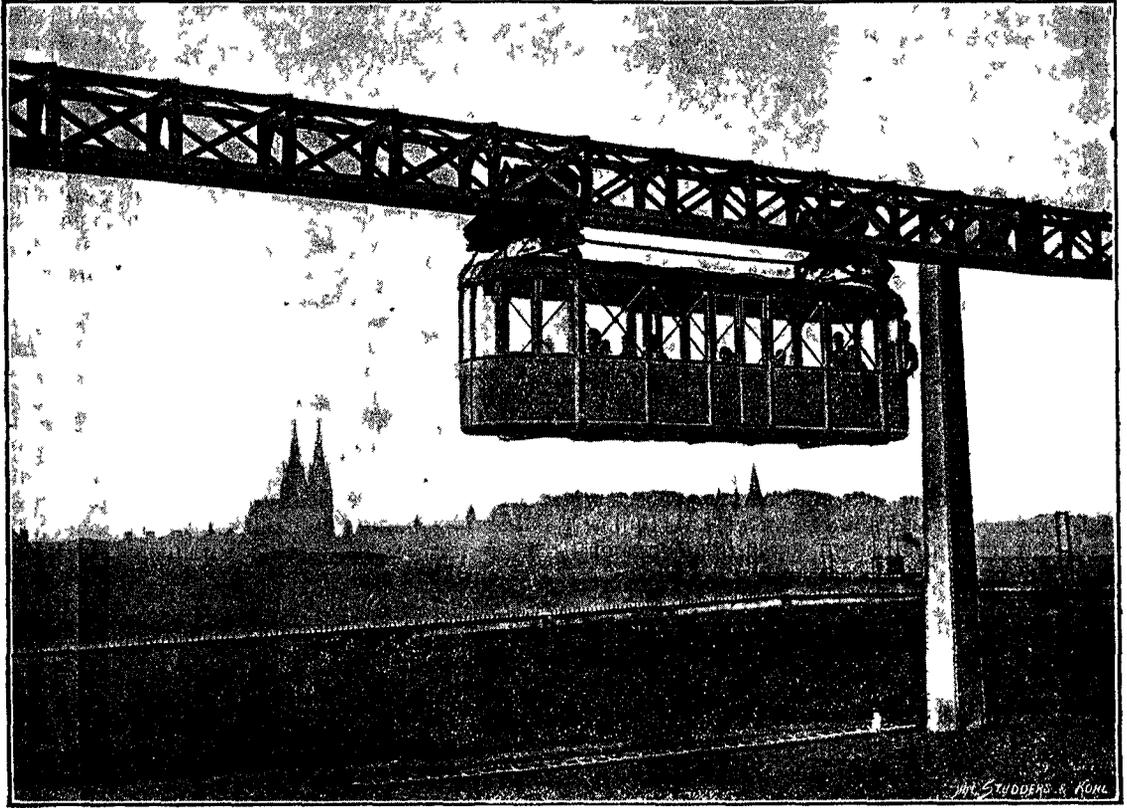


FIG. 5. — Vue générale du chemin de fer suspendu électrique établi à titre d'essai à Deutz, près Cologne.

auxquelles elle est suspendue, à moins que ces poutres ne cèdent elles-mêmes.

Sous le cylindre du truck se trouve une couronne de galets sur laquelle la caisse proprement dite de la voiture s'appuie par l'intermédiaire de ressorts. Si la couronne dont il s'agit ou les ressorts venaient à se rompre, la marche de la voiture deviendrait moins douce, mais sans qu'il y eût à redouter d'autre inconvénient.

Outre les voitures pour le transport de personnes, l'inventeur a imaginé des voitures servant à l'inspection de la ligne. Ces véhicules sont également suspendus à deux trucks, mais dont un seul sera actionné par l'électricité, tandis que l'autre sera muni d'un moteur à pétrole ou à gaz, afin de rendre ces voitures indépen-

en fer, sans que le service soit interrompu. Par suite, la ligne électrique suspendue n'exige pas de garde-corps.

De plus, en supprimant tous les organes superflus et qui ne sont pas rigidement fixés à l'infrastructure, le bruit causé par la marche des voitures sera, vraisemblablement, très diminué, puisqu'on aura supprimé les parties qui produisent le vacarme parfois insupportable sur les voies ordinaires.

Les dépenses d'établissement de la ligne seront également réduites, grâce à cette circonstance que, tous les organes concourent à rendre la construction plus solide et, de plus, la largeur de la voie, ainsi que la forme des poutres ont été choisies de façon qu'on puisse réaliser la plus grande économie de métal.

Dans les courbes de la ligne, la voie est un peu surhaussée en tenant compte de la vitesse moyenne. Si la voiture parcourt la courbe avec une vitesse un peu supérieure ou un peu plus faible que la vitesse moyenne, elle s'inclinera un peu sans que les voyageurs éprouvent le inoindre choc. Les mouvements de lacet et le langage qui sont si désagréables dans les voitures à deux essieux fixes et à empâtement insuffisant, et que l'on observe surtout dans les voitures de tramways, ne peuvent pas se produire dans les véhicules du chemin de fer suspendu, grâce à la distance relativement considérable des trucs.

Le vent qui souffle latéralement tend à dé-

tions, des poutres intermédiaires, qui reposeront, d'un côté, sur un support fixe et, de l'autre, sur un support mobile, ce qui compensera le déplacement total d'une poutre par rapport à l'autre.

En prenant pour base les dimensions assez faibles adoptées pour les poutres, eten supposant, en outre, que la ligne sera parcourue par des trains composés de plusieurs voitures à moteurs et transportant 150 personnes à la fois, les poutres intermédiaires auront une longueur de 21 mètres dans les parties en alignement, tandis que les poutres en encorbellement présenteront une longueur de 4m5 ; la distance des supports des poutres reliées rigidement avec les colonnes

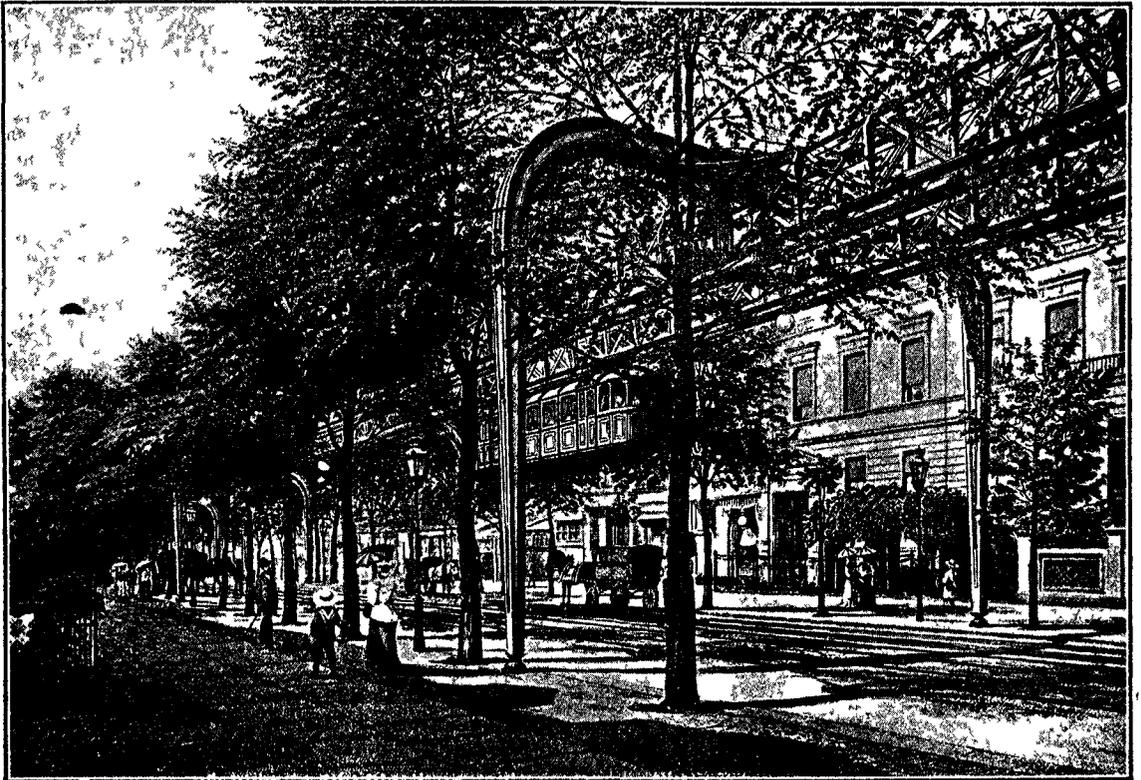


Fig. 6. — Projet d'un chemin de fer électrique suspendu à établir dans une rue de Berlin.

placer la voiture d'un côté, et il se pourrait qu'un vent très violent amenât les galets de friction au contact avec la membrure inférieure de la poutre en forme de caisson, mais les voyageurs n'en ressentiraient aucune incommodité appréciable.

Les poutres supportant les voies sont construites d'après le système dit « cantilever » (poutres en encorbellement). Elles sont supportées par des colonnes, dont deux consécutives sont reliées rigidement entre elles par des poutres contiguës, qui dépassent les colonnes et forment l'encorbellement. L'élasticité des colonnes est, d'après le *Centralblatt der Bauverwaltung*, suffisante pour permettre aux poutres de se dilater par suite de l'action de la chaleur. Entre les extrémités des poutres de chaque paire de colonnes, on suspendra, au moyen d'articula-

sera de 25m5. Il en résulte que la distance entre colonnes sera alternativement de 25m5 et de 30m. Dans les courbes, la distance entre colonnes sera un peu plus faible. Au cas d'une courbe de 10 mètres de rayon au maximum, on pourra espacer encore les colonnes de 12 mètres environ, sans que pour cela on ait besoin de renforcer les poutres.

D'ailleurs, la disposition de ces colonnes peut être appropriée aux circonstances locales (fig. 3, 4, 6, 7 et 8). C'est ainsi que la colonne unique (fig. 7) trouvera un emploi tout indiqué sur des places ouvertes, au milieu des chaussées larges ou près de la bordure des trottoirs très larges. En adoptant les distances entre colonnes que nous venons d'indiquer, les colonnes auront en bas une épaisseur de 70 centimètres ; par conséquent, la

hauteur des colonnes variant de 8 à 9 mètres, celles-ci seront très élancées. Dans les rues où la chaussée doit rester libre, on fera usage de colonnes doubles (fig. 8) ; les supports des colonnes pourront alors être placés soit près de la bordure du trottoir, soit, dans les rues très étroites, immédiatement contre la façade des maisons. Ce type des colonnes sera, surtout d'un emploi rationnel dans les voies publiques plantées d'arbres à feuillage épais qui masqueront les colonnes.

La figure 5 représente la portion de la ligne d'essai établie à Deutz, près Cologne.

Mais revenons à la voie proprement dite du chemin de fer suspendu. Ce qui distingue ce système de chemin de fer des autres lignes aériennes, c'est la possibilité de réduire au minimum la largeur de la voie dans le

parcours des grandes villes (cette largeur est prévue) = 75 centimètres. Il en résulte la possibilité, plus précieuse encore, de faire usage de courbes de 10 mètres de rayon et au-dessous sans aucun danger.

Par suite, le chemin de fer suspendu n'exige pas qu'on fasse de brèches dans les îlots de maisons et qu'on acquière à grands frais des terrains ; il peut emprunter les voies publiques (toute question d'esthétique réservée) et même les rues étroites, et peut contourner aisément des coins de rue à angle

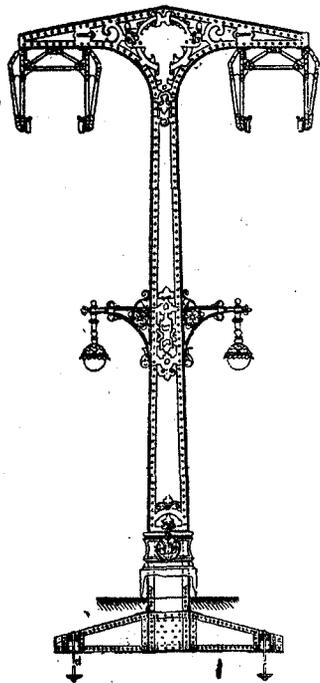


Fig. 7. — Colonne unique supportant la voie ferrée.

droit. En outre, l'infrastructure très légère n'intercepte pas le passage de la lumière et de l'air, avantage que nous avons déjà mis en évidence à propos de la description du chemin de fer aérien du système Meigs (1). La figure 6 montre l'établissement du chemin de fer suspendu tel qu'il pourrait se faire dans l'une des rues les plus fréquentées de Berlin.

Les rails reposent sur la membrure inférieure de la poutre en caisson, par l'intermédiaire d'une couche de feutre, et peuvent se déplacer un peu.

La largeur de la voie est rendue invariable grâce à un système de poutrelles transversales très solides ; d'ailleurs, la pression de la roue sur le rail est beaucoup moins grande que dans un chemin de fer ordinaire, et les chocs laté-

raux seront très diminués par suite de la mise en marche à l'aide de l'électricité, que dans le cas où l'on fait usage de locomotives. Il en résulte que la variation de la largeur de la voie ne peut être que minime avec la section adoptée de la poutre ; de plus, cette modification est peu probable, puisque la membrure inférieure est en contact intime avec le truck de la voiture. La forme de la poutre oppose une grande résistance aux efforts de torsion. Mais cette résistance peut encore être considérablement augmentée, dans les lignes électriques suspendues à deux voies, en reliant les deux paires de poutres par des contreventements solides. Ces contreventements, placés en haut, seront disposés dans les parties en alignement à tous les 6 mètres, et dans les parties en courbes plus rapprochées, selon le rayon de celles-ci.

Une autre question importante pour l'établissement des chemins de fer aériens concerne la hauteur à laquelle ont placées les stations, ou plutôt la différence de niveau entre le trottoir et le marchepied de la voiture. Presque dans toutes les villes, on exige un passage libre au-dessus de la chaussée de 4m4 ; dans un chemin de fer aérien, en supposant que la construction soit rationnellement établie, le marchepied de la voiture est de 2m5 à 3 mètres au-dessus de l'arête inférieure des poutres, tandis que, dans le chemin de fer suspendu, ce marchepied peut se trouver à la hauteur même exigée pour le libre passage des voitures sur la chaussée.

Par conséquent, pour monter dans la voiture, les voyageurs n'auront qu'à gravir une hauteur qui est égale aux 2/3 de celle nécessaire dans le cas d'un chemin de fer aérien ordinaire.

Les voilures pourront donner place à 50 personnes environ et seront mises en mouvement chacune séparément. Le courant électrique sera amené à la voiture par un conducteur à 3 fils qui est logé dans la poutre du caisson et préservé contre la chute éventuelle des fils de téléphone et contre un contact accidentel.

A partir de la dynamo génératrice A (fig. 10), le conducteur principal B va d'un bout à l'autre de la ligne. Sur ce conducteur principal sont branchés le conducteur de contact E dont la longueur moyenne est d'environ 250 mètres. A côté de chacun de ces conducteurs est placé un troisième conducteur G, qui sert à amener le courant nécessaire pour le fonctionnement du frein du véhicule.

Par l'intermédiaire d'un balai, le courant passe du conducteur de courant E dans le régulateur qui se trouve sur le véhicule, traverse ensuite le moteur F et les roues motrices et arrive finalement dans l'infrastructure en fer C qui sert de conducteur de retour. La voiture qui quitte un tronçon de conducteur de contact et qui passe dans le tronçon suivant, renverse un levier D qui reliait jusque-là le tronçon arrière du conducteur de contact avec le conducteur principal. Ce tronçon est par conséquent isolé du circuit, tandis que le troisième fil C, qui est placé à côté de lui, est traversé par le courant. Par ce courant et grâce à un relai H, l'avant-dernier tronçon de contact est de nouveau relié avec le fil principal.

Supposons que le véhicule soit arrêté pour une

(1) Voir la *Revue Universelle* du 20 janvier 1895.

cause quelconque dans sa marche, il est clair que grâce à la disposition que nous venons de décrire, la voiture suivante ne peut pas l'atteindre. En effet, dès que la deuxième voiture entre sur le tronçon de contact situé derrière la première voiture, le courant lui est supprimé, et en même temps un balai, qui frotte sur le troisième fil G, amène le courant de la ligne au frein magnétique J, et la deuxième voiture s'arrête automatiquement même sur une partie en pente,

placées à des distances moins grandes que dans le cas d'un chemin de fer aérien à traction par locomotives. On a prévu que la distance moyenne entre stations doit être de 500 mètres; cette distance peut être parcourue en  $\frac{3}{4}$  de minute. Sur le métropolitain de Berlin, l'arrêt aux stations est de  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{3}$  de minute; dans le cas du chemin de fer suspendu on n'aura certainement pas besoin d'une durée plus grande; par conséquent, en supposant un blockage rationnel, il

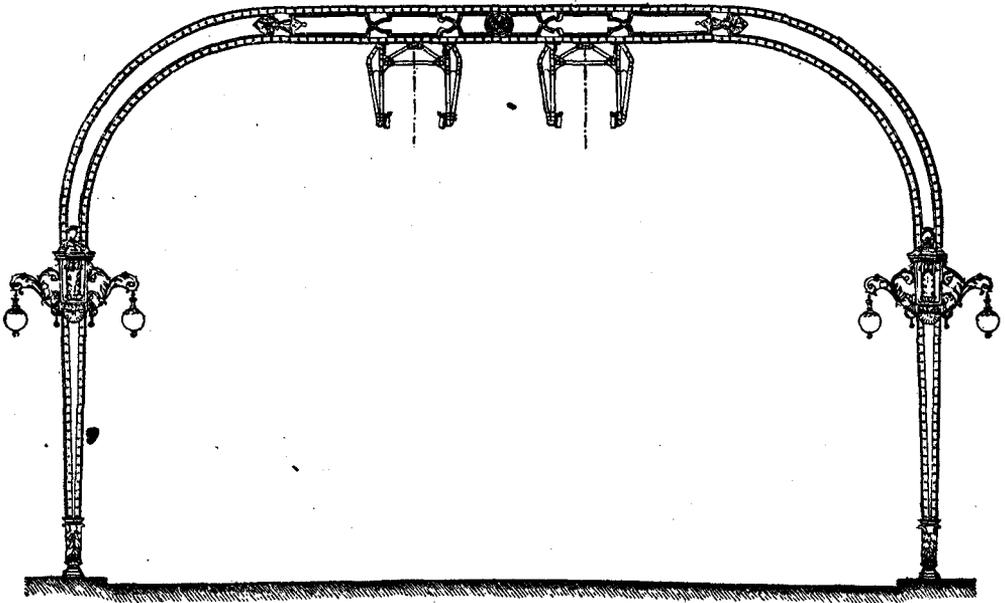


Fig. 8. — Colonne double supportant la voie ferrée du chemin de fer électrique suspendu.

jusqu'à ce que la première voiture entre sur le tronçon servant de conducteur de contact.

On a protégé d'une façon analogue les aiguilles, dont la construction bien simple est indiquée par la figure 9. Les tronçons de contact posés près de l'aiguille sont reliés avec le dispositif verrouillage de l'aiguille de manière que le courant ne traverse que la voie pour laquelle l'aiguille est ouverte et verrouillée. De plus une

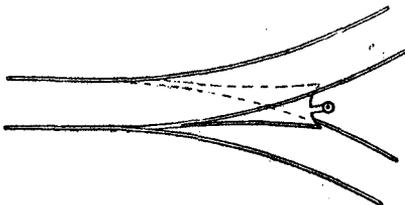


Fig. 9. — Aiguille.

voiture qui entre sur le tronçon rend le renversement de l'aiguille impossible tant qu'elle se trouve sur le tronçon de contact et que le circuit est coupé par elle.

En raison des masses peu considérables qu'il faut mettre en mouvement ou sur lesquelles il faut agir par les freins, les stations peuvent être

sera possible de faire partir des voitures à des intervalles de 1  $\frac{1}{2}$  minute. Dès que le transit rendra cet intervalle de temps insuffisant, on pourra naturellement former des trains de plusieurs voitures et les faire partir à des intervalles convenables.

L'inventeur de ce système de chemin de fer compte que, avec des trains composés de quatre voitures et qu'on laisserait se suivre à des intervalles de 1  $\frac{1}{2}$  minute, on pourrait transporter

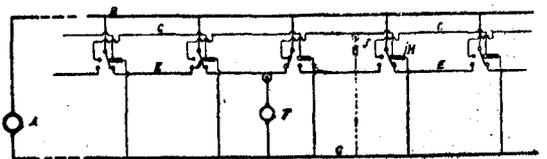


Fig. 10. — Schéma des conducteurs électriques.

4X40X50 = 8.000 personnes à l'heure dans une seule direction.

La première concession a été délivrée pour une ligne du système suspendu par les villes d'Elberfeld et Barmen. On décida, il y a un an environ, d'établir une ligne aérienne reliant ces deux villes; une maison très importante ayant la spécialité des lignes électriques, proposa un

---

chemin de fer aérien ordinaire; mais les autorités municipales des deux villes précitées accordèrent la préférence au chemin de fer suspendu.

Le contrat fut signé vers la fin de l'année 1894, de sorte que la construction de la ligne doit commencer au printemps prochain.