

## L'Electricité.

### *Des dangers des fils de trolley et de leur prévention.*

#### DISCUSSION AU CONGRÈS

Dans notre premier article (1), nous avons donné un résumé assez étendu du mémoire de M. le professeur JAMIESON. Nous croyons intéressant de faire connaître sommairement l'échange de vues qui a eu lieu au Congrès, au sujet de la question examinée par l'auteur. M. B. FIELD fait remarquer que M. Jamieson a parlé des « Dangers provenant des fils aériens *de trolley* et de leur prévention », mais pour être exact, il faudrait dire : les « Dangers résultant *des fils aériens des télégraphes et des téléphones* », puisque ce sont ces fils qui se brisent et qui, de cette façon, sont la cause des dangers dont il s'agit.

Ceux-ci pourraient être écartés si les règlements étaient renforcés ; ces règlements devraient fixer le maximum de portée des fils aériens des télégraphes et des téléphones et les modes de croisement avec les fils de trolley.

L'absence de semblables prescriptions s'explique par le fait que les premiers nommés sont antérieurs en date aux seconds.

Jusqu'à présent, les Administrations des télégraphes et des téléphones ont ordinairement établi leurs fils aériens avec d'aussi longues portées que possible, afin de diminuer le nombre de supports sur les toits des maisons, pour l'établissement desquels, outre la dépense, il y a souvent la difficulté d'obtenir les autorisations nécessaires.

De plus, autrefois, la rupture accidentelle d'un fil n'avait que le minime inconvénient d'interrompre une communication ; mais aussitôt qu'il s'établit un tramway électrique dans le voisinage, la possibilité de la rupture d'un des fils susdits est une cause de danger

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, t. VI, p. 921.

pour le public. Le *Board of Trade*, au lieu de couper le mal dans sa racine, en exigeant que les fils télégraphiques et téléphoniques soient établis de manière à ne pas se briser continuellement, imagine un système de fils de garde et crée un nouveau danger, lequel, dans certaines circonstances, est presque aussi grand que celui qu'on cherche à éviter, et il oblige les Administrations de tramways à l'adopter.

A Glasgow, il existe, pour les fils télégraphiques et téléphoniques, des portées exagérées; ainsi ces fils croisent souvent les rues sur des angles tellement aigus que, d'un support à l'autre, établis aux deux côtés de la rue, la distance atteint 90 à 120 mètres et même davantage, tandis que des croisements à angles droits réduiraient la portée à 30 ou 40 mètres. M. Field voudrait qu'en semblable cas, l'on obligeât à effectuer les croisements, de manière à ne pas dépasser cette dernière portée, à moins que l'on ne suspende les conducteurs à des câbles.

M. G. R. BLACKBURN fait remarquer que la suppression des fils aériens des télégraphes et des téléphones est une question de temps et de grande dépense. Il est complètement d'accord avec l'auteur en ce qui concerne l'inefficacité et même le danger des baguettes en bois, quel que soit leur mode d'attache aux fils de trolley. Cette inefficacité a été pleinement établie lors du fatal accident arrivé à Liverpool. Ce système a été essayé à Bradford, et l'on a fini par l'abandonner pour les raisons suivantes : 1° Danger des fils des téléphones s'entortillant sur le fil de trolley; 2° Difficulté de les fixer sûrement; 3° Impossibilité de conserver un bon isolement électrique.

Actuellement, la protection la plus efficace est, semble-t-il, le fil de garde mis à la terre et établi selon les règles du *Post Office*, qui ont été rapportées par le professeur JAMIESON. Ce dispositif a été adopté à Bradford et dans d'autres villes, et, quand la mise à la terre est efficacement faite, on a reconnu que c'était le moyen le plus satisfaisant.

Le projet du *Post Office* d'imposer un filet de garde n'est pas recommandable; le déraillement du trolley pourrait le détériorer, à moins qu'on ne le place à une hauteur considérable au dessus du fil de trolley.

L'usage du bronze silicieux pour les fils de garde lui paraît à conseiller. L'emploi d'un coupe-circuit automatique à la station de puissance, convenablement réglé, est indispensable, d'où la nécessité de fils de garde, mis à la terre, à de très fréquents intervalles.

Les boîtes de sections devraient être aussi simples que possible et ne

contenir que le parafoudre, les coupe-circuits du feeder principal et un coupe-circuit pour chaque section de fil de trolley et peut-être, en plus, une connexion pour téléphone. Par l'emploi d'une semblable boîte, il n'y a aucun inconvénient à permettre aux conducteurs, inspecteurs et autres agents d'être porteurs d'une clé pour ouvrir ces boîtes en cas d'accident. A Bradford, ces personnes ont des clés de l'espèce et ont comme instruction de couper *tous* les circuits, afin d'éviter toute incertitude; l'interruption du trafic est diminuée notablement.

A Bradford, chaque voiture a été munie d'un interrupteur de mise à la terre semblable à celui décrit par le professeur Jamieson, et fonctionnant par le bris d'une glace. Cet appareil est, de l'avis de M. Blackburn, le plus efficace pour la neutralisation d'une ligne.

Le professeur JAMIESON, sur une question posée par un délégué belge, M. ERNEST GÉRARD, dit qu'il condamne absolument les fils de garde isolés aux points d'attache. Quand un fil de télégraphe ou de téléphone se brise et tombe sur ces fils et fait en même temps contact avec le fil de trolley sous charge, il s'établit alors un courant dans le fil supérieur, lequel fond les fusibles s'il y en a, ou, dans la négative, détériore les instruments placés aux extrémités. Il peut même arriver que de semblables contacts déterminent des incendies et que des personnes reçoivent des secousses avant que la rupture du circuit ne se produise. Au contraire, avec des fils de garde parfaitement mis à terre, c'est-à-dire à des intervalles rapprochés, le danger est réduit à un minimum.

Les languettes en bois sont à condamner également comme inefficaces.

A défaut de placer les fils de télégraphes et de téléphones souterrainement, on devrait les suspendre à des câbles solides et isolés, et croiser les lignes de tramways presque à angles droits, de manière à réduire la portée autant que possible. Dans ces conditions, les fils de garde deviennent inutiles.

---

*Voitures de chemin de fer à grande vitesse de l'Allgemeine  
Elektricitäts Gessellschaft de Berlin.*

Par O. LASCHE (Berlin)

PRÉLIMINAIRES

L'Association allemande pour l'étude des chemins de fer électriques à grande vitesse a été constituée en vue d'acquérir des données expérimentales sur l'exploitation électrique des chemins de fer à longue distance, aussi bien en ce qui concerne la construction des voitures, la consommation de l'énergie et l'usure de la voie, qu'en ce qui concerne les limites dans lesquelles les chemins de fer peuvent être exploités électriquement.

Jusqu'à ce jour, l'étude théorique de la question n'a présenté qu'un caractère général; les premiers essais pratiques seront commencés à bref délai sur la ligne militaire de Berlin à Zossen, que le Conseil d'Administration des chemins de fer impériaux a mise à la disposition de l'Association précitée.

On a considéré qu'une vitesse de 200 kilomètres à l'heure était un maximum dans l'état actuel de la construction des voitures, mais ceci n'implique, ni que l'objet principal de la ligne expérimentale sera l'obtention de cette vitesse, ni qu'il n'y aura pas moyen de rouler à de plus grandes vitesses encore.

L'essai a pour but spécial l'établissement d'une base certaine pour l'étude, la construction et l'exploitation des lignes aux vitesses usuelles ou à de plus grandes encore.

Il est évident que les expériences à effectuer devront avoir pour but de comparer l'économie des systèmes électriques avec ceux dans lesquels il est fait emploi de la vapeur et de déterminer le coût total de chaque système quand il fonctionne à des vitesses différentes et spécialement aux vitesses les plus élevées. On doit cependant se rappeler que la question de la dépense n'a pas été l'élément principal considéré lors de l'introduction dans la pratique de l'éclairage et du transport de l'énergie par l'électricité. En effet, même actuellement encore, la lumière électrique est souvent beaucoup plus coûteuse

que celle du gaz, et cependant son emploi se développe chaque jour. De même, l'exploitation électrique des chemins de fer recevra un rapide essor, malgré une dépense plus élevée, eu égard au plus grand confort qu'elle offrira. La possibilité de faire rouler des voitures motrices isolées, en succession rapide, constitue un grand avantage en faveur de la traction électrique, avantage fort apprécié par le public. Un autre avantage encore à retirer de la traction électrique consiste dans la possibilité de conserver la voie et les ouvrages d'art existants, malgré le développement du trafic, parce que, au lieu d'employer de plus lourdes locomotives et de plus longs trains, on fera rouler des voitures relativement légères et séparées.

La voie devra être l'objet d'une étude importante et des améliorations notables seront nécessaires; les essais établiront la diminution d'usure produite par ce mode de traction par rapport à celle provenant de l'emploi de locomotives à vapeur.

Les expériences fourniront, il faut l'espérer, des bases, pour le calcul des dépenses d'exploitation des lignes principales, ainsi que des consommations des moteurs aux diverses vitesses, pour l'estimation de l'influence de la résistance de l'air et pour la détermination de l'emplacement des stations génératrices de puissance. La limite inférieure de vitesse à laquelle la traction électrique peut être plus économique que la traction à vapeur est à peu près aussi peu connue que sa limite la plus élevée. Tout ce que l'on sait, se résume en ceci : Avec les locomotives ordinaires, la consommation de vapeur, et plus spécialement de charbon, augmente rapidement avec l'accroissement de la vitesse. En centralisant la production de la puissance, on arrivera probablement à une conclusion différente. De grandes machines à vapeur, bien construites, peuvent alors être employées avec des chaudières pourvues de surchauffeurs et d'appareils à chauffer l'eau d'alimentation. Cette centralisation, et conséquemment l'obtention d'une charge pratiquement constante, est maintenant possible pour de grandes distances.

Le courant alternatif triphasé peut être engendré à une tension de 40 à 50,000 volts de manière à permettre la transmission de l'énergie électrique sans perte sérieuse sur de grands parcours et sur toutes les lignes de chemin de fer d'une grande étendue superficielle, pouvant être ainsi alimentées par une station centrale convenablement située.

NATURE DU COURANT EMPLOYÉ. — Pour les expériences à effectuer, un courant d'une tension ne dépassant pas 10 à 12,000 volts était suffisant et nécessaire; il a été fourni par la station centrale « Oberspree » des usines d'électricité berlinoises, la distance de la station centrale au point le plus rapproché sur le fil de trolley étant d'environ 15 kilomètres. Actuellement, le courant est utilisé dans les moteurs à la tension de 435 volts, par l'intermédiaire de transformateurs montés dans la voiture. Par rapport aux développements futurs, il y aura lieu d'examiner s'il est préférable de conserver le poids considérable des transformateurs dans les voitures ou de réduire la haute tension (environ 50,000 volts) par des transformateurs disposés le long de la voie, à une tension moyenne d'environ 3,000 volts.

La conversion du courant triphasé en courant continu n'est pas pratique pour le service des chemins de fer à grande distance, parce qu'elle réclamerait l'emploi de machines rotatives et conséquemment nécessiterait un personnel spécial, tandis que les transformateurs employés pour faire varier le potentiel du courant triphasé n'ont aucun organe mobile. De plus, le courant continu réclame l'emploi d'un très bas voltage et, par conséquent, de courtes distances entre les stations de transformation. Il peut, toutefois, être nécessaire d'employer le courant continu pour des voitures de chemins de fer à longue distance, quand elles traversent une grande ville, les trois fils du système triphasé pouvant alors présenter des inconvénients aux aiguilles et aux croisements. Une locomotive à petite vitesse pourrait alors être attelée momentanément à la voiture.

PROGRAMME DES RECHERCHES. — Le problème posé à l'A. E. G. était le suivant : construire une voiture motrice pouvant rouler à une vitesse de 200 kilomètres à l'heure et contenir 50 voyageurs. La voiture serait à deux bogies, avec trois axes chacun, et les moteurs seraient disposés pour une puissance totale de 1,100 chevaux normalement, avec possibilité d'atteindre un maximum de 3,000 chevaux. Le courant électrique utilisé serait triphasé à la tension de 12,000 volts et avec une fréquence de 50 périodes. Le poids des voitures serait aussi faible que possible et ne pourrait excéder 8 tonnes par roue ; le profil serait tel que les voitures fussent d'un gabarit à permettre leur passage sur les lignes du chemin de fer de l'État.

La seconde partie du mémoire de M. Lasche contient la description

du type de voiture adopté et de son dispositif électrique. Dans la première partie, l'auteur décrit quelques expériences et recherches préliminaires, comme présentant un intérêt particulier en vue de la nouveauté de tout le système.

La voiture expérimentale, destinée à rouler dans la suite d'une façon permanente, après la fin des essais, ne peut être comparée ni avec le tram-car ordinaire, ni avec les locomotives à faible vitesse, car les moteurs, les transformateurs et les appareils de démarrage et de régulation sont d'un type entièrement nouveau.

Dans la première section, l'auteur donne la relation des recherches faites en vue d'obtenir le poids le plus réduit, tant pour la voiture que pour l'équipement électrique, c'est-à-dire : transformateurs, moteurs, etc.

En considération de la haute vitesse à atteindre, on a jugé nécessaire de chercher les moyens de soulager les axes du poids considérable des moteurs, ou tout au moins d'éviter que ceux-ci n'en soient directement chargés ; c'est ce qui fait l'objet de la section II.

L'appareil de démarrage et de régulation ne pouvait être construit, pour une puissance de 3,000 chevaux, sur le même type que celui adopté dans les *controllers* ordinaires pour voitures prenant à peine 100 chevaux. Des expériences, rapportées dans la section III, ont été effectuées sur une grande échelle, dans le but d'essayer le dispositif finalement adopté.

Le freinage à une vitesse de 200 kilomètres à l'heure, au moyen de freins à frottement ordinaires (avec une vitesse périphérique de 56 mètres par seconde) ne pouvait convenir ; il a fallu conséquemment trouver des moyens de freiner électriquement ; cette question est examinée dans la section IV.

Un grand nombre d'autres détails ont également dû être examinés, notamment, les coussinets des moteurs qui doivent travailler à une vitesse périphérique d'environ 14 mètres par seconde et les anneaux collecteurs des armatures à une vitesse de 40 mètres environ. Les trolleys ont réclamé une étude spéciale et ont donné lieu à la résolution d'un problème des plus difficiles (voir section V).

## PREMIÈRE PARTIE

*Recherches et expériences préliminaires***I. — Poids de l'équipement électrique.**

Pour permettre à la voiture de rouler soit en avant, soit en arrière, on a d'abord proposé de construire une plateforme de conducteur contenant les appareils de démarrage nécessaires, à chaque extrémité. La construction devait permettre de « contrôler » même les moteurs du bogie d'arrière à l'aide du dispositif de démarrage d'avant. L'arrangement des câbles, requis à cette fin, démontra qu'il était impraticable pour une puissance de 3,000 chevaux. Le problème fut simplifié en divisant l'appareil électrique en deux circuits et en opérant à distance sur le dispositif de démarrage d'arrière, soit au moyen d'un électro-moteur, ou de l'air comprimé, ou de l'eau sous pression ou de tout autre procédé.

Dans un deuxième modèle, la cabine du conducteur fut placée au milieu de la longueur de la voiture, tout en conservant les deux circuits séparés. Bien que, à cause de la grande vitesse, l'inspection de la voie soit impossible sur les trente derniers mètres, l'arrangement fut encore modifié et l'on plaça les deux plateformes du conducteur aux deux extrémités de la voiture, tout en cherchant à ménager la vue, tant à l'avant qu'à l'arrière, pour l'agrément des voyageurs.

Tout l'appareillage, le câble et les dispositifs de sécurité sont installés dans le compartiment central lequel, ayant les transformateurs en dessous, est séparé des compartiments à voyageurs par des conduits à double paroi en fer pour la circulation de l'air. Le conducteur se tient constamment debout à l'avant de la voiture dans laquelle il n'y a pas de connexions à haut voltage. La manœuvre est effectuée de la plateforme du conducteur par transmission mécanique.

Il a déjà été signalé que les transformateurs devaient être montés dans les voitures mêmes, bien qu'ils augmentent notablement le poids de celles-ci.

La question de l'échauffement et du refroidissement du fer et des bobines de cuivre est de la plus haute importance dans l'espèce. Le refroidissement des transformateurs par de l'air pris en dessous de la voiture est impossible, à cause de la grande quantité de poussière soulevée dans un voyage à grande vitesse. On a reconnu qu'on pouvait réduire notablement le poids en faisant passer l'air à travers les noyaux des transformateurs. Deux conduits d'air sont ménagés dans

le toit de la voiture et sont disposés, l'une à l'avant, pour l'admission de l'air frais, et l'autre, en arrière, pour son émission après échauffement. Des précautions spéciales ont été prises pour que, en cas de temps pluvieux, l'air soit privé de son humidité avant de pénétrer dans les noyaux des transformateurs.

Comme il sera exposé dans la suite, on réalisa une grande économie de poids par l'emploi d'un rhéostat de démarrage liquide d'une construction entièrement nouvelle, au lieu du dispositif à bobines employé primitivement; le poids descendit de 9,000 à 4,500 kilog. par cette modification.

Les modèles de voitures étudiés ont conduit, pour l'équipement électrique, aux poids successifs ci-après : Modèle I, 47,600 kilog.; II, 44,600 et III, 29,850 kilog., en y comprenant les poids des transformateurs qui sont respectivement de : Modèle I, 13,000 kilog.; II, 13,000 kilog. et III, 6,500 kilog.

La voiture pèse, tout équipée et y compris 50 voyageurs, 85 tonnes, dans le dernier modèle étudié. Dans celui-ci, les moteurs ne sont pas enfermés. On a reconnu que le refroidissement était suffisant, même en marche continue, au simple contact de l'air, les surfaces externes des moteurs étant munies de nervures. On n'a adopté aucune disposition spéciale pour l'admission de l'air dans les dits moteurs; on ne pouvait faire de prise par en dessous à cause de la poussière soulevée et on n'a trouvé aucun moyen convenable pour la faire par dessus.

## II. — Montage des moteurs.

Entre les deux solutions extrêmes : *a*) le corps de la voiture monté sans ressorts directement sur les axes, et *b*) chaque partie étant montée sur ressorts, on peut réaliser un grand nombre de combinaisons.

Après une longue série d'essais que l'auteur expose en détail et à l'aide de nombreux croquis, on s'est arrêté au mode de suspension représenté en partie dans la fig. 22 et dont la description sommaire est la suivante. Deux trucks à trois essieux portent chacun deux moteurs d'une puissance normale de 250 chevaux pouvant atteindre momentanément 750 chevaux; l'induit ou rotor de chaque moteur est monté sur un manchon tubulaire flottant autour de l'essieu. Ce manchon entraîne les roues motrices correspondantes par l'intermédiaire de trois paires de ressorts à lames radiaux encastrés au gros bout dans une pièce triangulaire calée sur ce manchon, et dont les

bouts minces s'appuient par des poussards contre des pièces de butée, boulonnées aux roues, près de la périphérie. La carcasse du stator, supportant le manchon du rotor, est soutenue par des bras qui vont prendre appui directement sur la boîte à graisse, avec interposition de ressorts spéciaux n'ayant qu'un jeu de quelques millimètres. Le diamètre des roues adopté en dernier lieu est de 1<sup>m</sup>250 afin de

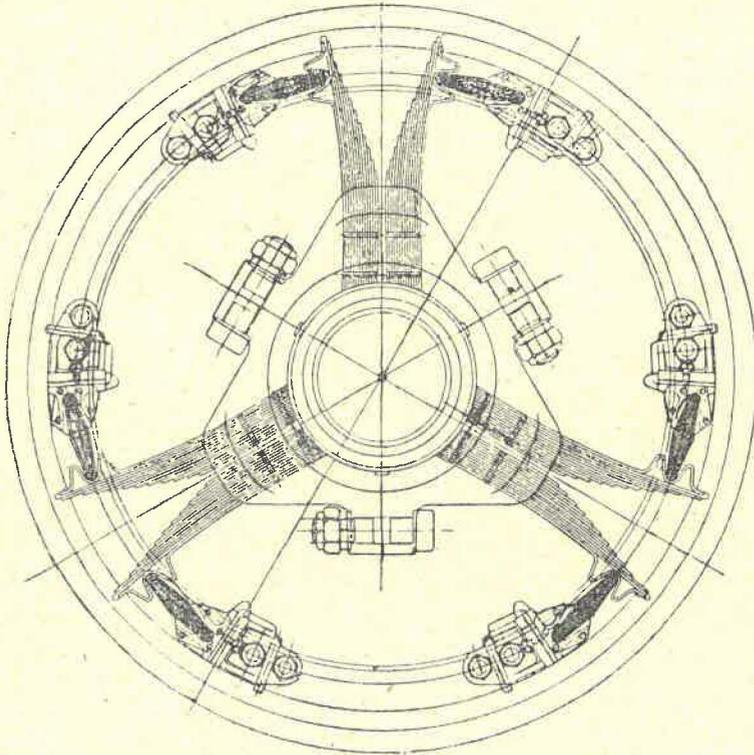


FIG. 22.

permettre une meilleure utilisation de la forme imposée par le gabarit ; pour une vitesse de 225 kilomètres à l'heure, le nombre de tours par minute des roues motrices est d'environ 960, avec le diamètre précité.

On fit aussi de nombreux essais relatifs à la lubrification des coussinets. Ces essais furent effectués presque exclusivement avec

des coussinets de métal blanc et des axes d'acier au nickel ; quelques-uns furent aussi effectués avec de l'acier fondu et avec des coussinets de métal magnolia. En ce qui concerne le mode de graissage, on adopta d'abord une alimentation d'huile sous pression à travers toute la voiture avec des tuyauteries encombrantes, surtout pour permettre le mouvement tournant des bogies et les mouvements relatifs entre les axes et le corps de la voiture. On en revint au système d'alimentation séparée, mais, au lieu d'employer l'anneau de lubrification ordinaire, on fit usage d'un disque uni de grand diamètre, monté concentriquement sur l'axe, qui élevait la grande quantité d'huile nécessaire d'une façon parfaite sans produire de mousse. Des expériences furent effectuées à des vitesses variant de 2 mètres (la vitesse normale) à 25 mètres par seconde et à des pressions allant de 2 à 5 kilogrammes par centimètre carré, de manière à déterminer la relation entre la vitesse, la pression des coussinets et la température. Le résultat complet de ces expériences n'a pas encore été publié.

### III. — Démarreurs.

Dans les recherches concernant l'aménagement de la voiture et l'arrangement de l'équipement électrique pour arriver à un minimum de poids, nous avons mentionné que le démarreur était monté au milieu de la voiture de manière à permettre un développement aussi faible que possible des câbles. Au début, le circuit primaire du moteur fut muni d'un commutateur permettant de renverser le sens du roulement, d'arrêter et de ralentir la marche des moteurs, soit par un contre-courant, soit en connectant les enroulements du stator avec une batterie d'accumulateurs.

On décida d'abord d'employer des démarreurs liquides analogues à ceux en usage pour produire le démarrage des petits ou des grands moteurs. Ceux-ci consistent en tôles de fer qu'on insère progressivement dans le circuit d'armature en les plongeant dans le liquide approprié; on rompt le circuit en retirant les dites tôles de ce dernier. La résistance varie avec l'étendue des surfaces immergées et conséquemment le glissement de l'armature relativement au nombre théorique de révolutions qu'elle devrait accomplir. Les inconvénients de ce démarreur sont suffisamment connus surtout quand il doit servir d'appareil de réglage. La fermeture du circuit par l'introduction d'une résistance, donne lieu à un échauffement très rapide de l'eau, qui ne tarde pas à entrer en ébullition.

Ensuite, pour des raisons de construction, les électrodes ne peuvent être placées à une distance suffisamment rapprochée pour produire un court-circuit, même quand elles sont complètement immergées, et il est conséquemment nécessaire d'employer un dispositif métallique de mise en court-circuit. Enfin, dans le cas de grands moteurs, un inconvénient résulte du déplacement de lourdes électrodes.

L'A. E. G. a construit de semblables rhéostats liquides pour des moteurs atteignant une puissance de plusieurs centaines de chevaux. On essaya aussi d'autres modes de construction dans lesquels les plaques d'électrodes étaient fixes et le liquide passait d'un réservoir spécial dans le bassin-électrode. On proposa aussi l'emploi d'un semblable dispositif dans lequel on utilisait l'air comprimé pour élever le liquide, mais les inconvénients ci-dessus mentionnés, nécessitèrent au début l'emploi de démarreurs métalliques.

Les exigences spéciales du cas considéré, notamment l'utilisation d'un espace restreint, l'usage continu de l'appareil de réglage, l'établissement de contacts et de connexions bien en vue, et la certitude d'une manœuvre facile et sûre de la plateforme du conducteur, créaient une tâche difficile pour l'auteur du projet, en vue de la puissance de 3,000 chevaux à employer.

L'appareil de démarrage et de réglage doit être proportionné pour la force maxima, parce que, pendant la commutation, les moteurs doivent développer leur pleine puissance. On emploie des rhéostats distincts pour chaque moteur et pour chaque circuit de rotor; dans le but de diminuer le nombre de rhéostats correspondants aux quatre moteurs, on fit usage de rotors roulés à deux phases, de sorte que huit rhéostats au lieu de douze étaient seulement nécessaires. Quand les moteurs démarrent, un grand nombre de bobines de résistance doivent être mises dans le circuit de l'armature, de manière que chaque moteur reçoive d'une façon graduée son plein voltage et tout le courant.

Plus le nombre de crans est grand, plus sont nombreuses les résistances et plus sont incommodes les connexions des câbles. Avec la puissance de 3,000 chevaux dont il s'agit, il paraît presque impossible de faire en sorte que les câbles soient accessibles. Le nombre minimum de crans à adopter est déterminé par l'intensité du courant d'armature et par son voltage. La différence de potentiel d'un cran au suivant, c'est-à-dire d'un contact à l'autre, doit être maintenue dans de certaines limites, de manière à éviter les étincelles quand même on prend la précaution de souffler les arcs.

Il a été admis, pour le projet d'expériences, que la vitesse de la dynamo fournissant le courant pouvait être considérablement réduite, de manière qu'il y ait une réduction proportionnelle de la vitesse de la voiture; mais cela ne suffit pas, parce que, bien qu'il soit possible de tourner à demi-vitesse, une vitesse même de 100 kilomètres à l'heure est encore trop élevée pour le commencement des voyages d'essai. Il était ainsi nécessaire de compter sur l'introduction permanente de résistances dans le circuit. Par conséquent, les bobines de résistance ainsi introduites en circuit seules peuvent chauffer, les autres préalablement coupées ne sont pas utilisées.

Pendant qu'on faisait ces investigations, le problème de la construction d'appareils de démarrage et de réglage pour de puissantes machines d'extraction de mines, se présenta à l'A. E. G. Il parut impossible d'appliquer les systèmes connus, convenant pour une puissance maxima de 100 chevaux environ, à un projet comportant une puissance de 3,000 chevaux.

Le problème fut résolu en appliquant un dispositif de démarrage liquide, conçu sur un principe entièrement nouveau. La figure 23 montre un exemple de ce démarreur. Un moteur à courant triphasé de 200 à 400 chevaux est accouplé directement à un volant très lourd. Dans le but d'amener celui-ci en pleine vitesse en 15 secondes, un torque (couple) correspondant à 400 chevaux doit être atteint. Avec la même puissance, un autre volant fut amené à tourner à pleine vitesse en 1 1/2 à 2 minutes. Le premier cas rencontre les exigences d'une machine d'extraction et le dernier celles d'une voiture à grande vitesse.

La figure montre à l'avant une petite pompe centrifuge conduite par un électromoteur qui élève le liquide d'un réservoir placé dans la fondation et le livre continuellement au bassin dans lequel plongent les électrodes. La pompe fonctionnant sans cesse, il se produit un renouvellement et un mélange continu du liquide. En déplaçant une tige verticale, on ferme une valve située au fond du réservoir de façon à supprimer la décharge de l'eau. Celle-ci commence ensuite à s'élever dans le bassin et les circuits d'armature se ferment, de sorte que le moteur démarre, mais avec une résistance en circuit considérable. Le liquide montant dans le bassin-électrodes, la résistance décroît et le moteur tourne plus rapidement. En conséquence, pour une charge donnée, chaque niveau du liquide correspond à une certaine vitesse du moteur. A l'aide d'un trop-plein dans le bassin-électrodes, le niveau du liquide peut être réglé aisément, et,

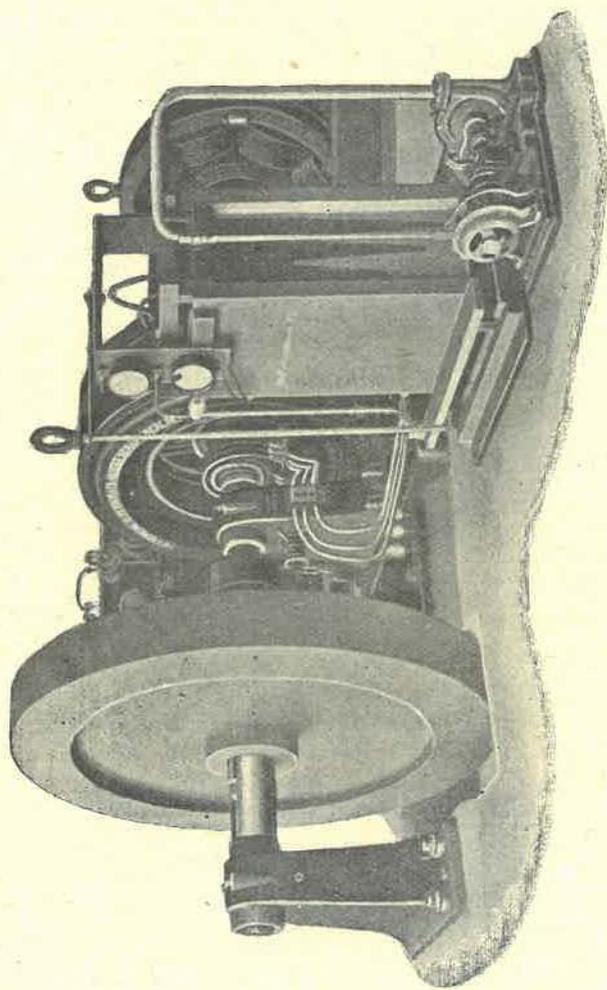


Fig. 28.

conséquemment, le moteur peut tourner à la vitesse requise, comme, par exemple, dans le cas d'une machine d'extraction, pendant l'inspection du puits ou pendant la translation du personnel, et dans le cas considéré, quand il est nécessaire de ne faire tourner la voiture qu'à une vitesse de 50 à 60 kilomètres à l'heure.

Les plaques d'électrodes sont très larges, sauf à la partie inférieure où elles sont terminées en forme de fourches de différentes longueurs. L'arrangement est tel que la plus longue fourche de la première plaque est placée dans une situation diagonalement opposée à la même de l'autre électrode; de cette façon, non seulement les surfaces plongeantes sont petites, mais encore la distance entre elles, c'est-à-dire le chemin que le courant doit parcourir à travers le liquide, est considérable.

Par conséquent, la surface immergée des plaques peut, par suite de la grande distance, être considérablement plus grande que dans le cas où le courant de même intensité doit effectuer un trajet plus court. Il en résulte que tout surchauffement des extrémités tel qu'il s'en produisait avec l'ancien système est rendu impossible. D'autre part, les plaques d'électrodes sont très rapprochées au sommet et on fait usage d'un plus grand nombre de ces dernières qu'auparavant, dans le but d'obtenir une surface très grande pour la conduite du courant et ainsi, de réduire à un minimum la résistance du liquide au passage de celui-ci et d'obvier à l'emploi de contacts métalliques de court-circuit.

La différence essentielle entre le nouveau démarreur et ceux précédemment employés consiste dans la circulation du liquide, fait qui suffit seul à en assurer l'usage. Il est facile de calculer quelle quantité de chaleur est communiquée au liquide par la résistance pour toute charge donnée ou pour un décroissement donné de la vitesse normale, et l'emploi de l'eau rend aisée la dissipation de cette chaleur. La surface de refroidissement nécessaire dans ce but peut être promptement calculée et, dans la présente construction de la voiture à grande vitesse, on dispose de systèmes de tubes de cuivre de petit diamètre formant un serpentín, à travers lequel l'eau chauffée doit passer après avoir quitté le bassin-électrodes et avant qu'elle ne soit employée à nouveau. Conséquemment, le nouveau démarreur à rhéostat liquide est capable de fournir une grande résistance, pouvant être maintenue en circuit d'une façon permanente, et le moteur peut ainsi tourner continuellement à une aussi faible vitesse qu'on le désire.

La période de démarrage du moteur, c'est-à-dire la période s'éten-

dant du repos jusqu'au moment où la résistance est complètement coupée, est déterminée par la vitesse avec laquelle le liquide se rend au bassin-électrodes. Si l'on insère une valve dans le tuyau conduisant de la pompe centrifuge à ce bassin, la vitesse à laquelle ce liquide est livré peut être réglée à volonté, de même que la période de démarrage. De cette façon, on peut empêcher le conducteur du train de réduire le temps requis pour le démarrage; d'autre part, le conducteur peut, par une fermeture lente et incomplète de la valve inférieure ou de décharge, diminuer la vitesse pour arrêter et freiner sur l'espace voulu. En semblable occurrence, le conducteur peut faire rouler la voiture à une si faible vitesse que ce soit, en gardant la valve inférieure partiellement ouverte. La vitesse est en conséquence sous un contrôle parfait. L'action continue de cet appareil permet un démarrage et un freinage sans secousse. La force nécessaire pour le manoeuvrer étant très faible, il peut être commandé promptement à distance, sans le secours de l'air comprimé ni de l'électricité, par un simple volant à main.

#### IV. — Freins.

Le système de freinage électrique à l'aide de moteurs a été également essayé avec le dispositif expérimental qui avait été construit pour essayer le démarreur.

La voiture est équipée avec un frein à air comprimé Westinghouse, divisé en deux parties pour chacun des deux bogies. Ces freins sont manoeuvrés de la plateforme du conducteur. Bien qu'on puisse admettre, jusqu'à un certain point, que le frein d'un des bogies constitue une réserve pour l'autre, on ne jugea pas possible de se dispenser d'un second frein, lequel fut actionné par les moteurs eux-mêmes.

L'action freinante peut être effectuée, au moyen des moteurs, de deux manières différentes. Dans la première méthode, le stator du moteur est excité par un courant continu et le rotor est graduellement mis en court-circuit, de manière que le moteur travaille comme une génératrice sur la résistance; dans la seconde méthode, la direction du courant dans le champ tournant est changée, de manière à produire une tendance à tourner en sens opposé.

Quand le circuit du moteur est rompu par l'ouverture de la valve de décharge du rhéostat liquide, le champ tournant est interrompu et le circuit inducteur est mis en communication avec une batterie d'accumulateurs placée dans la voiture, ou bien le courant est ren-

versé dans deux de ses trois phases. Après que la commutation a été effectuée d'une manière ou de l'autre, le circuit d'armature est de nouveau graduellement fermé, c'est-à-dire que le liquide fait contact sur une très grande résistance et le niveau du liquide est ensuite élevé ou abaissé à volonté, suivant les circonstances.

Il ne suffit pas de freiner à l'aide d'un contre-courant, parce qu'il pourrait arriver que le courant vienne à manquer pour une raison quelconque, comme, par exemple, par la fusion d'une sûreté au moment même de l'application du frein. L'emploi d'un contre-courant présente encore un inconvénient. Par suite de la construction électrique du moteur et du potentiel choisi d'environ 430 volts pour le champ d'excitation, l'armature a une tension d'environ 325 volts en circuit ouvert. Après le renversement du champ, la tension dans l'armature augmente à pleine vitesse jusqu'à près du double, c'est-à-dire jusque environ 650 volts. Quoique le rhéostat liquide soit établi pour ce voltage et que l'armature du moteur soit en état de le supporter, ayant été essayée à 4,000 volts, il serait imprudent de faire dépendre le fonctionnement du frein d'une tension aussi élevée, précisément au moment où cet appareil entre en jeu et où l'on redoute un danger.

Ces raisons ont conduit à l'adoption d'un frein basé sur le second principe, et dans ce but, on utilise deux batteries d'accumulateurs entièrement distinctes, correspondant aux deux réservoirs du frein Westinghouse. Il est entendu que le frein électrique doit être employé aux grandes vitesses et que le frein à air doit seulement être appliqué à la fin du voyage. On dispose aussi d'un frein à main pour agir sur le bogie d'avant.

## V. — Archets de trolley.

Le courant est capté à trois conducteurs superposés dans un plan vertical pour être amené dans la voiture par des collecteurs en forme d'archets. Ce système permet un contact plus sûr que celui de prise de courant habituel par dessous. Ces archets sont montés sur des arcs métalliques reliés à la voiture par des tringles articulées et à ressorts. Ces tringles sont obliques et vont prendre pied respectivement sur trois supports placés, l'un derrière l'autre, au sommet de la voiture et à peu près au dessus du centre de chaque bogie, de manière à éviter une variation trop considérable de la pression des archets dans le passage en courbe; l'appareil de captage du courant est double, pour le cas où l'un d'eux ne serait plus accidentellement en service.

## DEUXIÈME PARTIE

*Description de la voiture et de son équipement électrique.***I. — Le corps de la voiture.**

La voiture, construite spécialement pour recevoir l'équipement électrique, sort des ateliers de la firme Van der Zypen et Charlier de Deutz-Cologne et peut recevoir 50 voyageurs (fig. 26 et 27). La longueur de la voiture est de 21 mètres et la distance entre les buttoirs de 23<sup>m</sup>10; la largeur totale est de 2<sup>m</sup>60; le corps de la voiture rentre dans les limites du gabarit réglementaire. Les fenêtres sont fermées, la ventilation se produisant par les ouvertures des lanterneaux. A chaque extrémité, des portes sont ménagées des deux côtés pour la montée et la descente des voyageurs. La plateforme de manœuvre est séparée du compartiment à voyageurs par une large cloison s'étendant sur toute la hauteur et servant de support d'arrière au conducteur ou wattman. Cette plateforme est inaccessible aux voyageurs, de même que la cabine centrale, sans cependant entraver la circulation des voyageurs d'un compartiment à l'autre. Ni les plateformes du conducteur, ni les compartiments susdits ne présentent de parties portant du courant. Les archets de trolley sont fixés à l'aide de deux isolateurs en série, chacun étant essayé pour un potentiel de 20,000 volts. Le courant à haute tension passe des archets aux transformateurs par des câbles à haut voltage qui, bien qu'ayant été essayés pour 20,000 volts, sont placés sur des isolateurs à haute tension. Il existe des conduites d'air formant double enveloppe entre la cabine centrale et les compartiments à voyageurs et entre ceux-ci et les transformateurs qui sont placés en dessous. Les batteries d'accumulateurs, placées côte à côte avec les transformateurs, sont également séparées par des doubles enveloppes métalliques. La forme de la voiture a été établie pour présenter la plus faible résistance à l'action de l'air, mais les renseignements précis sont encore à déterminer sous ce rapport ainsi qu'en ce qui concerne l'influence du vent.

**II. — Les bogies.**

Les deux bogies qui portent le corps de la voiture sont éloignés de 13<sup>m</sup>30. Les diamètres des roues sont de 1<sup>m</sup>25 afin de permettre un mouvement tournant suffisant des bogies sous la voiture sans nécessiter aucune différence dans le niveau du plancher en aucun point du

véhicule. Chacun des bogies a trois axes; les deux axes extrêmes portent les moteurs, tandis que celui du milieu porte le pivot et les cylindres à air du frein Westinghouse. La distance entre les roues mesure  $2 \times 1^m90$ . La charge de chaque axe est moindre que le maximum permis et s'élève à un peu plus de 14 tonnes. Il n'existe pas de ressort portant contre le corps de la voiture. Les bogies sont supportés sur les axes par deux jeux de ressorts et chaque boîte à graisse porte un fort ressort plat, aux extrémités duquel sont attachés des ressorts pour porter le bâti. Sur les boîtes à graisse repose le sabot du ressort d'axe; des ressorts plats sont disposés pour porter le moteur. La connexion entre chacun de ces ressorts et le bâti du moteur est établie par une pièce courbée contre laquelle porte le ressort, on peut faire varier l'action du ressort par ce dispositif. Pendant les premiers millimètres de flexion, il agit comme un ressort très doux, il devient ensuite graduellement plus rigide et quand la flexion est de 8 à  $10^m/m$ , il est complètement tendu. Dans le cas presque impossible où ces forts ressorts viendraient à se briser, le moteur serait supporté par l'axe de la roue avec interposition d'une garniture métallique appropriée, placée contre le moyeu de la roue. Le choix de cette garniture doit être tel que la matière soit assez douce pour protéger l'axe et l'arbre creux du manchon, tout en étant d'une résistance suffisante pour porter sans avarie la voiture jusqu'au prochain arrêt. Les moteurs sont fixés à un bâti formé de tôles rivées ensemble et sont protégés contre tout mouvement latéral par des coulisseaux qui portent contre un guide correspondant sur le bâti du bogie. Le stator est mis dans l'impossibilité de tourner par des barres qui permettent seulement un mouvement vertical du moteur. (Fig. 24 et 25.)

### III. — Les moteurs.

Chacun des quatre moteurs est calculé pour une puissance normale de 250 chevaux et pour une puissance maxima de 750 chevaux. La vitesse du moteur est d'environ 960 révolutions par minute, ce qui correspond à une vitesse de roulement de 225 kilomètres à l'heure. La tension de 12,000 volts à laquelle le courant est capté aux fils conducteurs est réduite à 435 volts dans les transformateurs.

Bien que le moteur tel qu'il a été précédemment décrit ne soit pas sujet à de forts chocs mécaniques, on a jugé néanmoins convenable, pour assurer une sécurité permanente de marche, d'avoir de simples barres placées dans des rainures séparées au lieu de nombreux fils isolés l'un de l'autre par une enveloppe de coton. L'isolement des

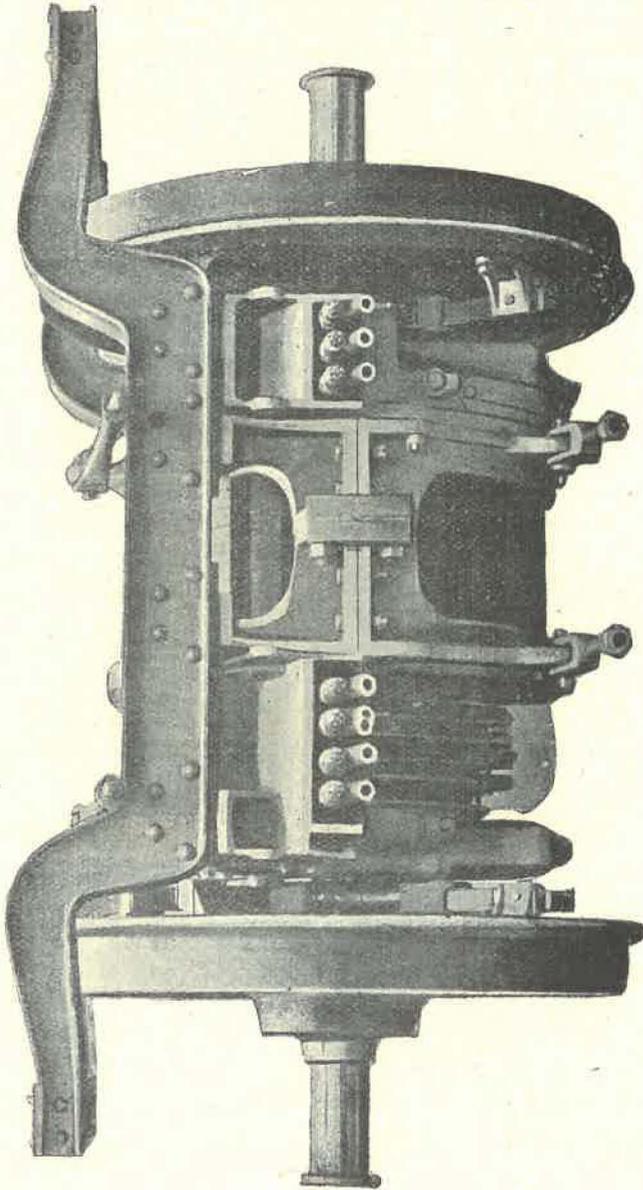


FIG. 24.

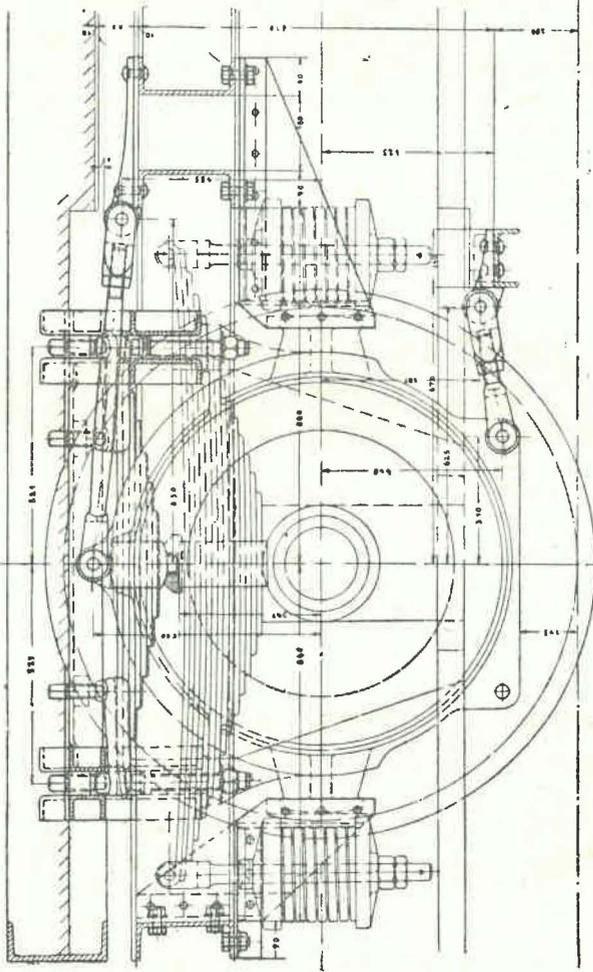


Fig. 25.

barres de fer est obtenu par de la micanite. Pour des raisons de facilité dans le démarreur et les arrangements du câble, le rotor fut enroulé seulement pour deux phases et non pas, comme d'habitude, pour trois phases.

Le stator porte l'arbre creux ou manchon sur lequel le rotor est monté au moyen de deux paliers; un de ceux-ci porte sur sa moitié supérieure l'équipage de balais pour établir le contact avec les anneaux du collecteur et les connexions pour les câbles du circuit de l'armature qui conduisent à l'appareil de réglage. Les câbles du circuit du stator passent à travers l'autre palier. Les parties inférieures des paliers peuvent être aisément enlevées pour permettre le remplacement des coussinets et pour donner un libre accès au porte-balais.

La matière employée pour les coussinets est l'alliage dit *métal blanc* généralement employé sur les chemins de fer de l'Etat prussien; l'acier au nickel a été adopté pour le manchon, tant à cause de sa grande résistance qu'à cause du poli qu'il est susceptible de recevoir.

La distance radiale entre le manchon et l'axe est de  $30^{\text{mm}}$ . Des anneaux en cuivre sont chassés de force dans les manchons aux deux extrémités, à fleur du moyeu des roues. Le manchon est empêché de se déplacer latéralement, d'un côté, par un des paliers et, de l'autre, par un guide, de manière que la dilatation provenant de l'échauffement ne puisse produire de contact entre l'axe et le palier. Les accouplements à ressorts sont fixés à l'arbre creux aux deux extrémités; ils ont été décrits précédemment.

#### IV. — Transformateurs.

Les trois noyaux des transformateurs sont disposés côte à côte conformément aux brevets de l'A. E. G., les axes des noyaux étant parallèles au long côté de la voiture. L'enroulement du bas-voltage est effectué à l'aide d'une spirale massive de cuivre et est séparé de l'enroulement extérieur du haut-voltage par un cylindre de micanite. Un fort courant d'air passe à travers un canal longitudinal ménagé dans chacun des trois noyaux en fer et aussi à travers l'espace existant entre les noyaux carrés et la bobine ronde intérieure.

Ainsi qu'il a été mentionné précédemment, l'air pénètre par de grands trous dans le toit de la toiture et est conduit aux transformateurs; avant de pénétrer dans ces derniers, il est filtré dans des réseaux de fils à larges mailles; l'eau de pluie est écartée des tubulures de prise d'air par un fer d'angle placé sur le toit.

Malgré ces précautions, l'air est seulement amené en contact direct avec l'intérieur des noyaux du transformateur et non pas avec les parties portant du courant. Les noyaux sont supportés au milieu de leur longueur pour obvier à toute déformation due aux vibrations de la voiture. Les transformateurs sont suspendus au corps de celle-ci par des boulons, de manière que les tôles latérales ne servent que d'enveloppes et ne supportent aucun effort.

#### V. — Câbles.

Le courant est capté de chacun des conducteurs triphasés à l'aide de deux archets de trolley placés en parallèle. La partie supérieure de chacun des bras porte plusieurs tiges en aluminium attachées au moyen d'étroits ressorts plats. Les masses de tiges individuelles doivent être suffisamment petites pour assurer un contact permanent avec le fil. (Fig. 27.)

La tête du bras portant l'archet est tirée d'une tôle d'aluminium et est reliée à la base verticale par des tiges, la base étant montée sur des paliers à billes dans la douille sur la voiture. L'archet est pressé contre le conducteur aérien par des ressorts dont la tension est réglée au moyen de cames. Le courant est amené par des conducteurs isolés de la tête du bracket au pied des bras qui prennent le courant et est alors transmis aux câbles fixés au sommet de la voiture.

L'établissement ou la rupture du contact entre les archets et les conducteurs aériens est effectué de l'intérieur de la voiture, de manière que les archets puissent être rendus neutres avant que personne ne monte sur le toit.

Tous les conducteurs à haute tension doivent avoir été soumis à un essai d'isolement de 20,000 volts, mais sont néanmoins montés sur des isolateurs à haute tension, comme s'ils étaient des fils nus.

Des fusibles sont fixés contre chaque archet; ils fonctionnent aussitôt qu'un contact est établi pour une cause quelconque entre une phase et la voiture mise à la terre. Les conducteurs des deux systèmes de collecteurs conduisent des fusibles au coupe-circuit à haute tension; ce dernier ne sert que pour couper le courant à la fin du voyage et n'est pas utilisé en service ordinaire. Le commutateur peut être manœuvré de la cabine centrale ou de chaque plateforme, de manière qu'il serve également d'appareil de sûreté en cas d'accident.

Les deux branches du courant passent séparément de ce commutateur principal aux transformateurs de chaque bogie. Chacun de ces

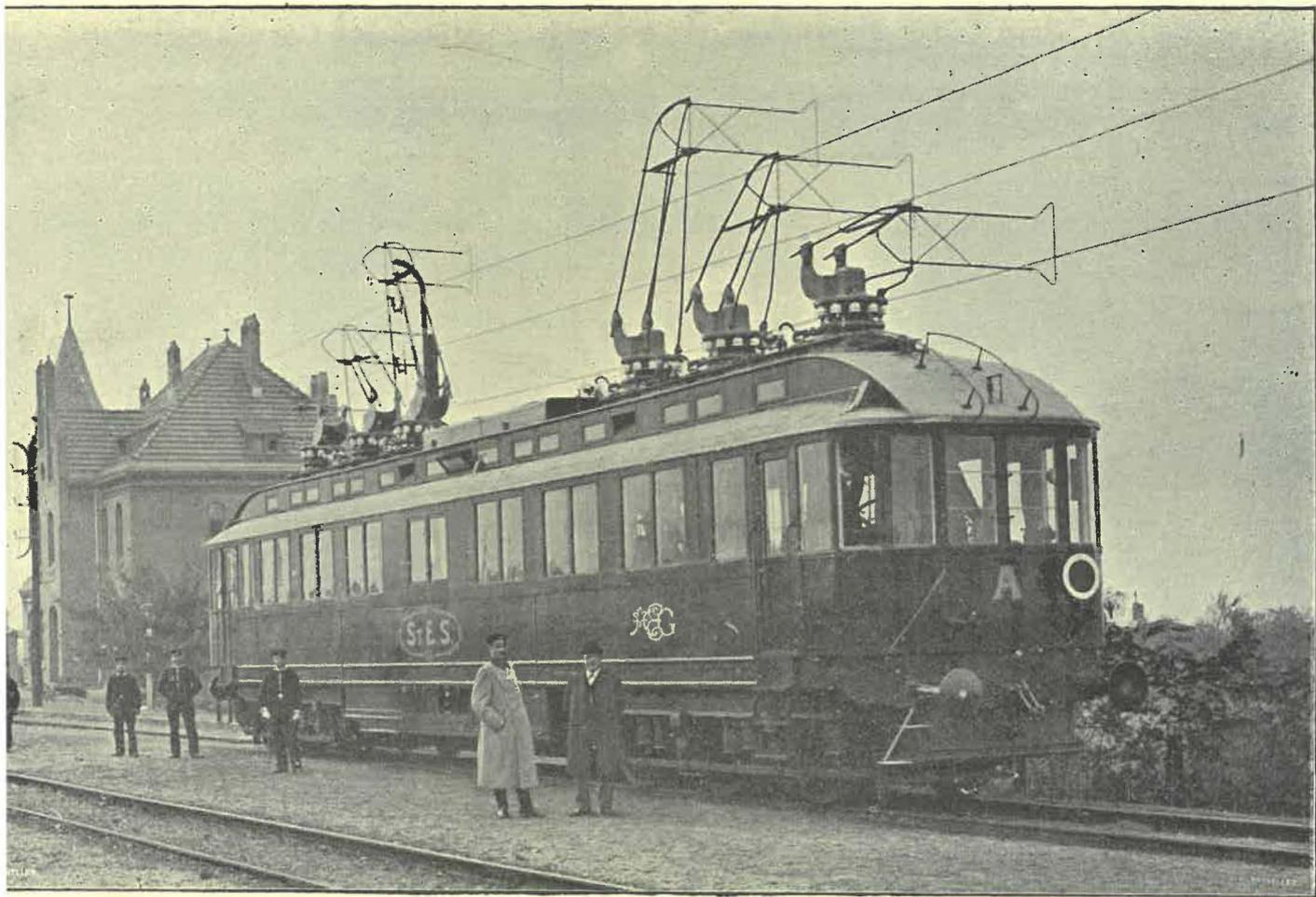


FIG. 26.

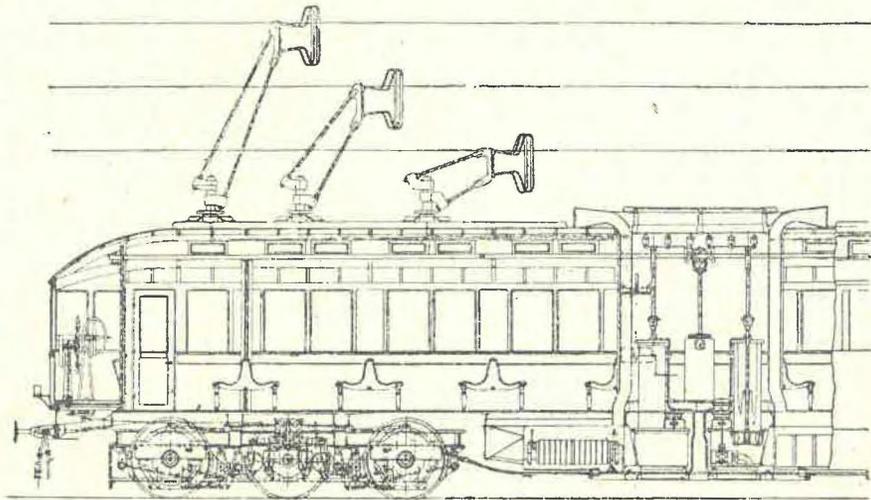
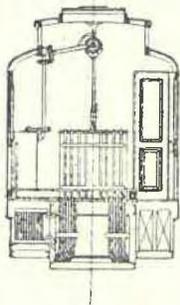


FIG. 27.

circuits et des transformateurs est protégé par des fusibles. Les conducteurs à basse tension vont des transformateurs aux moteurs par l'intermédiaire d'un commutateur. Par suite du jeu admis entre le bogie et la voiture, jeu provenant de l'oscillation latérale quand on passe en courbe et de l'oscillation verticale due à l'action des ressorts, les câbles doivent être suspendus à l'aide de supports flexibles, ce qu'on obtient à l'aide d'une courroie. Les câbles allant des moteurs d'arrière au démarreur sont assurés de la même manière.

Le commutateur préindiqué est employé pour établir ou supprimer le courant allant aux moteurs et venant des transformateurs; il permet aussi d'obtenir le roulement dans un sens ou dans l'autre, ou de couper le courant pour faire fonctionner le frein. En outre, la batterie d'accumulateurs est reliée de ce point au circuit des stators des moteurs quand on freine la voiture comme un automobile, c'est-à-dire, d'une façon indépendante des conducteurs aériens.

#### VI. — Conduite de la voiture.

Le conducteur de la voiture n'a qu'à agir sur un simple volant à main pour effectuer toutes les manœuvres; au moyen d'un indicateur, il peut en tout temps déterminer la position de l'appareil de réglage et, par un ampèremètre, il détermine la charge des moteurs; un autre appareil indique continuellement la vitesse de la voiture.

Par le volant à main, le conducteur manœuvre une tige s'étendant sur toute la longueur de la voiture. Le commutateur est commandé par cette tige au moyen d'une paire de roues d'angles et de cames. Le mouvement de cet équipage de cames commande la marche en avant, celle en arrière et le frein; dans les positions intermédiaires on agit sur la valve du rhéostat liquide dont il a été précédemment question.

À gauche du conducteur est la poignée de manœuvre du frein à air comprimé et, à sa droite, il y a un volant à main pour agir sur le même appareil. On se propose de faire usage de plusieurs espèces d'appareils de mesures pour les voyages d'essais, spécialement dans le but d'indiquer l'accélération de la vitesse, de mesurer la résistance de l'air rencontré quand le vent souffle en tête ou en travers et d'enregistrer la consommation du courant.

## VII. — Essais sur la plateforme.

Par suite de la nouveauté du système et pour ainsi dire de chacune des parties de l'équipement électrique et aussi de la grande responsabilité du constructeur, on a jugé prudent d'effectuer d'abord des essais avec la voiture au repos, sur une plateforme aménagée à cette fin. On amène la voiture au-dessus d'un châssis portant des galets de grand diamètre sur lesquels les roues reposent et peuvent tourner à différentes vitesses; les moteurs de chaque bogie sont expérimentés séparément.

L'auteur du mémoire déclare que les expériences pratiques effectuées sur la plateforme d'essai, ont été pleinement favorables.

La question de savoir, ajoute-t-il, si l'on atteindra pleinement la vitesse qu'on vise ne dépend pas seulement de la voiture mais également de la voie. Un bon laps de temps est encore nécessaire pour acquérir une expérience suffisante sous ce rapport, ainsi qu'en ce qui concerne la consommation de puissance sous des conditions variables de travail, ce qui conduit à la solution d'un second problème.

Depuis la publication de ce mémoire, des essais ont été entrepris à des allures variées sur la ligne de Berlin-Zossen; elles vont être incessamment poussées aux vitesses les plus grandes que l'on jugera compatibles avec la sécurité. La ligne d'essai à une longueur de 23 kilomètres; elle ne présente que des courbes de grands rayons, entre 2,000 et 6,500 mètres, sur de courts développements et des inclinaisons de 5 millimètres par mètre, au maximum.

La voie n'a pas subi de modifications en vue de la première série d'essais, si ce n'est dans le nombre de traverses qui ont été un peu plus rapprochées que primitivement.

L'auteur du mémoire a bien voulu nous communiquer récemment les renseignements complémentaires ci-après :

« Depuis le rapport que j'ai présenté à Glasgow, les essais ont été continués jusqu'au mois de décembre. La plus grande vitesse atteinte a été de 160 kilomètres à l'heure, cette vitesse ne pouvant être dépassée à cause de l'insuffisance de la voie qui avait été établie une dizaine d'années auparavant pour un chemin de fer secondaire. Les essais ont dû être interrompus pour cette raison jusqu'à ce que la voie fût renforcée. Ces travaux seront probablement exécutés dans le courant de l'été.

» Les expériences, faites sur la résistance de l'air, sur la force nécessaire pour la traction à différentes vitesses, et les diagrammes obtenus sur le freinage par l'air comprimé ou par sabots, n'ont donné que des résultats provisoires, les hautes vitesses pour lesquelles ces essais avaient été prévus n'ayant pas été atteintes.

» Les moteurs, l'appareillage et surtout les rhéostats de démarrage et de réglage de vitesse ainsi que les appareils de prise de courant ont fonctionné à notre pleine satisfaction.

» Il n'est toutefois pas possible d'émettre à ce sujet une opinion définitive tant que les essais n'auront pas été faits sur voie renforcée.»

M. Lasche termine par ce passage qui est pour nous d'un intérêt tout spécial :

« Nous avons aussi construit le rhéostat de démarrage pour applications électrominières et sommes très satisfaits des résultats obtenus. Nous comptons avoir installé d'ici à l'automne prochain, quelques milliers de chevaux pour l'extraction dans les mines, tant en Belgique qu'en Allemagne. »

#### VOITURE SIEMENS ET HALSKE.

Nous croyons utile, avant de faire connaître la discussion soulevée au Congrès de Glasgow, de donner une description sommaire de la voiture étudiée par la Maison Siemens et Halske, de Berlin, pour résoudre le même problème que l'A. E. G., également pour le compte de l'Association allemande précitée, et en expérimentant sur la même ligne de Berlin-Zossen.

La voiture S et H. pèse en tout 93 tonnes; dans ce poids l'équipement électrique entre pour 42 tonnes, comportant 16 tonnes pour les moteurs, 12 pour les transformateurs principaux et 14 pour le reste.

Les moteurs sont en nombre égal à celui de la précédente voiture. Ils sont à attaque directe, c'est-à-dire qu'ils sont montés, le rotor calé sur l'essieu, au lieu d'être flottant, comme dans la voiture de l'A. E. G. Le stator allège le centre de l'essieu en allant prendre appui, au moyen de traverses, sur les boîtes à graisse extérieures des fusées. La puissance des moteurs est établie comme dans le cas précédent; le diamètre des roues est également de 1<sup>m</sup>25.

La tension du courant primaire de 10,000 volts est ramenée à un taux variant entre 1,850 et 1,150 volts, le premier pour le démarrage et le second en marche normale. Le courant inducteur pénètre dans le rotor par trois bagues, séparées par de grands disques de

mica. On règle alors, à l'aide de rhéostats, les résistances à intercaler dans le circuit induit du stator, circuit dont les enroulements sont étudiés pour être le siège d'une tension de 650 volts au démarrage.

Les rhéostats en question présentent une particularité à signaler. Tout en agissant sur les trois phases, ils n'y introduisent pas simultanément le même taux de résistance électrique dans les circuits des quatre moteurs, mais successivement dans chacun d'eux.

Ces rhéostats sont placés extérieurement le long des parois verticales de la caisse, ce qui facilite leur aérage.

Les capteurs de courant sont aussi des archets; ils sont également doubles.

Contrairement à ce qui se passe dans le premier type, au lieu d'être respectivement reliés à la voiture par des jeux de tringles placés l'un derrière l'autre, les archets sont attachés à un mât vertical qui, émergeant au-dessus du toit, va prendre pied sur le plancher de la voiture. Près du toit, se trouve un triple interrupteur extérieur à la caisse et enfilé sur un manchon isolant.

Le mât peut recevoir, de l'intérieur de la cabine, un mouvement de rotation entraînant tout l'équipage d'archets et supports, soit pour les écarter des conducteurs aériens, soit au moment du changement du sens de la marche. Ces mâts sont placés à l'avant et à l'arrière de la voiture et non plus au centre des bogies.

Toutes les manœuvres se font par l'intermédiaire de l'air comprimé. Celui-ci est également nécessaire pour le freinage. Il est produit par des moteurs alimentés par un courant réduit de 10,000 volts à 110 volts à l'aide d'un transformateur pesant 650 kilog. Pour desservir les quatre jeux de rhéostats correspondant aux quatre moteurs, des chaînes courant le long des caisses, vont, dans les cabines, passer autour de poulies manœuvrées par des pignons et engrenages mûs par l'air comprimé.

Avant d'aborder l'étude de moteurs destinés aux essais sur la ligne expérimentale, la maison Siemens et Halske a procédé à diverses recherches relatives à la résistance de l'air.

On a commencé par faire la part de la résistance au roulement qui fut admise être de 4 k. 5 par tonne pour une automotrice roulant à 200 kilomètres à l'heure au lieu de 2 k. 5 que l'on prend ordinairement.

On détermina, par expériences à poste fixe, à l'aide de deux grands panneaux plans de 10 m<sup>2</sup>, la portion des résistances dues à l'air. On incurva ensuite la surface de chacun d'eux en forme parabolique.

Ces expériences confirmèrent la notion généralement admise que *l'influence de la forme de la voiture est beaucoup plus importante à grande qu'à moyenne vitesse*. Finalement l'on s'est arrêté, pour la résistance de l'air, à  $90 \frac{k}{\text{mq}}$ , soit 900 k. pour la voiture en question à la vitesse de 200 kilomètres.

Le calcul de la puissance est le suivant :

$$\frac{900^k + 93^T \times 4^k 5}{75^{\text{kgm}}} \times \frac{200,000^m}{3600} = 976 \text{ chevaux,}$$

soit 1000 chevaux en chiffres ronds, à répartir sur quatre moteurs. Ceux-ci doivent être aptes à donner 3000 chevaux pendant la période d'accélération.

#### DISCUSSION AU CONGRÈS

Après un échange de congratulations et un hommage rendu à S. M. l'Empereur d'Allemagne, pour sa haute protection dans les recherches entreprises par les deux grandes maisons de Berlin précitées, quelques observations techniques ont été présentées. Sir WILLIAM PREECE s'est déclaré hautement partisan du courant triphasé pour l'alimentation des moteurs destinés à l'électrotraction sur les grands chemins de fer. Ce système supprime toute machinerie rotative dans les sous-stations; il supprime beaucoup de parties qui donnent du poids à la machinerie et comme résultat l'on trouve que, si l'on prend toute l'installation d'un chemin de fer, le système triphasé fournit une économie de 30 %, et même plus. Ensuite, il est possible d'employer des tensions élevées; avec 3000 volts le poids du cuivre n'est que de 1,6 de ce qu'il serait en courant continu et de plus, le coût de construction des sous-stations n'est seulement que d'un quart; de sorte qu'en comparant les deux systèmes, on arrive à trouver que l'emploi du courant triphasé procure une économie d'au moins 40 % du capital nécessaire pour le premier établissement.

Le professeur S. P. THOMPSON a examiné quelques points de détail. Selon lui le commutateur des dynamos est un appareil préhistorique. Tout moteur qui réclame un commutateur ne peut être utilisé sur une ligne à grande vitesse et c'est là que réside une infériorité de la machine à courant continu par rapport à celle à courant alternatif.

Un second point à mettre en lumière c'est l'avantage résultant de l'introduction de résistances variant continuellement dans le circuit

par l'emploi des rhéostats liquides au lieu de résistances métalliques. Il y a une dizaine d'années, on considérait le rhéostat liquide comme un instrument de laboratoire seulement, tandis qu'actuellement il est d'une application pratique inappréciable.

De plus, il y a dans le mémoire de M. Lasche, des détails relatifs aux trucks, aux coussinets, aux moyens de renverser la direction et de changer de phase de manière à produire une action freinante qui mériteraient une discussion au point de vue technique, mais qui ne peuvent être examinés, faute de temps.

D'accord avec Sir William Preece, M. SIEMENS est d'avis qu'il y a lieu d'écarter la question des détails pour discuter la question générale, en attendant les résultats des essais qui doivent être effectués sur la ligne précitée en même temps qu'avec la voiture de la maison S. et H.

Il a rappelé que le professeur Thompson a condamné le moteur à courant continu. Celui-ci, comme il a été arrêté au Congrès de Paris de 1900, trouve sa place quand il y a de fréquentes et grandes variations de vitesse et, dans le cas d'un long parcours à la même vitesse, il convient de faire usage du courant triphasé.

Il n'est pas tout-à-fait d'accord avec l'auteur du mémoire, quand celui-ci déclare que la question économique ne doit pas être la principale considération. Si la lumière électrique n'est pas intrinsèquement à meilleur compte que la lumière du gaz, elle a des avantages indirects, autrement elle n'aurait pas été généralisée. C'est ici la même chose. On introduira les voitures à grande vitesse sur les lignes principales de chemins de fer si elles sont plus économiques et pas autrement et là est précisément le grand problème à résoudre.

M. Siemens pense encore autrement que l'auteur, quand celui-ci estime que l'on peut rouler sur les chemins de fer existants, avec les voitures à grande vitesse. Il ne peut admettre que l'on puisse encore augmenter de 50 % la vitesse de 80 milles à l'heure (130 kilom.), qu'atteignent quelquefois les trains sur les lignes de Londres à Glasgow; il y aurait alors du danger.

Le professeur ZIPERNOWSKY, de Budapesth, a signalé que l'étude de l'A. E. G. est la plus importante qui ait été faite depuis l'Exposition de Francfort, en 1891.

M. E. KOLBEN, de Prague, a examiné la question soulevée par M. A. Siemens, relativement au désavantage des moteurs triphasés ne tournant pas à vitesse constante. On a vu, par les explications de M. Lasche, qu'il a fait un usage exclusif de résistances pour régler la

vitesse des moteurs triphasés et sous ce rapport il semblerait que ces derniers soient inférieurs aux moteurs à courant continu, dont le réglage se fait comme ci-après : Si deux ou quatre moteurs sont montés dans la voiture, ils travaillent soit en série, soit en parallèle, de manière que la vitesse peut être réduite à la moitié ou au quart sans aucune perte dans les résistances. M. Kolben ne pense pas qu'on conserve le mode actuel de réglage de la vitesse du moteur triphasé au moyen de résistances seulement, mais de ses expériences concernant les grues et les machines d'extraction, il déduit que l'on peut réduire la vitesse de moitié et même, sans grande complication, des trois quarts, sans aucune perte dans les résistances, en changeant simplement le nombre de pôles, ce que l'on peut obtenir en changeant les connexions des enroulements du moteur. Il déclare que c'est dans cette direction que des expériences devront être faites, de manière à assurer le succès de moteurs comportant ensemble 3,000 chevaux de puissance.

M. GIBERT KAPP, de Berlin, a fait connaître qu'il a eu l'occasion de voyager sur une voie très mal assise des environs de Berlin, avec la voiture S. et H. et qu'il a constaté le parfait fonctionnement malgré la tension de 10,000 volts. La cabine du wattmann est située au milieu de la locomotive, et consiste en une boîte en fer avec des fenêtres munies de glaces de tous côtés. Tout le jeu de fer et les poignées sont mis à la terre et on peut toucher tout sans éprouver aucune secousse.

On a fait une objection au moteur triphasé de ce que l'on ne pouvait varier la vitesse sans consommation d'énergie dans les résistances; cet inconvénient se retrouve dans les moteurs à courant continu, mais dans un cas comme dans l'autre, cette perte n'a aucune importance pratique. Si l'on établit un chemin de fer à grande vitesse, le conducteur ne roulera pas lentement; il ira à la plus grande vitesse possible et ce n'est qu'exceptionnellement qu'il devra ralentir en intercalant des résistances. Il est vrai que le dispositif de M. Lasche, consistant en un rhéostat liquide, peut être utilisé pendant un certain temps, ce qui est d'ailleurs un grand avantage spécialement pour les chemins de fer de montagnes. En conséquence, l'objection présentée n'a pas d'importance technique.

Le professeur C. CARUS-WILSON a fait remarquer que la plus grande difficulté d'appliquer la grande vitesse sur les chemins de fer existants est la question des courbes. M. Lasche ne l'a pas examinée parce que la ligne d'expérience était sensiblement droite. Il faudra

donc construire des lignes spéciales, pratiquement sans courbes.

Le 20 novembre dernier, M. LASCHE a répondu quelques mots aux observations présentées au Congrès.

Il n'a pas prétendu, déclare-t-il, qu'un service intense serait possible à une vitesse de 200 kilomètres à l'heure sur les lignes actuelles, mais il voulait établir qu'avec les voitures électriques isolées, la voie et les ponts seraient soumis à des efforts moindres qu'avec des trains et des locomotives, et que, pour cette raison, sans renforcer les lignes existantes, on pourrait atteindre une vitesse considérablement plus élevée avec des voitures électriques qu'avec des locomotives à vapeur et l'on pourrait conséquemment maintenir un service de voitures plus actif. Il conteste que la ligne expérimentale soit dépourvue de courbes, tout en reconnaissant que le plus petit rayon est de 2000 mètres.

