

L'électrification de la ligne Bruxelles-Anvers.

En janvier 1933, le Conseil d'Administration de la Société Nationale des Chemins de fer belges décida d'établir, entre Bruxelles et Anvers, un service électrique, intensif et rapide, de trains de voyageurs. Les études et les travaux furent entrepris immédiatement d'après un « planning » précis, et réalisés dans le délai imposé. La substitution du nouveau mode de traction à l'ancien service à vapeur se fit entièrement et en une seule fois, le 23 avril 1935. L'inauguration officielle eut lieu quelques jours plus tard, le 5 mai et coïncida avec le centième anniversaire de l'inauguration du premier chemin de fer belge.

Aménagement de la ligne.

Le programme d'exploitation prévu pour la ligne électrique — trains à grande vitesse et à fréquence rapide — entraîna l'exécution de travaux de génie civil particulièrement importants. Il fallut compléter et aménager les anciennes voies dites « rapides » de manière à les isoler autant que possible de la route et des autres voies ferrées. Des terrassements importants furent exécutés, notamment aux abords de la gare de Malines, qui fut partiellement exhauscée; deux ponts furent édifiés près de cette station, l'un de 63 mètres de portée au-dessus du canal de Louvain au Rupel, et l'autre de 89 mètres de portée au-dessus de la chaussée de Louvain et des voies vers Muysen (fig. 1). Trois passerelles et seize autres ponts furent construits pour permettre la suppression des passages à niveau.

Une signalisation lumineuse de jour et de nuit (fig. 2) remplaça l'ancienne signalisation par palettes sémaphoriques dont la visibilité n'aurait pas toujours été suffisante par suite de la présence des nombreux supports des lignes de contact.

Des quais surélevés furent établis dans les stations de Bruxelles-Nord, de Malines et d'Anvers, pour rendre l'embarquement et le débarquement des voyageurs plus aisés et plus rapides.

La Régie des Télégraphes dut également intervenir pour déplacer ses circuits télégraphiques et téléphoniques et les reporter en dehors d'un gabarit de sécurité, de manière à éviter tout contact accidentel avec les lignes sous tension. Ce déplacement eut également pour but d'atténuer, dans une certaine mesure, les perturbations dues à l'induction du courant de traction sur les lignes de télécommunication.

Nous n'entrerons toutefois pas dans le détail de tous ces travaux qui ne se rapportent pas directement à l'électrification proprement dite.

Choix du courant.

Différentes formes de courant, différents systèmes de captation peuvent être utilisés pour la traction électrique des trains. A ce point de vue les installations réalisées sur les réseaux étrangers se répartissent entre les 4 catégories ci-après.

1. Courant alternatif triphasé à haute tension (3.000 volts), avec ligne de contact aérienne.
2. Courant alternatif monophasé à haute tension (10.000 à 15.000 volts), avec ligne de contact aérienne.

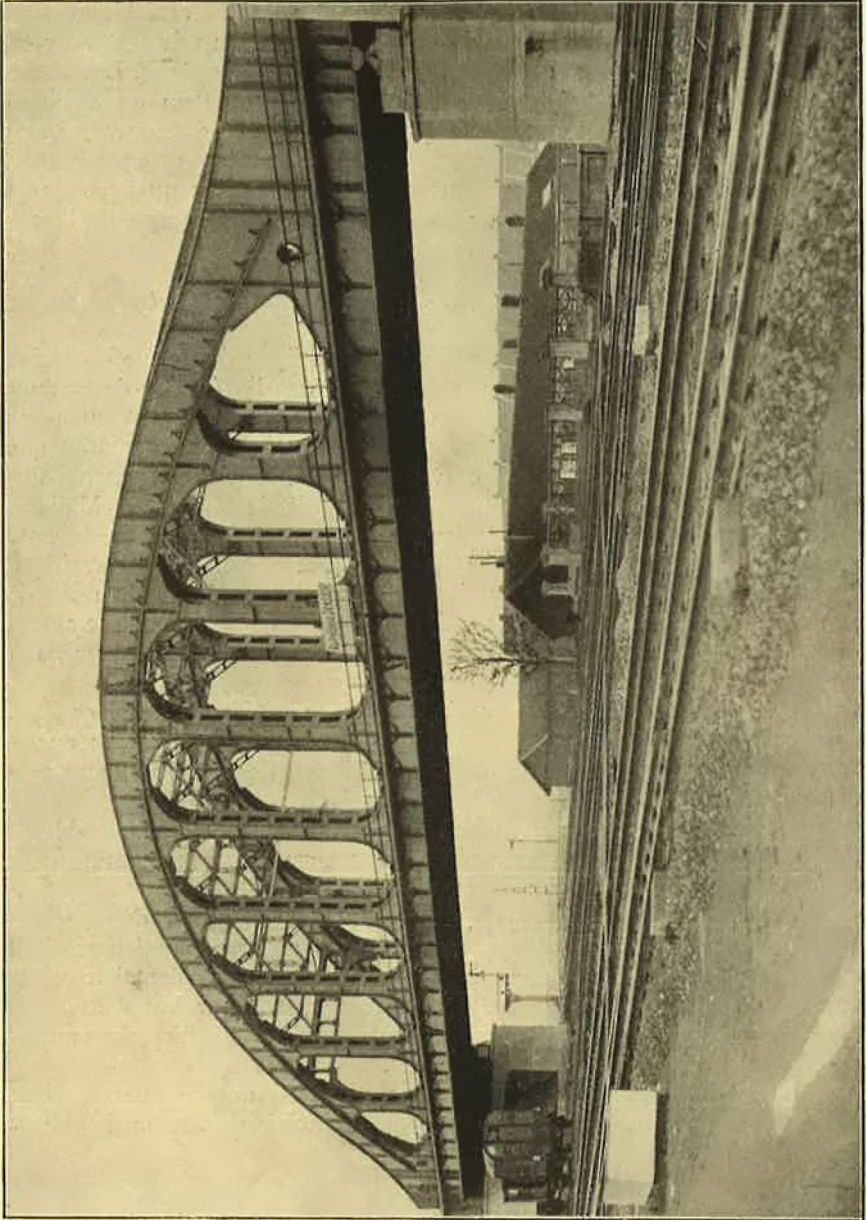


Fig. 1. — Malmes, Pont au-dessus de la Chaussée de Louvain et des voies vers Muisen.

3. Courant continu à basse tension (500 à 750 volts) avec contact par 3^e rail.
4. Courant continu à haute tension (1.500 à 3.000 volts) avec ligne de contact aérienne.

Le *courant triphasé*, utilisé principalement en Italie, sur une partie du réseau, présente l'avantage de donner une vitesse constante quel que soit le profil de la ligne et de permettre une récupération aisée dans les

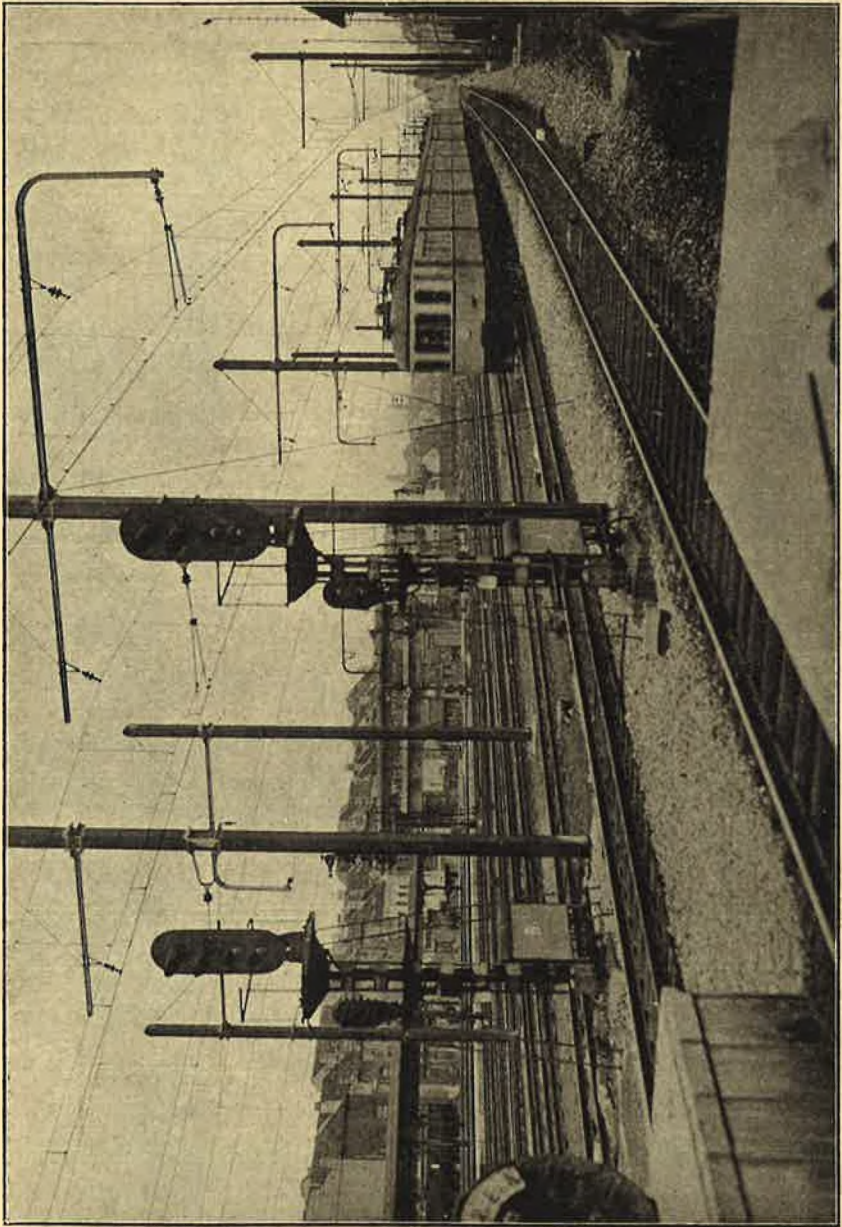


Fig. 2. — Lignes de contact. Signaux lumineux.

descentes, ce qui le rend surtout intéressant en pays accidenté. Mais il exige la pose de 2 fils de contact voisins, ce qui limite la tension admissible à 3.000 volts, augmente les dépenses d'établissement et complique les installations dans les gares.

De plus, si l'on veut pouvoir actionner directement les roues motrices, sans l'intermédiaire d'engrenages et n'avoir, d'autre part, qu'une perte de tension acceptable dans les lignes, il faut adopter une fréquence assez basse, généralement $16 \frac{2}{3}$ périodes par seconde. Le courant industriel à

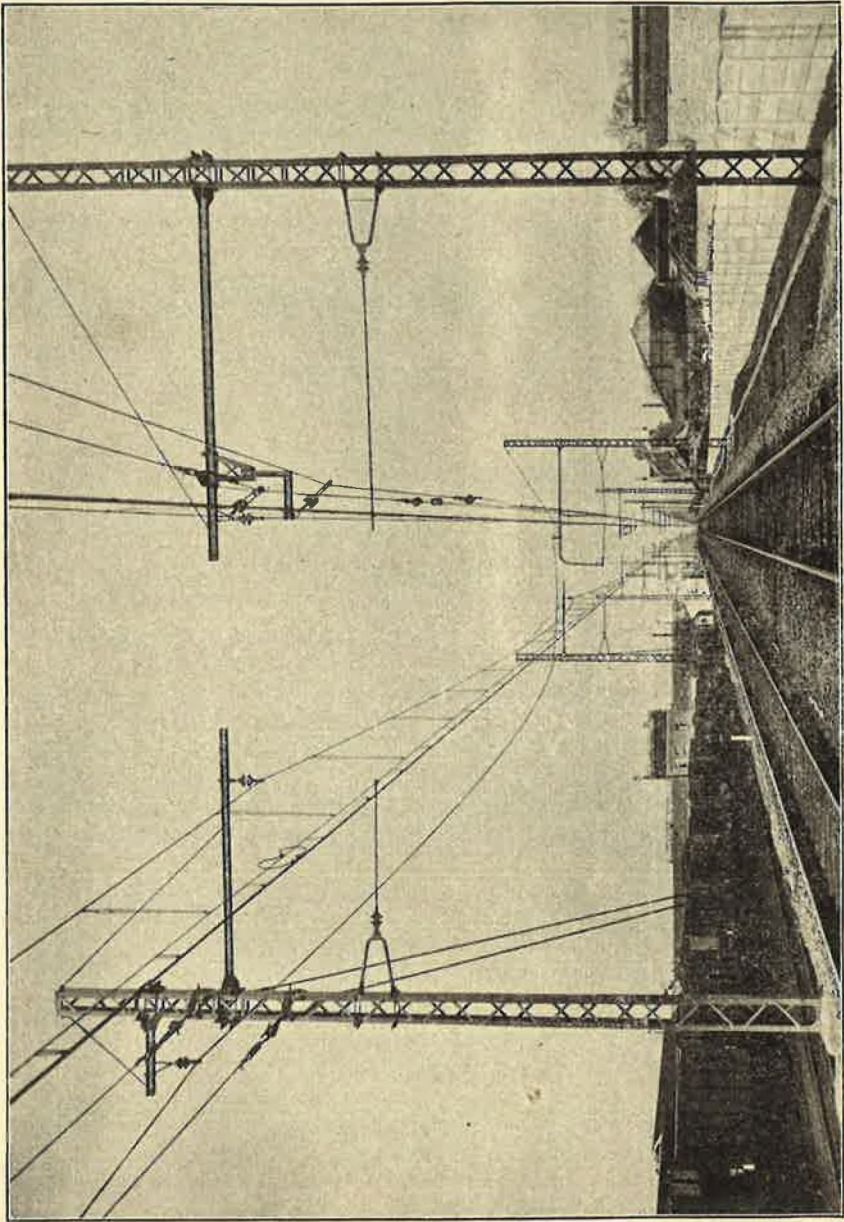


Fig. 3. — Poteaux support et lignes de contact.

haute tension étant habituellement produit à 50 périodes, il faut donc, non seulement abaisser sa tension, mais également le convertir en courant à $16 \frac{2}{3}$ périodes ce qui donne lieu à des dépenses d'installation supplémentaires et diminue le rendement.

Le courant monophasé est surtout utilisé sur les chemins de fer de l'Europe centrale (Suisse, Autriche, Bavière) et en Scandinavie; il doit être également à basse fréquence (16 2/3 périodes par seconde), mais comme il ne nécessite qu'un seul fil de contact il est possible de l'y envoyer sous une tension beaucoup plus élevée, généralement 15.000 volts. Il en résulte une réduction notable de l'intensité du courant transporté, ce qui diminue les pertes en lignes et permet d'établir des « caténaires » plus simples et moins onéreuses. Lorsque ce courant monophasé est produit directement à la fréquence de 16 2/3 périodes par des centrales spéciales, comme c'est le cas en Suisse, il n'est pas nécessaire de le convertir dans les sous-stations. Toutefois, comme le courant ne peut être utilisé dans les moteurs sous la tension de 15.000 volts, on est obligé, pour abaisser cette tension, de placer un transformateur statique sur chaque locomoteur, ce qui en augmente sensiblement le poids.

Le courant continu avec prise de contact par 3^e rail n'existe que sur des lignes dont l'électrification est déjà ancienne, et n'est plus guère adopté dans les nouvelles installations. Le 3^e rail ne permet, en effet, par suite des difficultés d'isolement, que l'emploi d'un courant à tension relativement basse (500 à 800 volts) dont l'économie et la souplesse sont inférieures au courant à plus haute tension. De plus, ce rail supplémentaire ne donne pas un contact continu dans les aiguillages; il encombre la superstructure, gêne l'entretien des voies, se couvre de givre ou de neige en hiver, et présente toujours, malgré les dispositifs de protection, un certain danger pour les agents du railway.

Le courant continu à haute tension (1.500 à 3.000 volts) est actuellement le système le plus généralement adopté pour les nouvelles installations. Les groupes transformateurs-redresseurs à vapeur de mercure permettent d'obtenir ce courant avec un très bon rendement, en partant du courant triphasé à haute tension et à fréquence industrielle (50 périodes). Les dispositifs de prise de courant par ligne aérienne ayant de leur côté été perfectionnés et permettant la captation d'intensités assez élevées, il est devenu possible d'utiliser pratiquement des moteurs à courant continu dont la souplesse et la variabilité de la vitesse conviennent particulièrement pour la traction des trains.

A chacun de ces systèmes correspondent donc des installations électriques fixes et un matériel roulant appropriés. Il importait dès lors de déterminer, avant toute autre étude, quel serait le type de courant adopté.

Le choix se porta sur la quatrième catégorie et il fut décidé que la ligne Bruxelles-Anvers serait alimentée au moyen de courant continu à 3.000 volts, avec prise de contact par ligne aérienne.

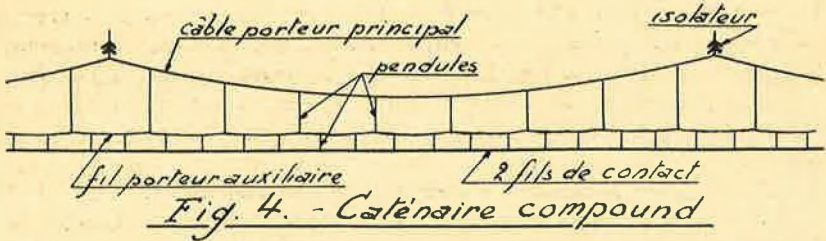
Lignes de contact.

Les lignes de contact ont été établies, en voie principale, suivant le dispositif appelé « caténaire compound », qui, par sa double suspension, assure aux fils une horizontalité à peu près parfaite (fig. 2-3 et 4). Elles comportent un câble porteur principal de 94 mm² de section, constitué de 37 fils en bronze phosphoreux. Ce câble est tendu entre les supports, auxquels il se rattache par l'intermédiaire d'isolateurs à noyaux pleins, et prend, sous l'action de la pesanteur, la forme dite de la « chaînette ».

Un fil porteur auxiliaire de 72 mm² de section, en cuivre au cadmium,

est suspendu au câble principal par des pendules, de longueur variant de 0.15 m. à 1 m. 20. Il supporte à son tour par de petits pendules alternés, espacés de 2,25 m., 2 fils de contact placés côte à côte et maintenus aussi exactement que possible dans un plan parallèle aux rails.

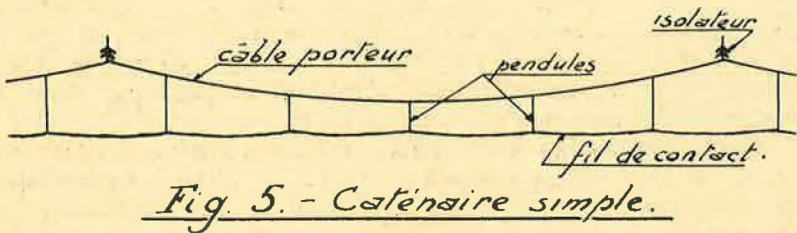
Ces fils de contact, en cuivre électrolytique, ont chacun une section de 100 mm². Ils sont soumis à une tension constante par des tendeurs à contre-poids placés tous les 1.500 mètres, qui compensent également les variations de longueur dues aux changements de température. Les dépla-



acements qui en résultent sont rendus possibles par les petits pendules qui peuvent coulisser sur le fil porteur auxiliaire. L'attache de ces pendules au fil de contact se fait au moyen de pinces qui agrippent le fil dans des rainures longitudinales ménagées à sa partie supérieure de manière à éviter toute saillie gênante pour le passage du frotteur des prises de courant. A chaque poteau support, une tringle isolée appelée « anti-balancan » maintient les fils de contact et empêche les oscillations.

Ce type de caténaire permet d'obtenir une bonne captation du courant, même à la vitesse de 120 kilomètres à l'heure. Tous les éléments qui la composent, porteur principal, porteur auxiliaire, et fils de contact, concourent au transport de l'énergie; le total de leur section est de 366 mm².

Pour l'équipement des voies de garage, une catégorie simple a été jugée suffisante; elle ne comporte qu'un seul fil de contact suspendu directe-



ment au câble porteur principal, et par conséquent d'une horizontalité moins parfaite qu'avec la suspension compound (fig. 5).

La hauteur des lignes de contact est de 5.50 m. au-dessus du niveau des rails, sauf au passage sous les ouvrages d'art où elle se réduit parfois à 4,80 m.

Les supports ont été choisis de 3 types différents: poteaux en treillis, poutrelles Grey, poteaux en béton armé vibré. Ils sont distants de 63 mètres en alignement droit; en courbe, leur écartement varie de 27 à 54 mètres suivant le rayon. La caténaire de chaque voie est indépendante et possède ses supports particuliers.

Sous-stations.

La fourniture du courant est assurée par des centrales importantes, l'Interbrabant aux environs de Bruxelles et l'Interescaut dans la région anversoise. L'alimentation se fait par câbles souterrains, sous forme de courant alternatif triphasé à 50 périodes; la tension est de 11.000 volts pour l'Interbrabant, et de 15.000 volts pour l'Interescaut.

Le courant est reçu dans deux sous-stations édifiées par la Société Nationale à proximité des voies électrifiées, et situées l'une à Haeren et l'autre à Mortsel. Elles comportent chacune 3 groupes transformateurs-redresseurs à vapeur de mercure, de 1.500 kilowatts; deux de ces groupes sont normalement utilisés et le troisième sert de réserve. Ils sont capables de supporter des surcharges très importantes pendant près d'une minute.

Les redresseurs à vapeur de mercure (fig. 6) constituent, dans le cas présent, la solution la plus moderne pour la conversion du courant alternatif en courant continu. Leurs nombreux avantages: rendement élevé (1) et pratiquement constant même lorsque la charge varie dans de larges limites, encombrement plus réduit à puissance égale, absence de bruit et de trépidations, facilité de manœuvre et d'entretien, les font préférer aux autres machines transformatrices du type rotatif.

Chaque redresseur est constitué essentiellement par une série d'anodes fixées sur un couvercle fermant une cuve à vide dans le fond de laquelle se trouve le bain de mercure formant cathode; cette cuve est entourée d'une enveloppe réfrigérante. Les services auxiliaires comportent des pompes pour l'entretien du vide et de la température; ils fonctionnent et sont contrôlés automatiquement au moyen de circuits à courant alternatif à 220 volts, fournis par un transformateur spécial.

Les transformateurs à bain d'huile qui alimentent les redresseurs sont placés immédiatement derrière ceux-ci dans des loges donnant vers l'extérieur du bâtiment et fermées par des volets mécaniques.

L'équipement électrique des sous-stations comprend en outre tous les autres éléments habituels: tableau de contrôle et de commande (fig. 7), interrupteurs automatiques à action ultra-rapide, parafoudres, etc. Toutes les manœuvres sont manuelles, mais s'effectuent à distance par l'intermédiaire de circuits à courant continu à 120 volts.

L'alimentation des lignes de contact en courant continu à 3.000 volts se fait uniquement près de chaque sous-station. Un poste de sectionnement établi à Malines permet de réunir ou d'isoler, suivant les nécessités, les divers tronçons de caténaire qui y aboutissent.

Le matériel électrique des sous-stations a été construit par deux firmes belges, les « Ateliers de Constructions électriques de Charleroi » et la « Société d'Electricité et de Mécanique »; l'équipement électrique des automotrices et des voitures a d'ailleurs également été étudié et réalisé par ces mêmes constructeurs.

(1) Le rendement des redresseurs à vapeur de mercure atteint 94 % alors que celui des convertisseurs rotatifs ne dépasse pas 87 %.

Matériel roulant.

Pour organiser un service de trains avec départs fréquents, il fallait disposer de rames homogènes pouvant repartir en sens inverse sans aucune manœuvre, presque aussitôt après leur arrivée dans une station

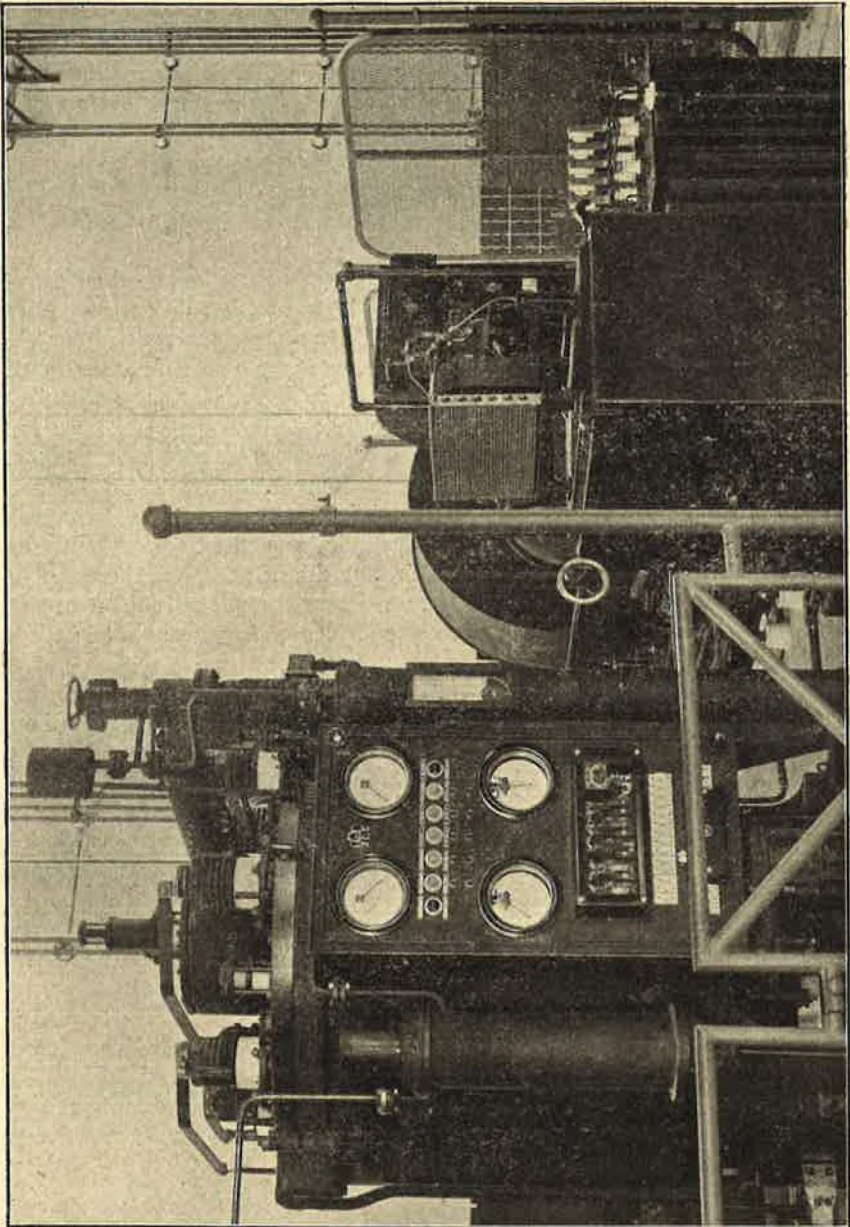


Fig. 6. — Redresseur à vapeur de mercure et son appareillage.

terminus. Des tracteurs électriques remorquant des rames de voitures ordinaires ne pouvaient donc convenir, et un matériel roulant spécial, uniquement affecté à la ligne électrifiée dût être construit (fig. 8).

Effectif.

L'effectif comporte 12 rames composées chacune de 2 voitures automotrices encadrant 2 voitures remorquées. Chaque automotrice est accouplée à une remorque et forme avec elle une « unité » considérée com-

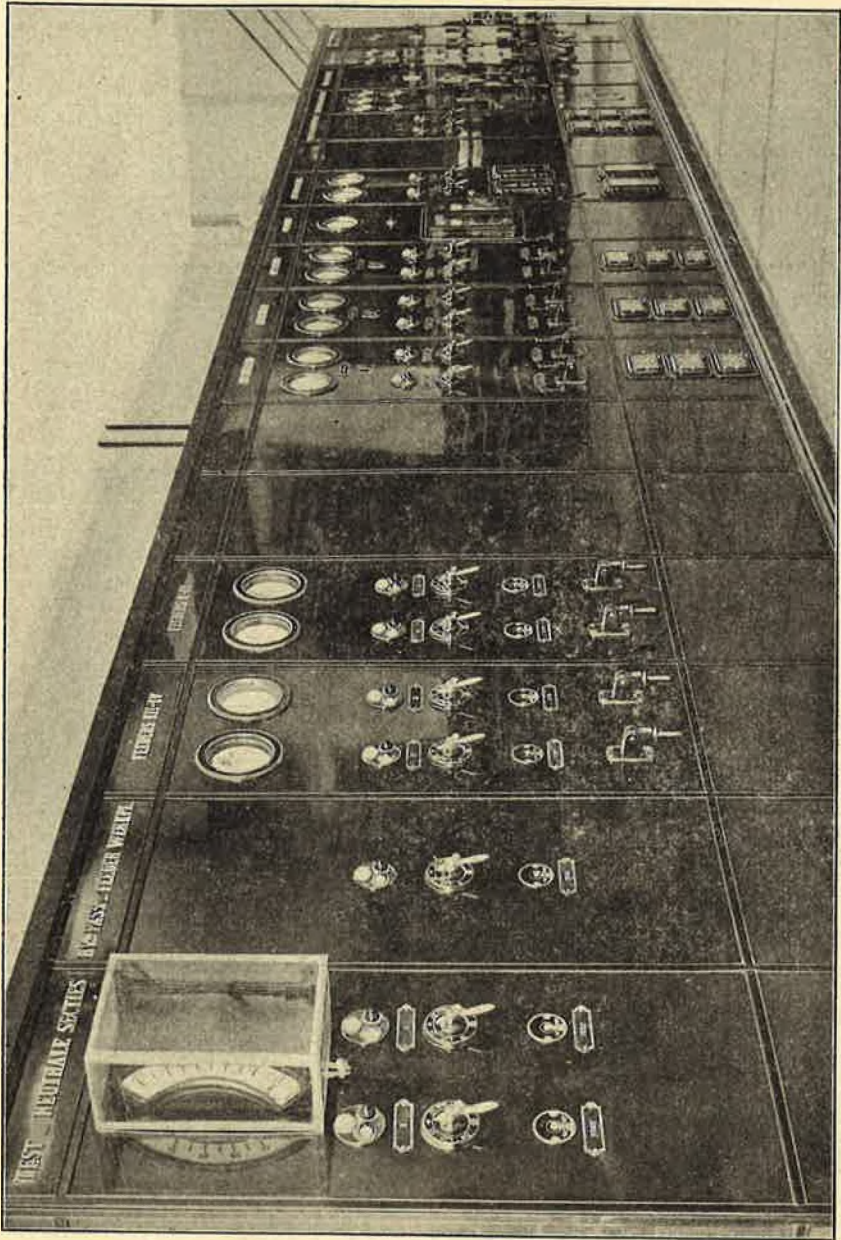


Fig. 7. — Tableau de commande de la sous-station de Haeren.

me indivisible ; le train normal est ainsi constitué par la réunion de deux « unités ». Deux trains normaux peuvent être éventuellement accouplés. Dans chaque automotrice, l'extrémité opposée à la remorque est de

forme aérodynamique et est aménagée en cabine de conduite, de sorte qu'un train possède toujours un poste de commande à chacune de ses extrémités.

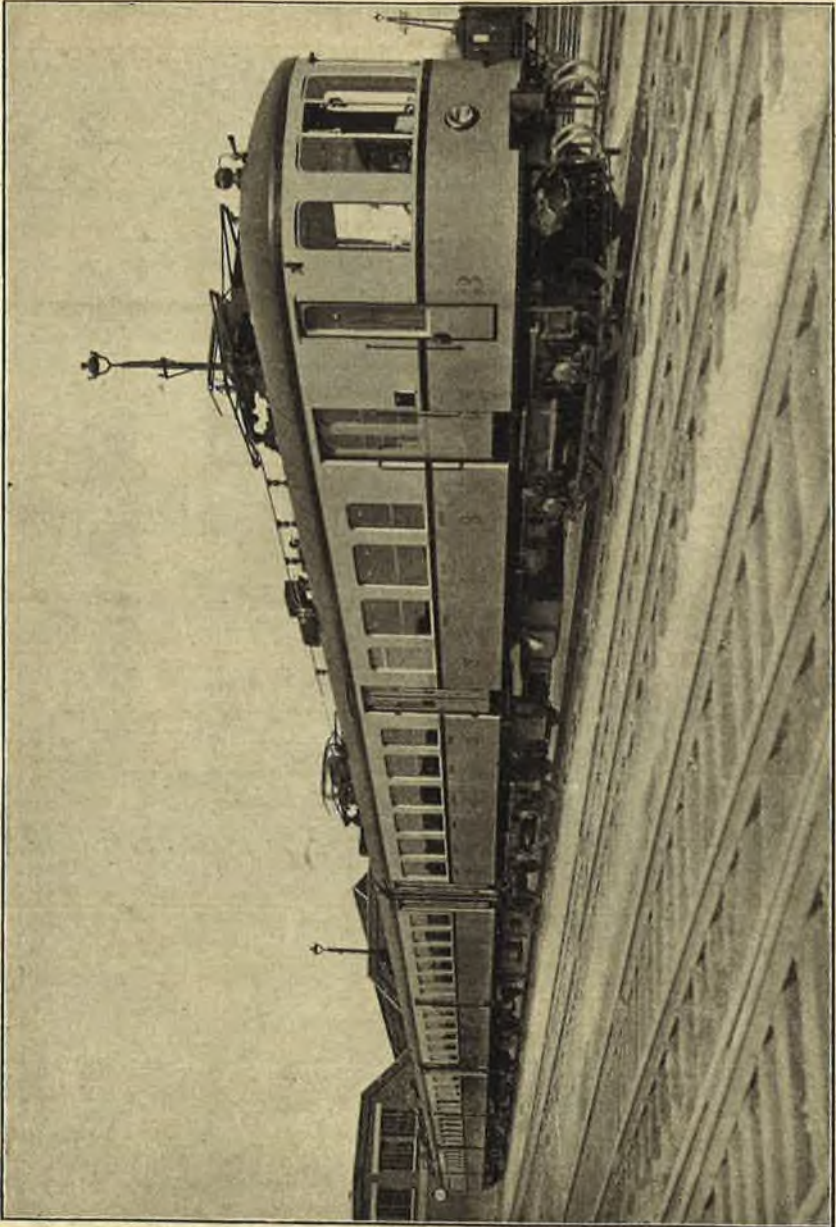


Fig. 8. — Rame complète composée d'une motrice en tête, de deux remorques et d'une motrice en queue.

Type de voitures.

Toutes les automotrices et remorques sont à bogies et construites d'après le type des voitures métalliques.

Les bogies, dont le châssis est en acier coulé monobloc, comportent

une double suspension élastique par ressorts à lames; ils supportent la voiture par l'intermédiaire d'une traverse dansouse. Les boîtes à essieux sont munies de roulements à rouleaux.

La caisse et le châssis des voitures sont entièrement construits en pièces métalliques rivées, dont l'ensemble constitue une poutre tubulaire très résistante; les avant-corps du châssis sont en acier coulé monobloc et supportent le dispositif d'attelage automatique du système Henricot. Le poids à vide d'une automotrice est de 72 tonnes et celui d'une remorque de 48 tonnes.

L'entrée et la sortie des voyageurs se font par trois baies ménagées dans chacune des parois latérales des voitures. Les portes d'extrémité sont repliantes et celles de milieu sont à panneaux glissants; elles sont toutes actionnées simultanément par un dispositif pneumatique qui commande également la manœuvre des marche-pieds qui s'effacent pendant le trajet. L'ouverture des portes est sous la dépendance du conducteur du train; la fermeture est effectuée par le chef-garde.

Aménagement des voitures.

La disposition intérieure est différente dans chacune des 4 voitures d'une rame normale. Les automotrices sont toutes deux aménagées en voitures de 3^e classe, mais l'une d'elles possède un compartiment servant de fourgon; une des remorques est équipée entièrement en voiture de 2^e classe, l'autre est mixte 2^e et 3^e classe. Il n'y a pas de 1^{re} classe. Le nombre de places offertes est de 359 par rame, dont 116 en deuxième classe et 243 en troisième.

La décoration des compartiments de voyageurs est réalisée au moyen de bois du Congo; les quincailleries sont chromées. Les sièges sont rembourrés, même en 3^e classe. L'éclairage est électrique.

Le « conditionnement d'air » (1) est assuré dans les voitures par une installation de ventilation combinée avec le chauffage. Un courant d'air frais puisé à l'extérieur au travers de filtres à poussières, est distribué rationnellement dans tous les compartiments, et effectue 12 à 14 renouvellements d'air par heure. En hiver, cet air est chauffé au préalable par des résistances électriques alimentées directement par le courant à 3.000 volts. A la sortie de l'air vicié, une partie de la chaleur est récupérée par un échangeur de chaleur. Ce courant d'air chaud est ascendant; en été il est remplacé par un courant de ventilation de sens inverse.

Equipement électrique des motrices (2).

L'installation électrique des automotrices comprend des circuits à 3.000 volts pour l'alimentation des moteurs de traction, du groupe moteur-compresseur et des résistances de chauffage, ainsi que des circuits à 36 volts pour les services auxiliaires: contrôle des appareils à haute-

(1) Rappelons que le fonctionnement de cette installation a été exposé aux membres de notre Union Professionnelle lors de la visite à la firme Westinghouse, le 5 mars 1936.

(2) La revue des A.C.E.C. a publié (n^{os} 148 et 149) une étude détaillée sur l'équipement électrique des automotrices, dans laquelle nous avons puisé les principaux renseignements donnés ci-après; les figures 9 et 11 sont également empruntées à cet article.

tension, commande des sablières et éclairage. Ces circuits à basse tension sont alimentés par une batterie d'accumulateurs, chargée par une dynamo fixée sur le bogie d'avant et entraînée par un des moteurs.

Moteurs de traction.

L'équipement de traction comporte, sur chaque automotrice, 4 moteurs soit un par essieu, d'une puissance unihoraire de 205 C.V. Pour une rame, la puissance totale est donc de 1640 C. V., mais au démarrage, elle peut atteindre momentanément le double, ce qui permet d'obtenir une forte accélération initiale. Il est possible ainsi d'effectuer le trajet entre Bruxelles et Anvers à une vitesse moyenne de près de 100 km. à l'heure, et cela malgré le peu de longueur de la ligne (44,3 km.) et la présence de plusieurs points de ralentissement.

Les moteurs sont construits pour fonctionner sous une tension maximum de 1.500 volts; les 2 moteurs d'un bogie sont connectés en série de façon permanente pour correspondre à la tension de la ligne d'alimentation. La carcasse des moteurs est en acier coulé d'une seule pièce; elle est fermée latéralement par 2 plateaux formant paliers et supportant l'axe de l'induit par l'intermédiaire de roulements à rouleaux. Tout l'ensemble du moteur est fixé en 4 points au châssis du bogie, et participe donc à toutes les oscillations de ce châssis, dues à la flexion des ressorts. De ce fait, la puissance du moteur ne peut être transmise à l'essieu que par l'intermédiaire d'un accouplement élastique. C'est la transmission « Sécheron » qui a été adoptée.

Transmission « Sécheron ». (Fig. 9 et 10.)

Cette transmission comporte un arbre creux entourant l'essieu du train de roues, mais sans le toucher; son alésage est plus grand de 56 mm. que le diamètre de l'essieu. Cet arbre tourne dans des coussinets anti-

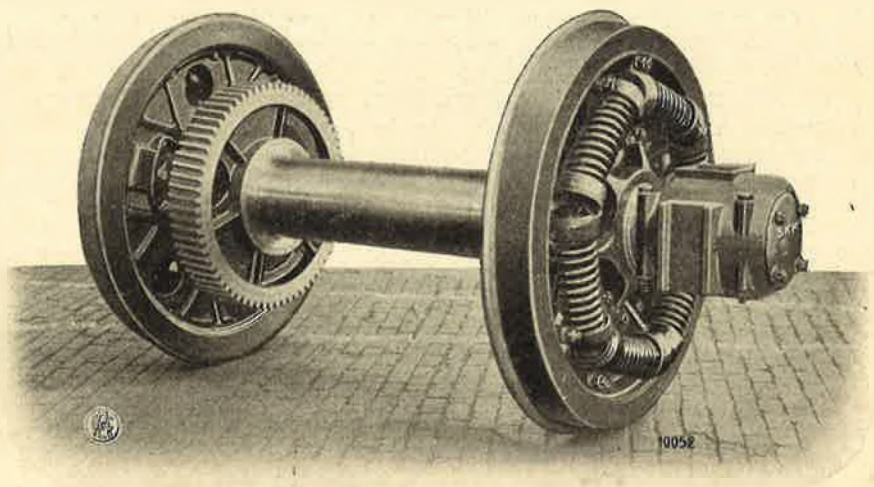
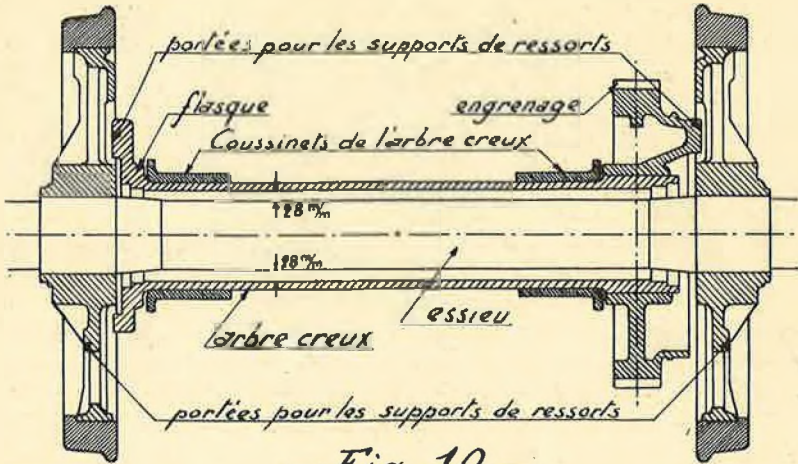


Fig. 9. — *Transmission Secheron.*

friction portés par la carcasse du moteur, ce qui le rend solidaire de celui-ci. Il porte à une de ses extrémités une roue à denture inclinée, qui est entraînée par un pignon denté calé sur l'axe de l'induit; son côté opposé se termine par un flasque triangulaire.

Au repos, l'arbre creux et l'essieu sont concentriques. Mais lorsque les ressorts de suspension du bogie fléchissent, il se produit un déplacement vertical du moteur par rapport au train de roues; ce déplacement peut se faire grâce au jeu qui existe entre l'arbre creux et l'essieu, mais il est



évident que ces 2 pièces cessent alors d'être concentriques. Pour permettre ce déplacement, la transmission du mouvement se fait entre l'arbre creux et chaque roue de l'essieu, par l'intermédiaire d'un dispositif flexible constitué par 6 ressorts hélicoïdaux disposés suivant les côtés d'un hexagone; les extrémités de ces ressorts sont encastrées dans des supports fixés alternativement sur la roue et sur l'extrémité de l'arbre creux. Trois portées sont usinées dans ce but sur chaque roue ainsi que sur le flasque et sur l'engrenage.

Dans chaque accouplement, la transmission du couple moteur s'opère donc par compression de 3 ressorts et par extension des 3 autres.

Compresseur.

L'air comprimé nécessaire pour le frein Westinghouse et pour les services auxiliaires est produit par un groupe moteur-compresseur. Cet appareil est suspendu sous le châssis de l'automotrice par l'intermédiaire d'amortisseurs de vibrations. Son moteur fonctionne directement sur le courant à 3.000 volts.

Prises de courant.

Deux prises de courant à pantographes (fig. 11) sont installées sur la toiture de chaque automotrice. Normalement, seul le pantographe d'arrière, par rapport au sens de marche du train, est levé; toutefois il est possible, en cas de nécessité, de lever ou d'abaisser l'un quelconque des pantographes. Le déploiement de l'appareil se fait sous l'action de ressorts de

levage, qui donnent également la pression appropriée sur la ligne d'alimentation. Le courant est collecté au moyen d'un frotteur en carbone, articulé au sommet du pantographe. L'emploi du carbone permet de réduire l'usure des fils de contact, et surtout rend cette usure plus régulière

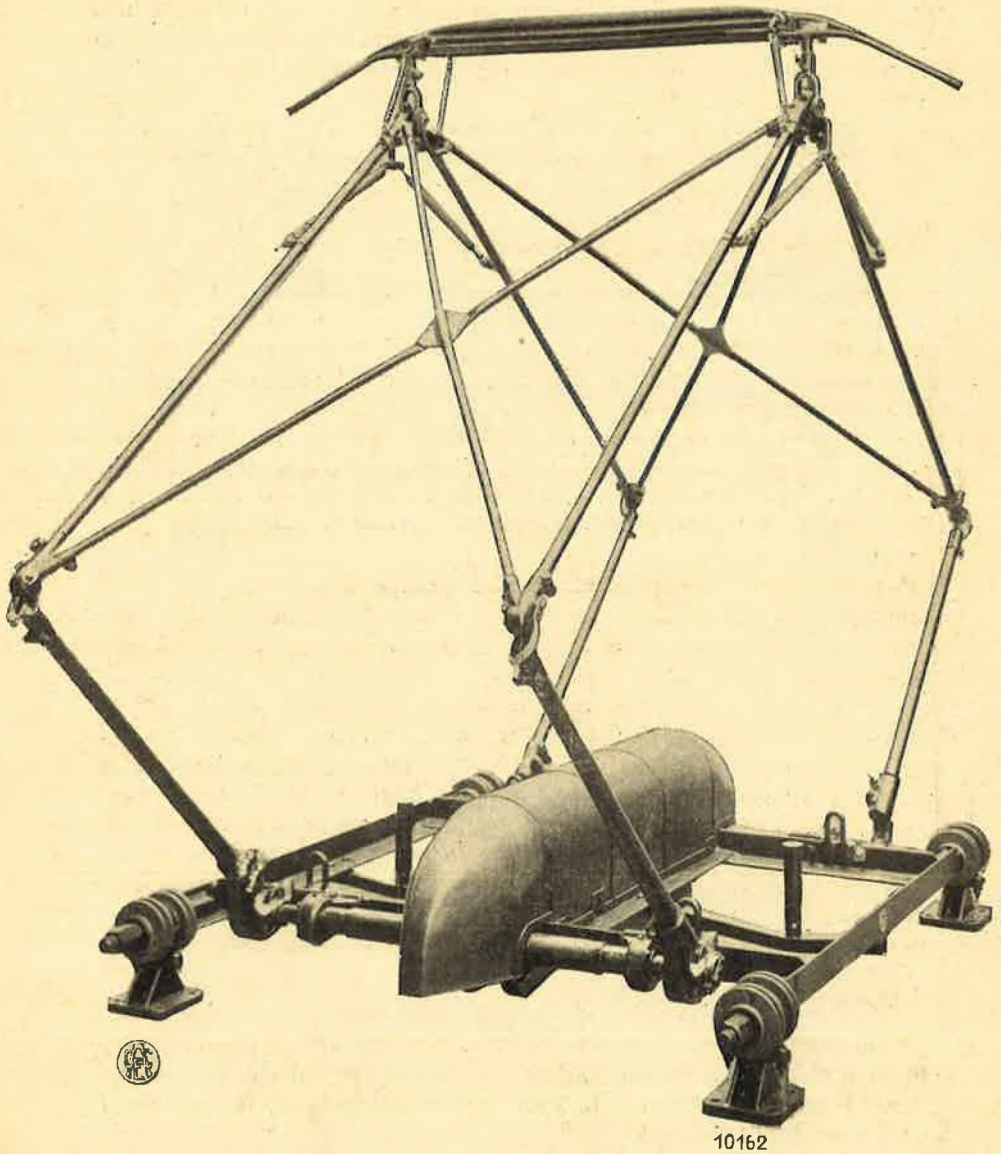


Fig. 11. — *Pantographe levé.*

qu'avec des frotteurs en cuivre ou en aluminium. Lorsque ce frotteur est en contact avec la ligne à 3.000 volts, tout l'ensemble de l'appareil se trouve sous tension; aussi est-il isolé électriquement de la voiture par 4 isolateurs.

Appareillage auxiliaire.

Le courant à haute tension recueilli par le pantographe passe par divers appareils auxiliaires avant d'arriver aux moteurs ou aux résistances de chauffage. Ce sont notamment des sectionneurs, des fusibles, des interrupteurs avec relais à maxima, des résistances. Presque tous ces accessoires ont pour but de protéger les appareils principaux en coupant le courant d'alimentation en cas de forte surcharge ou de court-circuit.

D'autre part des résistances dites de démarrage, de couplage et de shuntage sont destinées à être intercalées dans les circuits des moteurs pour en régler la marche; la commande progressive de ces résistances se fait automatiquement au moyen de divers relais.

Commande à distance des appareils.

Tous les appareils qui contrôlent les circuits de traction à 3.000 volts, sont commandés par des servo-moteurs pneumatiques dont le fonctionnement est réglé par des électro-valves à 36 volts. Cette commande électropneumatique est constituée, en principe, par un cylindre dans lequel un piston peut être refoulé par de l'air comprimé à 5 kg. par cm²; lorsque cet air s'échappe, le piston revient dans sa position primitive sous l'action d'un ressort de rappel. L'électro-valve, sorte de robinet à commande électrique, alimente le cylindre en air comprimé lorsque sa bobine est excitée, et le met en communication avec l'atmosphère lorsque le courant est interrompu.

Pour les autres circuits à 3.000 volts, groupe moteur-compresseur et chauffage, qui fonctionnent avec un courant d'intensité assez faible, la commande à distance a été réalisée au moyen de contracteurs électromagnétiques.

Grâce à ces dispositifs, les appareils de conduite placés dans la cabine: manette d'accélération, manette d'inversion de marche, boutons-poussoirs pour la commande des services auxiliaires, etc., ne comportent aucun élément en contact direct avec le courant à haute tension. Tous les appareils à 3.000 volts sont renfermés dans des capots ou des armoires qui ne peuvent s'ouvrir qu'au moyen d'une clef spéciale, laquelle se trouve normalement bloquée sur un interrupteur de verrouillage, et ne peut en être retirée que lorsque les pantographes sont abaissés. De cette manière tout danger de contact accidentel avec la haute tension est évité.

Dispositif d'« homme mort ».

Un dispositif dit d'« homme mort » est combiné avec la manette d'accélération et avec une pédale spéciale; il provoque la coupure du courant à 3.000 volts et l'application du frein automatique lorsque la manette et la pédale sont lâchées par le conducteur.

Câblage.

Lorsqu'une rame comporte plusieurs automotrices, — sur la ligne Bruxelles-Anvers il y en a normalement deux — la conduite se fait d'un seul poste. La commande des appareils identiques a lieu par l'intermédiaire d'un câble à 33 conducteurs, qui s'étend d'un bout à l'autre du

train. La continuité entre les voitures est assurée par un câble souple muni de fiches d'accouplement spéciales. L'installation est réalisée de manière qu'il soit possible, en cas de besoin, de conduire une rame de la cabine d'une automotrice même lorsque les appareils de cette automotrice sont hors service.

Voitures remorquées.

L'équipement électrique des remorques ne comprend que les appareils de chauffage, d'éclairage et de commande des portes. Le courant à 3.000 volts pour le chauffage vient de l'automotrice voisine par un câble spécial; celui à 36 volts pour l'éclairage est fourni par une batterie d'accumulateurs alimentée par une dynamo entraînée par un des essieux.

E. VANDERSTRAETEN.
Chef de section.

Le traitement thermique des extrémités des rails.

(Extrait du *Bulletin de l'Association Internationale du Congrès des Chemins de fer.* — Avril 1936.)

L'examen des statistiques de bris de rails des divers réseaux de chemins de fer fait apparaître que plus de 80 % des bris se produisent dans les extrémités éclissées.

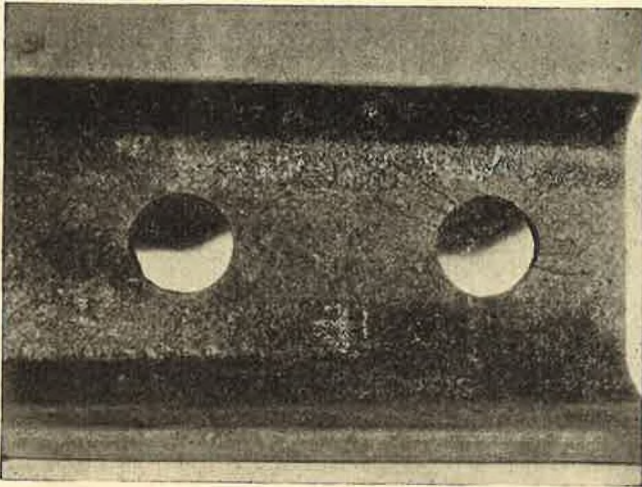


Fig. 1.

Encore convient-il de noter que ce chiffre ne comprend pas les rails retirés des voies pour fêlure à l'about ou étoilure des trous d'éclisses.

Dans beaucoup de cas, le pourcentage global des bris et avaries dans les extrémités dépasse 90 % du nombre total des retraits accidentels de rails en service.