

SOCIÉTÉ BELGE DES ÉLECTRICIENS

Association sans but lucratif

Sous le Haut Patronage de S. M. le Roi

Siège social à Bruxelles

BULLETIN TRIMESTRIEL

Affilié à l'Union de la Presse Périodique Belge (Union professionnelle reconnue)

ADMINISTRATION ET REDACTION : G. HIRSOIL, 1, PLACE DU TRONE, BRUXELLES

Organe officiel du Comité Electrotechnique Belge, du Laboratoire Central d'Electricité et du Comité National Belge de l'Eclairage

Sauf avis contraire, la reproduction des articles du Bulletin de la Société Belge des Electriciens est autorisée, à condition d'en indiquer la source. LES ARTICLES INTERESSÉS N'ENGAGENT QUE LEUR AUTEUR.

71^{me} ANNEE

C. C. P. du Bulletin n° 280.93

N° 2 — 1955

Electrification des chemins de fer belges

Installations fixes de traction électrique

par R. GODIN,

Ingénieur Principal à la S.N.C.B.

I. D. 621.511(493)

Communication présentée à la tribune de la Société Belge des Electriciens, le 15 février 1955.

L'auteur décrit les installations fixes, sous-station et lignes de contact réalisées pour l'électrification du réseau ferroviaire belge. Il en donne succinctement les fonctions et les caractéristiques principales avec justification des principes adoptés. Concernant les lignes de contact, l'auteur donne diverses indications relatives au montage dont l'exécution est conditionnée par le maintien en exploitation des voies pendant les travaux.

L'article se termine par quelques considérations sur l'équipement de la Jonction Nord-Midi et des grils y aboutissant, dans lesquels on a été amené à établir des grands portiques souples pour la suspension des caténaires qui constituent un record du genre.

De auteur beschrijft de vaste inrichtingen, onderstations en contactleidingen welke werden opgericht voor de electrificatie van het Belgisch spoorwegnet. In het kort duidt hij de functie en de bijzonderste karakteristieken er van aan, en verrechtvaardigt de aanvaarde principes.

De schrijver verstrekt verscheidene aanduidingen omtrent het monteren der contactleidingen, hetgeen bemoeilijkt wordt door het in dienst houden der spoorlijnen gedurende de werken.

Het artikel besluit met enkele beschouwingen over de uitrusting der Noord-Zuidverbinding en der grils welke er op uitkomen. Hierin werd men er toe gebracht grote buigzame portieken te bouwen voor de ophanging der kettinglijnen, welke in dit genre een record uitmaken.



M. René GODIN est ingénieur Civil des Mines de l'Université Catholique de Louvain (1928), il conquiert à la même Université le diplôme d'Ingénieur Electricien en 1929. Après un an de service militaire, il est attaché de 1930 à 1932 à l'Union Générale Belge d'Electricité et au Bureau d'Etudes Industrielles F. COURTOY.

En octobre 1932 il entre à la Société Nationale des Chemins de Fer Belges, Direction du Matériel où il est affecté au service électrique s'occupant des caténaires, sous-stations et matériel roulant.

En 1939 il est mobilisé. De 1940 à 1945 il est prisonnier de guerre en Allemagne.

Il reprend son activité à la S.N.C.B. en s'occupant de l'électrification à la Direction du Matériel et des Achats de 1945 à 1946.

En 1947, lors de la création de la Direction Electricité et Signalisation à la S.N.C.B., il y est rattaché et a en charge l'étude et la réalisation des installations fixes de traction électrique.

En qualité d'Ingénieur Principal à cette Direction, il a conduit les électrifications des lignes de Charleroi-Anvers, Bruxelles-Ostende, Bruxelles-Louvain et il poursuit actuellement les lignes en cours de réalisation.

1. — Généralités.

Dans ce cycle de causeries, relatives à l'électrification des chemins de fer en Belgique, il m'incombe de vous parler ce soir des installations fixes de traction électrique : les sous-stations et les lignes de contact.

Sans entrer dans le détail des schémas complexes des sous-stations, ni des formules théoriques en application dans l'étude des lignes de contact, je vous propose tout simplement de faire ensemble, en examinant quelques clichés qui vous seront projetés, une excursion dans nos installations de traction électrique : une « visite guidée » d'une sous-station;

une promenade le long d'une voie électrifiée, au cours de laquelle nous assisterons aux différentes phases de montage des lignes de contact.

Ce double sujet est très vaste; aussi commencerons-nous de suite la projection de nos clichés.

* * *

2. — Sous-stations de traction.

L'ensemble des lignes électrifiées en service ou en cours de montage est alimenté par 19 sous-stations, que vous voyez indiquées sur la figure 1.

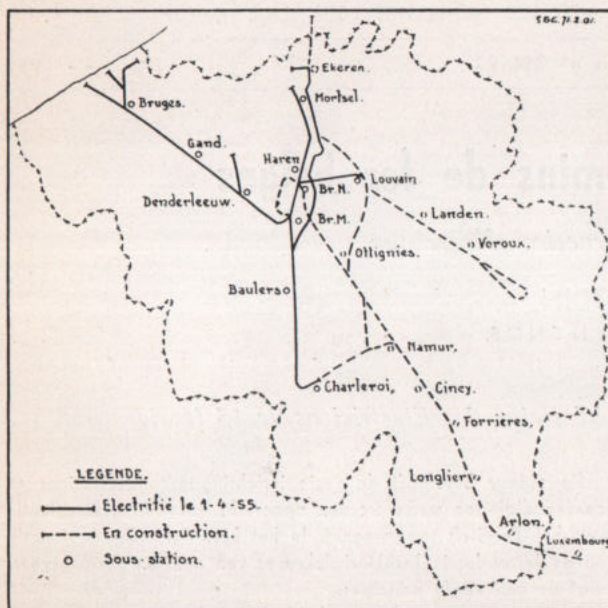


Fig. 1. — Réseau électrifié: emplacement des sous-stations.

a) Quel est leur rôle ?

Transformer le courant « industriel » triphasé en courant continu « de traction » 3 000 V pour le distribuer le long des voies par l'intermédiaire des lignes de contact.

b) Quelle est la distance normale entre sous-stations ?

En principe, la plus grande possible, pour en réduire le nombre, et par conséquent le coût. Pratiquement, en 3 000 V, on ne dépasse guère 40 km : au delà de cette limite, les chutes de tension et les pertes en ligne par effet Joule deviendraient trop considérables. Dans notre réseau, cette distance est atteinte pour quelques tronçons; par exemple Gand-Bruges, Forrières-Longlier-Arlon, etc. D'autre part, il est du plus haut intérêt de situer les sous-stations aux nœuds ferroviaires importants, pour alimenter simultanément plusieurs lignes en parallèle. Tel est le cas des sous-stations de Bruxelles-Midi, Bruxelles-Nord, Louvain, Ottignies, Namur, etc. Cette dernière condition nous amène souvent à réduire la distance entre sous-stations à 25 ou 30 km.

Au total, si l'on considère l'ensemble des 850 km électrifiés et des 19 sous-stations, on voit que la longueur moyenne de ligne pour chacune d'elles est de 45 km environ.

c) Comment sont-elles alimentées ?

Le réseau belge ne possède pas de centrale propre. En effet, pour être intéressante, une centrale doit être relativement importante. Il faudrait donc établir une centrale unique, par exemple dans la région bruxelloise. Mais, dans ce cas, le transport de l'énergie jusqu'aux points éloignés du pays: Ostende, Liège, Arlon... nécessiterait un réseau primaire H.T. étendu et très coûteux, qui ferait « double emploi » avec les réseaux industriels existant déjà presque partout en Belgique.

Aussi chaque sous-station est-elle alimentée par les centrales, postes et réseaux situés au voisinage. Ceci entraîne d'ailleurs une multiplicité de tensions primaires qui s'oppose à la standardisation du matériel :

- 11 et 15 kV à Haren, Mortsel et Ekeren;
- 30 et 36 kV à Charleroi, Bruxelles (Midi), Bruxelles (Nord), Gand et Bruges;
- 64 et 70 kV pour les autres sous-stations.

* * *

3. — Appareillage des sous-stations.

La figure 2 vous montre le schéma de principe des circuits H.T. d'une sous-station.

On y voit principalement 3 parties :

- le poste H.T.;
- les groupes transfos-redresseurs;
- le poste 3 000 V.

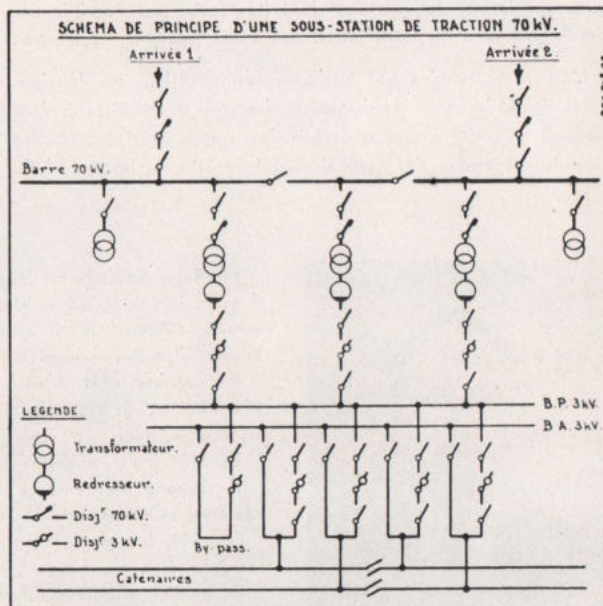


Fig. 2. — Schéma de principe d'une sous-station.

a) Le poste H.T. alternatif triphasé ne comporte que de l'appareillage « industriel », que l'on retrouve normalement dans les centrales et postes de distribution: il n'y a pas lieu de s'y arrêter longuement.

Il est du type intérieur pour la tension de 36 kV maximum et du type extérieur pour 64 ou 70 kV.

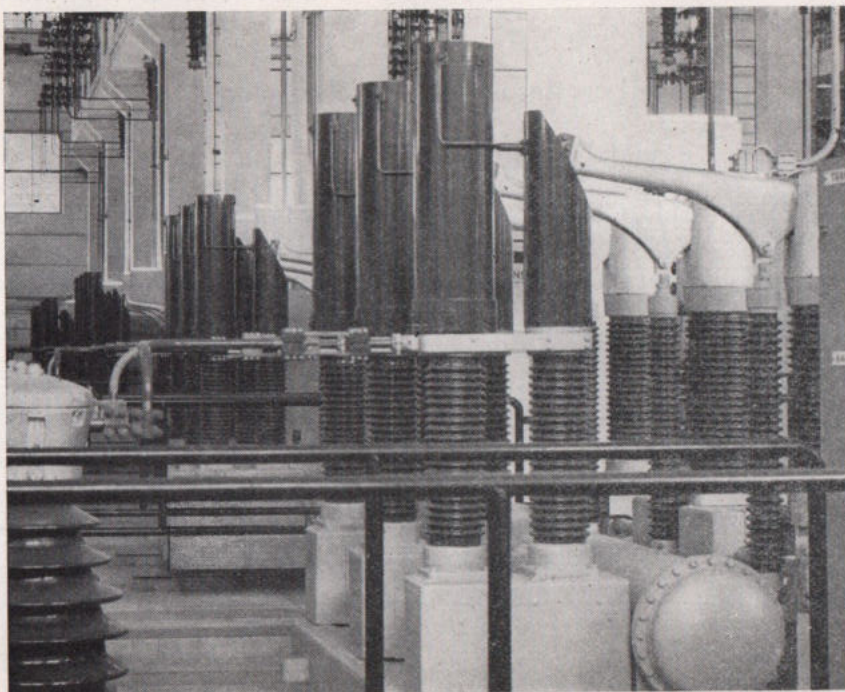


Disjoncteurs pneumatiques à haute tension et à haut pouvoir de coupure

CENTRALE DES AWIRS

—
Poste intérieur
70 kV.
—

7 disjoncteurs
AR 9/12
1500 MVA



—
à ZURENBORG
4 disjoncteurs
installés.
—

à SCHELLE
4 disjoncteurs
installés
—

à MERKSEM
1 disjoncteur
installé
—

Pour l'électrification des Chemins de fer belges, les Ateliers de Constructions Electriques de Delle ont équipé les sous-stations à 36 kV de la ligne Bruxelles-Ostende en disjoncteurs AR 7/10 de puissance de coupure 1000 MVA. Ces appareils sont de conception identique à ceux figurés au cliché ci-dessus, leur montage est vertical.

Pour tous renseignements : **Bureau Jean ANDRE**

23, boulevard de Waterloo - BRUXELLES - Téléphones : 11.31.39 - 11.44.97

L'ECLAIRAGE PUBLIC

GARANTI PAR LA QUALITE...

Etablissements P. WILLEMS & C^o

et Electricité Verviétoise - DEPARTEMENT ARMATURES

NEDAL : Poteaux et crosses en alliage d'aluminium.

SUPER E. P. : Armatures en aluminium, 100 % étanches.

DUTO-TEST : Tubes fluorescents, double cathode, 12.000 h. effectives.

SENTRY : Starters thermiques garantis 2 ans d'allumage à volonté.

FRABA : Relais garantis 20 millions d'opérations.

Rue des Martyrs, 22 - VERVIERS - Téléphone : 188.81

***Tous les transformateurs
de mesure....***



POUR L'ÉQUIPEMENT
DES SOUS-STATIONS
DE TRACTION DE LA S.N.C.B

sont fournis par

Balteau

RUE DE SERBIE • LIÈGE

Wil Dec 55

Il comprend un seul jeu de barres; à chacune de ses extrémités sont branchés une arrivée et un transfo de services auxiliaires; des sectionneurs insérés dans les barres, permettent toujours, en cas de mise hors tension partielle pour entretien ou avarie, de fonctionner avec une arrivée, un transfo auxiliaire, et un ou deux groupes en service.

Dans certaines sous-stations, les deux arrivées sont simultanément en service, en parallèle; pour d'autres, une seule arrivée est en service, l'autre étant en réserve, mais toujours sous tension.

b) *Les groupes transfos-redresseurs* constituent la partie principale, l'« âme » de la sous-station. Il y aurait beaucoup à dire sur leur principe, leur fonctionnement, leur appareillage; il n'est malheureusement pas possible, dans le cadre de cette communication, d'entrer dans de nombreux détails.

D'une puissance nominale de 3 000 kW (pouvant atteindre 8 à 9 000 kW en pointe instantanée), ils sont généralement au nombre de 3 par sous-station: un ou deux groupes en service, suivant les heures, et un en réserve.

Quelques sous-stations n'en comptent que deux : Charleroi, Baulers, Denderleeuw. Les plus puissantes en ont quatre : Bruxelles-Nord, Louvain et Namur.

Les transformateurs, tri-hexaphasés, sont toujours du type extérieur. Les redresseurs, à cuve unique ou à quatre cuves triphasées en parallèle deux par deux, sont refroidis par air soufflé; seuls, les groupes de Haren, plus anciens, sont encore à refroidissement par eau, ce qui entraîne des sujétions d'entretien supplémentaires.

Les auxiliaires d'un redresseur comprennent principalement :

- l'appareillage d'allumage et d'entretien de l'arc;
- l'appareillage de production et de contrôle du vide;
- l'appareillage de réglage et de mesure de la température;
- l'appareillage de polarisation des grilles, ce dispositif étant utilisé non pour le réglage de la tension, mais pour le blocage de l'arc, en cas de court-circuit.

c) *Le poste à 3 000 V.*

Comme le montre la figure 2, celui-ci comporte :

- une barre principale 3 000 V;
- les arrivées des redresseurs;
- les départs des feeders vers les caténaires;
- une barre auxiliaire et un disjoncteur de by-pass.

En cas de mise hors service d'un disjoncteur de feeder, pour entretien ou avarie, on peut lui substituer le disjoncteur de by-pass, par une simple manœuvre de sectionneurs.

Le disjoncteur ultra-rapide 3 000 V, qui constitue un appareillage spécifiquement « traction électrique », mérite une mention spéciale, son rôle étant d'ailleurs particulièrement important.

Alors qu'en alternatif la coupure se fait lors d'un passage du courant par 0, le rôle du disjoncteur étant en réalité « d'empêcher le courant de se réta-

blir », en continu il ne peut évidemment en être ainsi; l'appareil doit réellement « couper » le courant.

D'autre part, les courants de court-circuit, n'étant limités que par la résistance ohmique des lignes et non par leur réactance, sont très violents : pour un court-circuit rapproché d'une sous-station comprenant deux groupes en service, la valeur de régime pourrait atteindre 40 000 ampères.

Pour que la coupure soit possible, il faut qu'elle se fasse très rapidement pendant la période d'établissement du court-circuit.

Aussi, les disjoncteurs seront-ils étudiés spécialement pour obtenir un fonctionnement « ultra-rapide » : pas de relais intermédiaires, de pièces lourdes présentant de l'inertie, etc.

La coupure d'un courant de 10 000 Amp. sous 3 000 V reste néanmoins un phénomène impressionnant, tant au point de vue auditif que visuel.

Ces disjoncteurs sont polarisés et ne déclenchent que pour un sens de courant :

- pour les redresseurs, ils coupent le courant « rentrant » en cas de court-circuit interne et débité par les groupes voisins;
- pour les feeders, ils coupent le courant « sortant » des sous-stations vers les caténaires.

d) *Les services auxiliaires.*

Citons enfin pour mémoire, et sans entrer dans les détails, les principaux services auxiliaires d'une sous-station :

- deux transfos auxiliaires (dont un de réserve), pour alimenter la sous-station proprement dite et souvent aussi d'autres services locaux : éclairage de la gare, signalisation, etc.;
- deux compresseurs (dont un de réserve) pour les disjoncteurs H.T. lorsqu'ils sont du type pneumatique;
- une batterie 110 V et deux groupes de charge (dont un de réserve) pour les circuits de commande et de signalisation des appareils;
- une batterie 48 V avec groupe de charge, pour la télécommande;
- les circuits d'éclairage, de chauffage électrique et de prises de courant, etc.

En cas d'avarie, la mise en service de l'appareil de réserve (transfo auxiliaire, compresseur ou groupe de charge) est automatique.

* * *

4. — *Vues diverses des sous-stations.*

Après avoir décrit, dans ses grandes lignes, l'appareillage que l'on rencontre dans les sous-stations, voyons-en maintenant quelques photos.

La figure 3 vous montre la sous-station 70 kV de Denderleeuw, prévue pour 3 groupes, dont deux seulement sont actuellement installés. On y distingue, à gauche, le jeu de barres avec un transfo auxiliaire à chaque extrémité; puis la rangée des

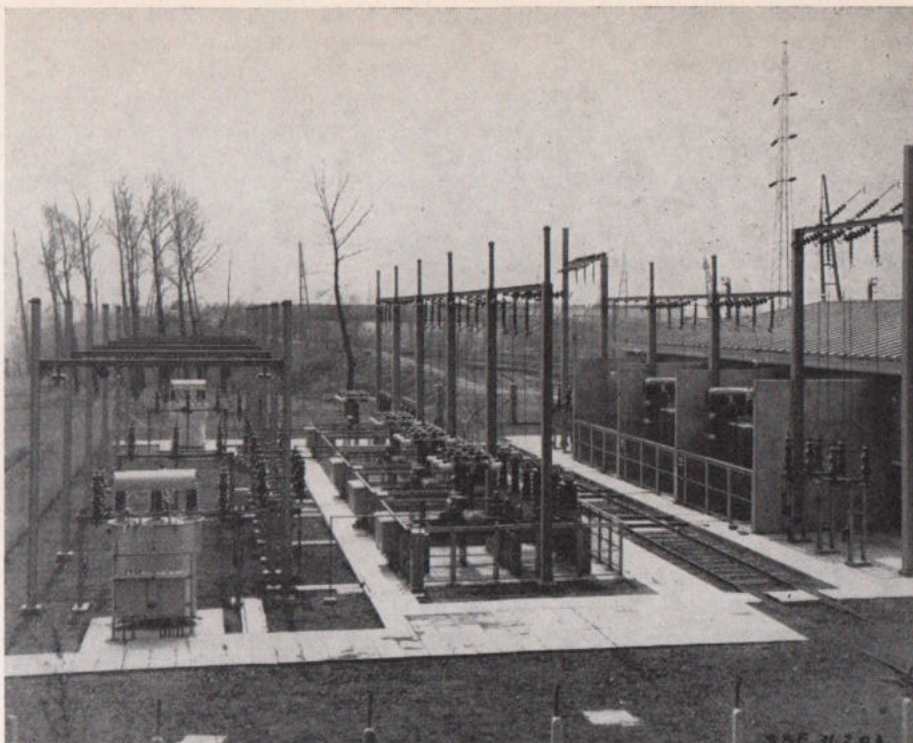


Fig. 3. — Denderleeuw : Poste HT extérieur (70 kV).

disjoncteurs H.T., avec les réducteurs de tension et d'intensité; ensuite, les deux portiques d'arrivée encadrant les cellules des transfos principaux; enfin, à l'extrême droite, le bâtiment contenant les redresseurs, le poste à 3 000 V et quelques locaux annexes (batterie, magasin, etc.)

La figure 4 représente le détail d'un transformateur auxiliaire à 70 000 V.

Sur la figure 5, vous voyez le poste H.T. à 36 000 V du type intérieur de la sous-station de

Bruxelles-Midi : le jeu de barres est à la partie supérieure; les disjoncteurs sont du type pneumatique.

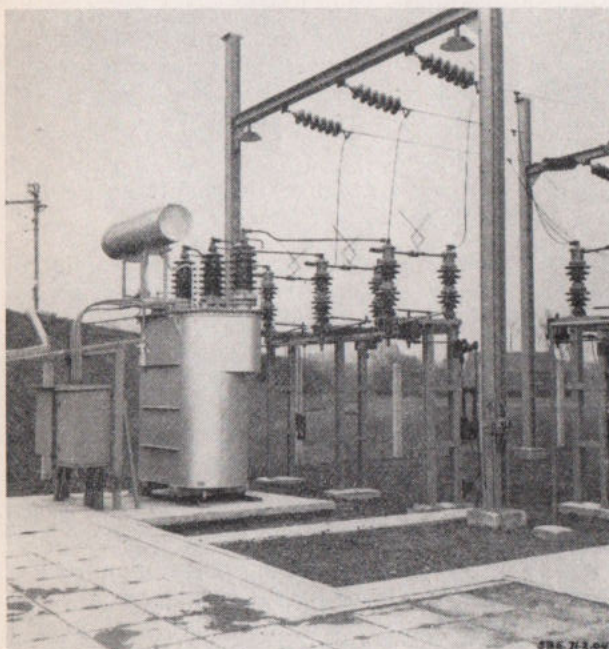


Fig. 4. — Transformateur des services auxiliaires (70 kV).

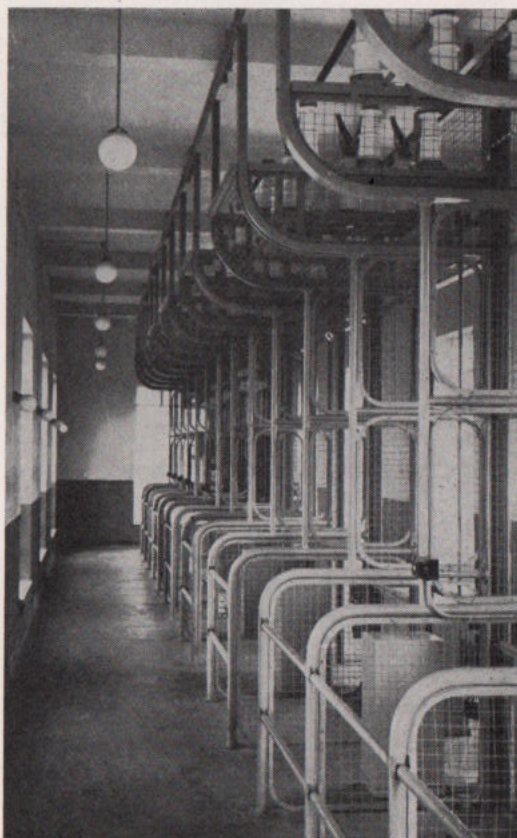


Fig. 5. — Bruxelles-Midi : Poste HT intérieur (36 kV).

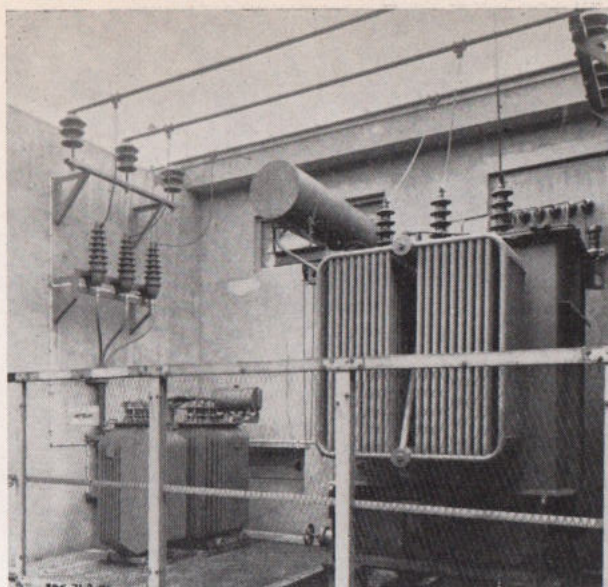


Fig. 6. — Transformateur principal (36 kV).

La figure 6 représente un transformateur principal à 36 000 V et sa bobine d'absorption.

Sur la figure 7, on voit un redresseur, à cuve unique; le ventilateur de refroidissement se trouve à la partie inférieure, sous la cuve. Au-dessus, l'on distingue les ailettes de refroidissement du dôme de condensation du mercure. Du côté gauche de la cuve, se trouvent les deux pompes à vide, et leur réservoir intermédiaire.

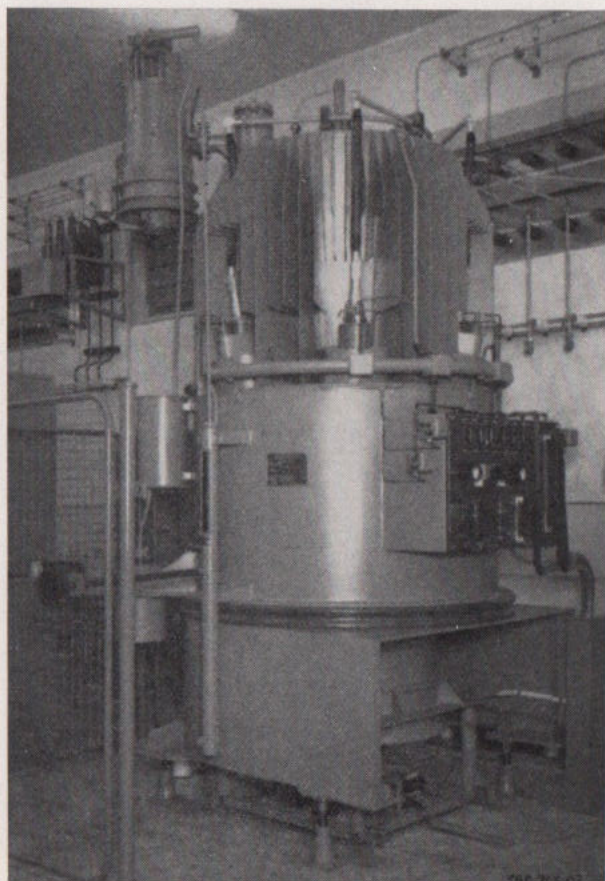


Fig. 7. — Redresseur à cuve unique.

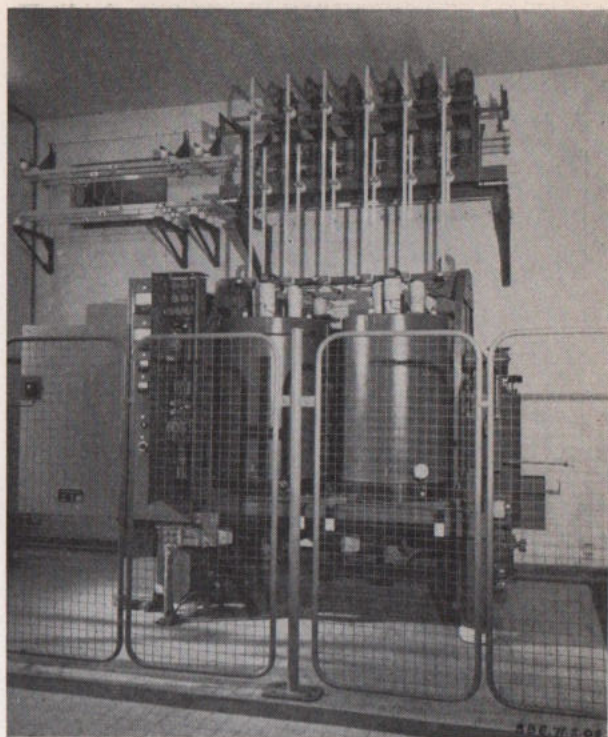


Fig. 8. — Redresseur à 4 cuves.

La figure 8 représente un redresseur à 4 cuves triphasées, surmonté des selfs d'anode.

La figure 9 fait voir un disjoncteur ultra-rapide 3 kV avec la boîte de soufflage de l'arc, les nom-

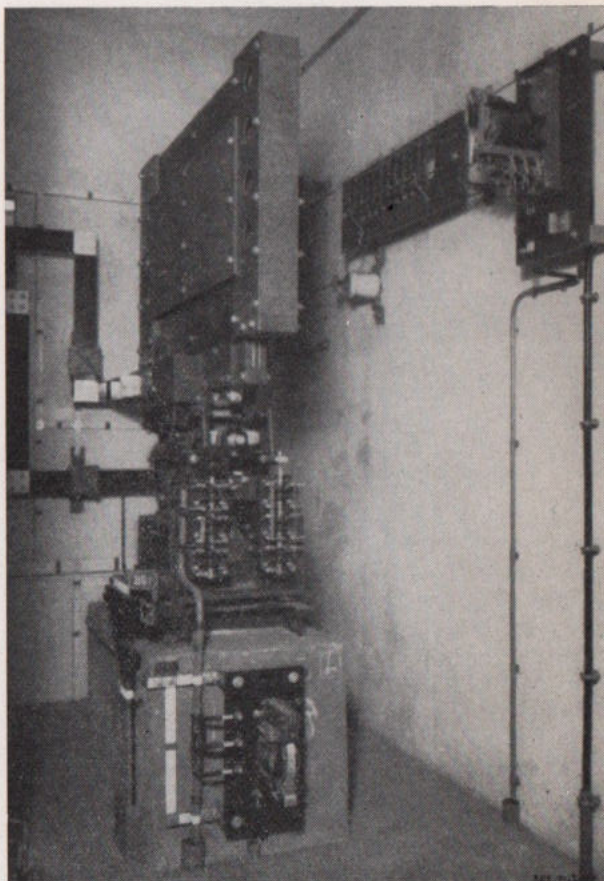


Fig. 9. — Disjoncteur ultra-rapide (3 kV).

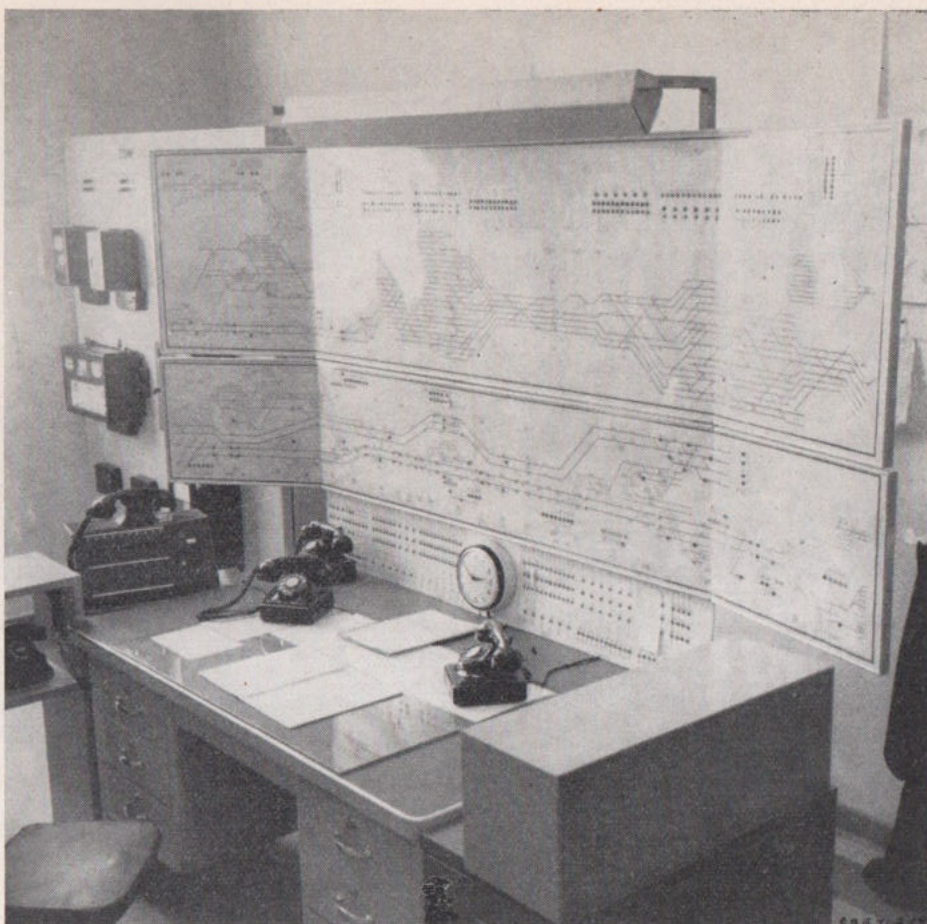


Fig. 10. — Sous-station de Bruxelles-Nord. Bureau du répartiteur.

breux contacts auxiliaires de verrouillage et de signalisation, et le contacteur du circuit d'enclenchement, fixé sur le socle de l'appareil.

Enfin, la figure 10 montre le bureau du répartiteur de Bruxelles-Nord et le plan schématique des lignes qu'il commande. Ce répartiteur, installé provisoirement en sous-station, sera situé sous peu dans un local spécial, équipé d'un tableau de télécommande des sous-stations et postes de sectionnement.

* * *

5. — Postes de sectionnement.

A mi-distance entre deux sous-stations voisines, se trouve normalement un *poste de sectionnement et de mise en parallèle*, situé au droit d'un sectionnement des lignes de contact.

Un tel poste contient essentiellement une barre générale et 4 disjoncteurs de feeder, mettant en parallèle à la fois les deux lignes et les deux sous-stations.

Le but du sectionnement est de réduire les zones mises hors tension lors d'un déclenchement; d'autre part, le but de la mise en parallèle est de réduire les chutes de tension et les pertes en ligne.

Un des problèmes les plus complexes d'un réseau de traction est celui de la « sélectivité » qui consiste, d'une part, à réaliser uniquement le

déclenchement des deux disjoncteurs voisins du défaut et, d'autre part, à discriminer un courant de court-circuit lointain, donc relativement faible, d'une surcharge normale de traction, qui peut être plus intense. Il ne peut en effet être question de réaliser une sélectivité par temporisation, tous ces disjoncteurs étant « ultra-rapides ».

Il n'est malheureusement pas possible d'entrer ici dans les détails de cet intéressant problème.

* * *

6. — Principes des lignes de contact.

Comme nous l'avons dit, le rôle des lignes de contact est de transporter le courant le long des voies, à partir des sous-stations, et de le distribuer aux véhicules électriques circulant en ligne. Pour que ce transport et cette distribution se fassent dans de bonnes conditions, il faut :

- réduire au maximum les chutes de tension et les pertes en ligne;
- assurer une bonne captation par les pantographes, quelles que soient les conditions locales (ouvrages d'art, appareils de voie, sectionnements, etc.) et les circonstances (vent, température, givre, etc.)

Pour réaliser la première condition, il suffit d'adopter une section suffisante et d'utiliser des

métaux bons conducteurs (cuivre ou bronze) : ces métaux sont malheureusement fort coûteux.

Pour la seconde, de nombreux dispositifs sont employés, suivant les cas. Il m'est impossible de les décrire ici, nous nous bornerons à voir les principes des divers systèmes de lignes de contact.

a) Suspension simple.

Le système le plus simple, représenté à la figure 11, serait de suspendre un fil de contact à des points fixes (consoles ou traverses) par l'intermédiaire d'isolateurs.

Malheureusement, pour des portées un peu considérables, les angles dus aux flèches donneraient lieu à des chocs mécaniques et à des décollements

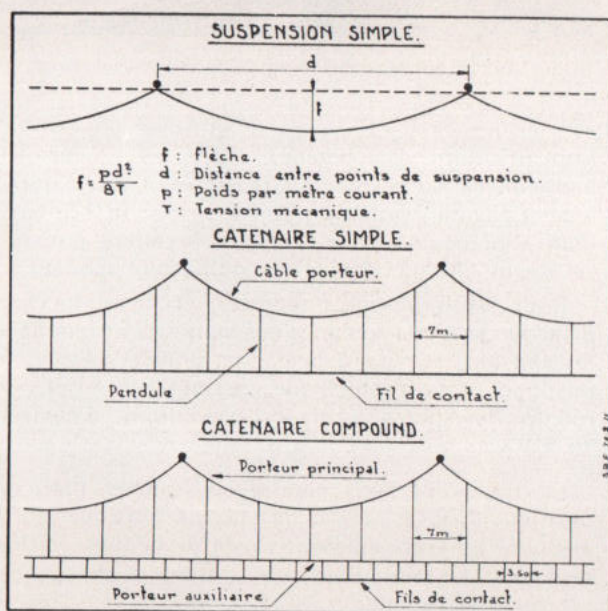


Fig. 11. — Schéma de principe des lignes de contact.

de pantographes générateurs d'arcs : l'usure serait inadmissible.

La flèche de 10 cm pour un fil de contact de 100 mm² tendu à 1 000 kg en portée de 30 m atteindrait 20 cm aux températures élevées.

En Belgique, la suspension simple, dite « suspension tramway » est utilisée pour les faisceaux de garage, pour des portées de 25 à 30 m et des vitesses maxima de 30 à 40 km/h.

b) Caténaire simple.

Pour réduire les flèches du fil de contact, sans augmenter exagérément le nombre de supports, on peut le « penduler » à intervalles rapprochés à un « câble porteur » ; celui-ci prend alors la forme d'une « chaînette » (caténa en latin) ; de là vient le nom de ligne caténaire.

Afin d'augmenter la surface de contact avec les pantographes, le fil de contact est souvent dédoublé.

La caténaire simple à 1 ou 2 fils, est utilisée chez nous pour les voies de gare, et les voies de circulation parcourues à des vitesses maxima de 80 à 90 km/h.

c) Caténaire compound.

En pleine voie, pour des vitesses de 120 à 140 km/h, on utilise une caténaire perfectionnée, la « caténaire compound », qui permet de réaliser une horizontalité plus grande des fils de contact.

La figure 11 la montre également.

Elle est composée de :

- 2 fils de contact, rainurés, en cuivre de 100 mm² ;
- 1 fil porteur auxiliaire, rond, en cuivre au cadmium de 72 ou 104 mm² ;
- 1 câble porteur principal à 37 brins, en bronze de 94 mm².

La section totale équivalente de cuivre est de 330 ou de 360 mm² suivant la section du porteur auxiliaire.

L'encombrement vertical est de 1,65 m. La portée est de 63 m en alignement et se réduit, dans les courbes, en fonction des rayons de courbure.

* * *

7. — Appareillage des lignes de contact.

S'il m'est impossible de décrire en détail tous les dispositifs utilisés dans les lignes de contact, je voudrais pourtant mentionner deux appareillages principaux : les équipements tendeurs et les sectionnements.

a) Equipements tendeurs.

La température moyenne adoptée pour les calculs des lignes est de + 15°, les températures extrêmes envisagées étant — 15° et + 45° : à ces variations de température qui peuvent atteindre 60°, correspondent des variations de flèche et de tension mécanique des divers fils et câbles d'une ligne caténaire.

Pour les porteurs, l'inconvénient n'est pas très grand : la flèche varie légèrement (± 15 cm au milieu de la portée) ; la caténaire « respire ». L'ondulation qui en résulte, de grande « longueur d'onde », est suivie sans peine par le pantographe.

Pour les contacts, posés pratiquement sans flèche, les variations de tension mécanique seraient importantes : en été, ces fils seraient mous, flottants et la captation se ferait mal.

Aussi doit-on les régler mécaniquement par des appareils tendeurs, constitués par un contrepoids, agissant sur les contacts par l'intermédiaire d'une poulie démultiplicatrice, comme le montre la figure 12.

L'ensemble de l'équipement tendeur également représenté à la figure 12, permet d'insérer ces appareils dans une ligne caténaire.

De part et d'autre du portique d'axe, les fils de contact sont relevés et déviés latéralement dans la portée de relèvement, puis ancrés dans la portée suivante.

Au voisinage de l'axe se trouve une zone commune, dans laquelle le pantographe est en contact avec les 4 fils simultanément et passe progressivement et sans choc des uns aux autres.

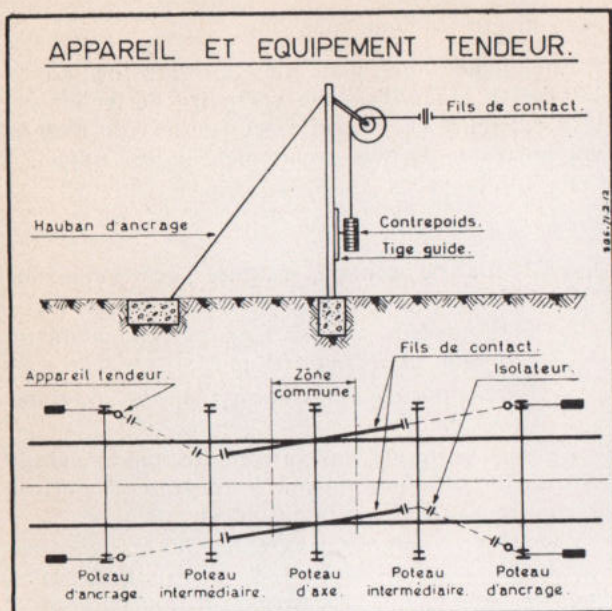


Fig. 12. — Schéma des appareils et équipements tendeurs.

La distance normale entre équipements tendeurs est d'environ 1 200 m : la variation de longueur des fils correspondant aux températures extrêmes est de 1,20 m environ. A chaque extrémité de la section, le « cheminement » est donc de 0,60 m, c'est-à-dire de $\pm 0,30$ m par rapport à la position moyenne. Toutes les pièces de fixation des fils de contact (pendules, biellettes de rappel, etc.) devront être étudiées pour permettre ce cheminement.

b) Sectionnements.

Autant en gare qu'en pleine voie, les lignes de contact doivent pouvoir être mises partiellement hors tension, pour avarie ou entretien, et séparées en divers tronçons par des sectionnements : ceux-ci sont de deux types suivant qu'ils doivent être franchis à faible ou à grande vitesse.

Dans les gares on utilise des *isolateurs de section* : l'isolateur inséré dans les fils de contact doit être étudié spécialement pour permettre le glissement du pantographe.

Il constitue néanmoins un « point dur » qui en proscriit le franchissement à grande vitesse.

Aussi en voies principales, adopte-t-on le sectionnement à *lame d'air*. Cet appareillage est analogue à l'équipement tendeur représenté à la figure 12; on y retrouve les portées de relèvement et les portées d'ancrage.

Toutefois, dans le cas présent, les deux porteurs (principaux et auxiliaires) sont également relevés et ancrés; dans la zone commune, les caténaires sont alors séparées par une « lame d'air » de 40 cm d'épaisseur, qui constitue l'isolement.

* * *

8. — Vues diverses des lignes de contact.

Les photos suivantes vous montreront divers types d'appareillage utilisés dans les lignes de contact.

La figure 13 représente la caténaire à supports indépendants, telle qu'elle était réalisée en 1949

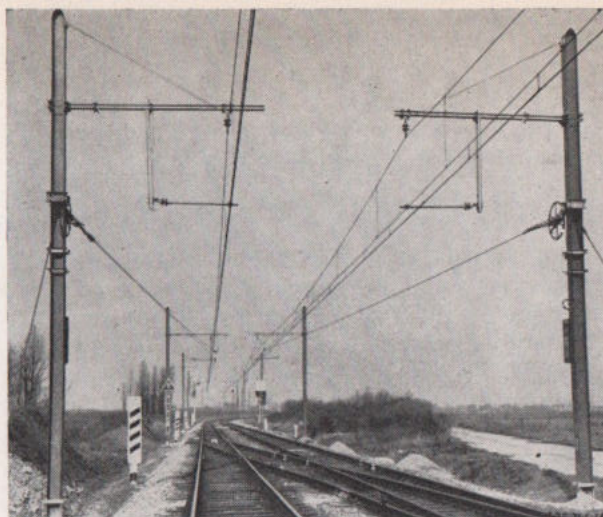


Fig. 13. — Ligne caténaire sur supports indépendants.

sur les lignes de Charleroi et d'Anvers-Nord. On utilisait alors des poteaux Grey, avec consoles haubannées; le porteur auxiliaire était fixé latéralement par un « antibalançant », suspendu à la base d'un « poinçon ». Sur les deux premiers poteaux se voient les ancrages d'un équipement tendeur.

Pour les lignes plus récentes, on a renoncé au principe de l'indépendance des supports et remplacé les consoles par une traverse en poutrelle Grey; le portique, plus économique, permet, en effet, de réduire les poteaux et les fondations d'environ 25 %.

La figure 14 vous montre au premier plan un portique d'axe et au second plan un portique intermédiaire du sectionnement voisin de la sous-station de Gand; la lame d'air de la caténaire de gauche est nettement visible.

Les antibalançants des porteurs auxiliaires des lignes précédentes sont normalement remplacés par

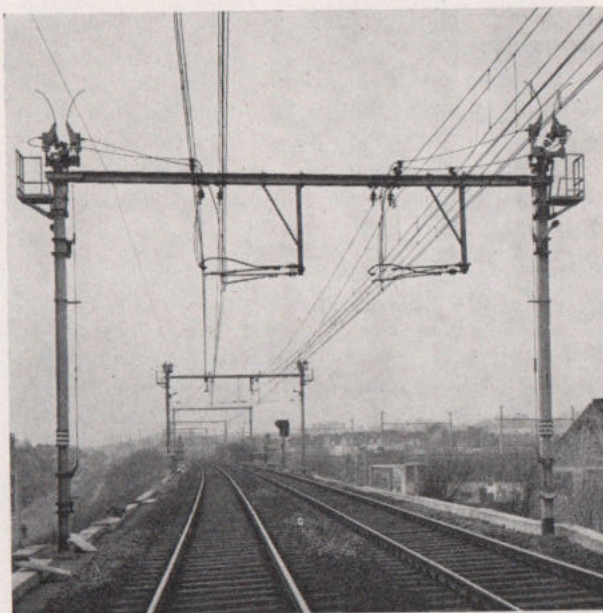
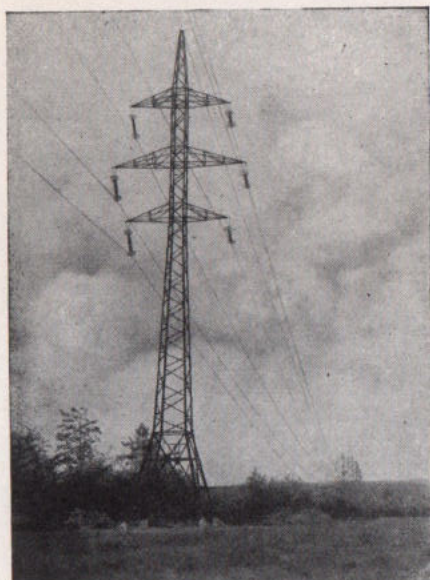


Fig. 14. — Ligne caténaire sur portique : sectionnement à lame d'air.

FABRICOM



*vous présente le programme
de ses différentes divisions :*

I. ELECTRICITE

II. TUYAUTERIE

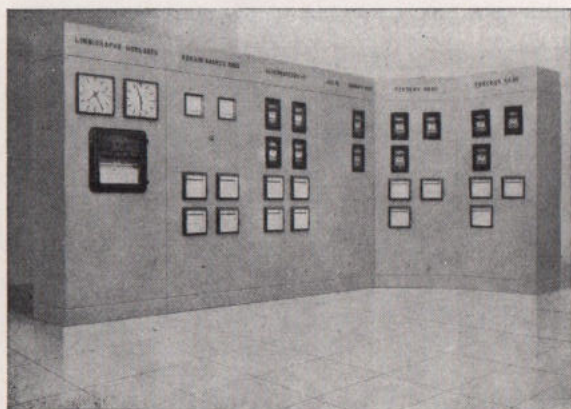
III. CHAUDRONNERIE

IV. MECANIQUE

V. ISOLATION

VI. MANUTENTION

VII. VENTILATION



**SIEGE SOCIAL : 13, B^D DU REGENT
BRUXELLES -- TEL. : 12.67.00**

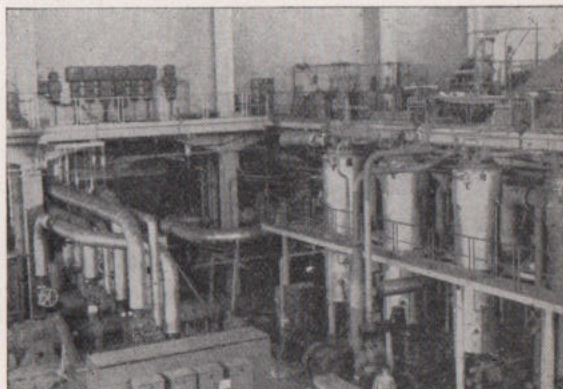
Devis et Projets

Visites d'Ingénieurs

} sur demande

Ateliers : 607, Avenue de Schaerbeek

HAREN



LES SOCIETES

AUXELTRA

SOCIETE AUXILIAIRE D'ENTREPRISES
D'ELECTRIFICATION ET DE TRAVAUX

51, rue du Trône — BRUXELLES

Téléphone : 12.99.31 - 12.99.32 - 12.51.71

S. C. E.

SOCIETE CENTRALE D'ENTREPRISES

39, rue de la Régence — BRUXELLES

Téléphone : 11.12.67 - 12.14.47 - 12.36.46

ont exécuté l'équipement électrique

(fondations, supports, fils, etc...) des lignes :

BRUXELLES-ANVERS

BRUXELLES-CHARLEROI

BRUXELLES-GAND

GAND-OSTENDE

BRUGES-BLANKENBERGE

BRUGES-KNOKKE

**grâce à leur personnel spécialisé
et à leur gros outillage**

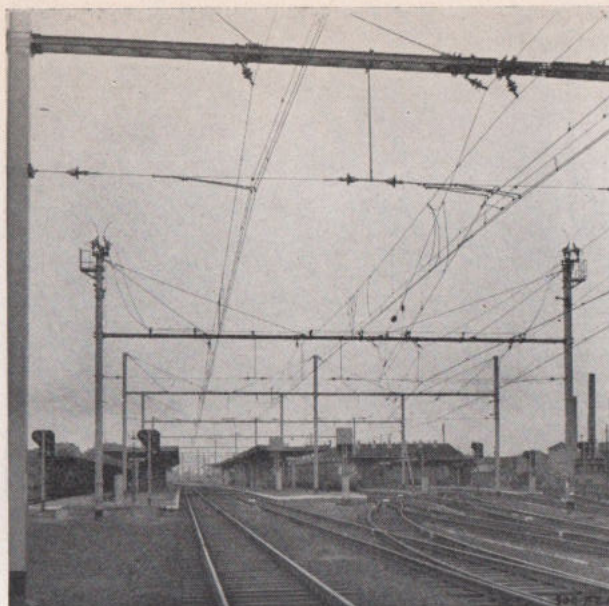


Fig. 15. — Alost : portiques à supports intermédiaires.

un câble transversal, sauf aux axes des sectionnements; en outre, dans les courbes, les fils de contact sont fixés latéralement par des « bielles de rappel » visibles sur la photo.

Enfin, en tête des poteaux, se trouvent « les sectionneurs à coupure en charge » de shuntage du sectionnement, et des feeders en câbles venant de la sous-station voisine.

Pour les gares, on utilise des portiques à traverses haubannées, d'une ouverture maximum de 30 m: au delà de cette limite, les portiques sont munis d'un ou de plusieurs supports intermédiaires. Sur la figure 15, on voit l'ensemble de l'équipement de la gare d'Alost.

Enfin, la figure 16 montre le détail d'un appareil tendeur et de son contrepoids.

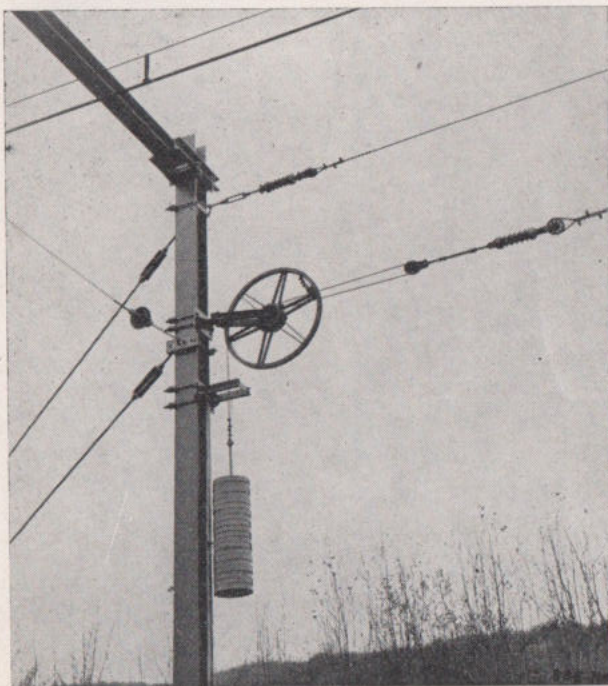


Fig. 16. — Appareil tendeur.

9. — Montage des lignes de contact.

Maintenant que nous avons étudié les parties constitutives des lignes de contact, il serait intéressant d'en résumer brièvement les phases principales de montage.

Notons tout d'abord que les travaux doivent s'effectuer sur des lignes normalement en exploitation : lorsque l'utilisation d'un « train de travaux » s'impose, on ne disposera généralement que de planches réduites pendant les « heures creuses » de la journée : par exemple 2 heures sur chaque voie.

Ces « trains de travaux » devront être munis d'un équipement et d'un outillage à grand rendement, permettant le plus grand avancement journalier possible.

a) Exécution des fondations.

Le bétonnage des fondations se fait à l'aide d'un train bétonneur d'une capacité de 100 à 120 m³, composé normalement de 2 wagons-bétonnières, 4 wagons trémies chargés de mélange sable-gravier, 1 wagon-citerne et 1 wagon-centrale équipé d'un moteur Diesel et d'une génératrice électrique.

Le train s'arrête quelques minutes devant chaque fouille, préalablement creusée le long des voies et y déverse le béton à l'aide d'une goulotte amovible; la figure 17 montre l'exécution de ce travail.

L'avancement journalier peut atteindre 1 km de double voie. En mauvais terrain, les fouilles doivent être boisées intérieurement; il est parfois nécessaire pour leur creusement d'utiliser des pompes d'épuisement en terrain aquifère, ou des explosifs, en terrain rocheux.



Fig. 17. — Train bétonneur : exécution d'une fondation.

b) Levage des poteaux.

Les poteaux sont expédiés par le fournisseur, chargés dans l'ordre voulu sur des wagons qu'il suffit d'attacher au wagon-grue pour constituer le train de levage.

Toutes les manipulations sont ainsi évitées au chantier de l'entrepreneur.

Les poteaux sont alors simplement déposés par la grue dans les alvéoles ménagées au centre des fondations, et calés provisoirement, comme le montre la figure 18; leur réglage en position verticale se fait ultérieurement, après le passage du train.

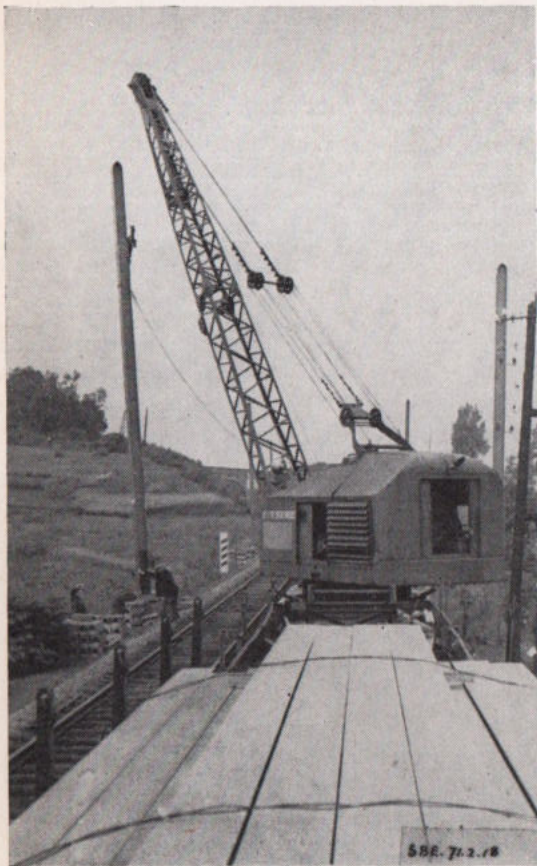


Fig. 18. — Train de levage des poteaux.

L'avancement est très rapide et peut atteindre 2 à 3 km de double voie par jour.

Le scellement des poteaux dans les alvéoles et l'exécution des dés en « pointe de diamant » qui protègent leurs bases se fait à l'aide d'un train bétonneur, généralement de capacité plus réduite.

c) Levage des traverses et consoles.

Le levage des traverses normales, en poutrelles Grey, se fait suivant les mêmes principes (wagon chargé dans l'ordre du levage), la grue les déposant sur des cornières d'arrêt préalablement placées aux sommets des poteaux; leur fixation définitive se fait également après le passage du train. L'avancement journalier peut atteindre 5 à 6 km.



Fig. 19. — Levage d'un portique (6 voies).

Le levage des traverses haubannées des grands portiques se fait également à la grue, comme le montre la figure 19; les traverses fournies en plusieurs tronçons, sont au préalable assemblées au sol. Le levage des consoles 2 voies se fait également à la grue; les consoles une voie, plus légères peuvent se monter à la main (voir fig. 20).

d) Tirage des fils et câbles.

Le tirage des fils et câbles des caténaires se fait à l'aide d'un « train de tirage » qui comprend principalement un wagon-dérouleuse, chargé des différents tourets et un wagon plate-forme sur lequel se tient le personnel de montage.

La figure 21 permet de voir cette opération.

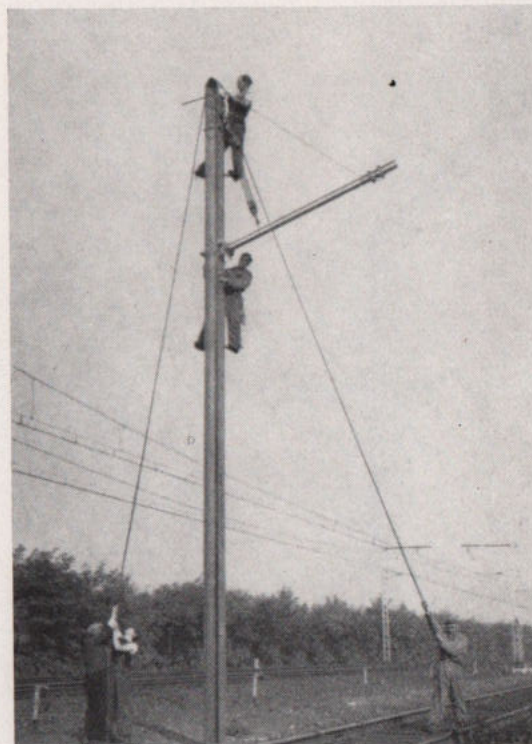


Fig. 20. — Levage à main d'une console (1 voie).



Fig. 21. — Déroulage des fils et câbles.

Le tirage se fait normalement en deux phases :

- dans la première, on déroule le câble porteur principal, suspendu aux traverses par des poulies provisoires;
- dans la seconde, on déroule simultanément le porteur auxiliaire et les deux fils de contact fixés par crochets au porteur principal, dont la tension mécanique a été préalablement réglée.

Le déroulage en pleine voie se fait à vitesse réduite (2 à 3 km/h) et sans interruption : ce n'est qu'aux ancrages des extrémités de sections que l'arrêt du train devient indispensable.

Compte tenu de ces diverses opérations, le tirage des caténaires peut atteindre un avancement journalier moyen de 1 km de double voie.



Fig. 22. — Pendulage de la caténaire.

e) Pendulage et réglage.

Le pendulage et le réglage des caténaires, c'est-à-dire le montage des pendules, câbles transversaux, biellettes de rappel, etc. se fait par échelles roulantes, poussées à la main.

Ces échelles sont dérailables et le travail s'exécute entre le passage de trains.

La figure 22 montre une phase du travail de pendulage; la figure 23 se rapporte à la fixation du câble transversal.

La protection des chantiers est assurée par une équipe de « radio-sentinelles » : deux agents munis de postes de radio, dont l'un se trouve au voisinage du chantier et l'autre à la cabine de signalisation précédente.

Lorsqu'un train est annoncé, l'agent de la cabine demande la libération de la voie, et ce n'est qu'après dégagement du gabarit que le signal peut être mis au passage.

Divers autres montages sont encore nécessaires, surtout dans les gares; isolateurs de section, feeders d'alimentations, connexions équipotentielles, équipements spéciaux des appareils de voie, etc. Ces travaux se font suivant les cas, par échelles roulantes ou wagons-plates-formes, comme le montre la figure 24.

f) Peinture des supports.

Tandis que l'on galvanise les traverses haubanées et les consoles, en profilés assemblés, qui sont difficiles à peindre et présentent plus de « nids à rouille » aux assemblages, les poteaux et les traverses de pleine voie, en poutrelles Grey sont peints. Ils reçoivent une couche de fond en usine; après montage sur place et retouche de cette couche de fond, on leur donne encore une deuxième couche de fond, et deux couches de finition. Le pied des poteaux, particulièrement exposé aux détériorations est en outre recouvert d'une couche de peinture bitumineuse plus épaisse.



Fig. 23. — Fixation du câble transversal.



Fig. 24. — Placement d'isolateurs de section.

10. — Équipement des gares de la Jonction.

Avant de terminer notre excursion de long des lignes caténaires je voudrais vous parler encore d'un équipement très particulier, que je crois être digne d'intérêt : l'équipement des gares de la jonction : Bruxelles(Nord) et Bruxelles(Midi).

Ces gares sont vastes : 12 voies à quai à Bruxelles(Nord) et 22 à Bruxelles(Midi); leurs « grils » sont très complexes. Il a fallu les équiper à l'aide de grands portiques, enjambant la gare entière en une seule portée, dans le triple but d'améliorer la visibilité des signaux, de réduire les risques d'accrochage des supports en cas de déraillement et surtout de permettre les réalisations des divers aménagements de voie lors des phases successives.

a) On utilise des *grands portiques souples*, composés de :



Fig. 25. — Bruxelles-Midi :
équipement d'un grand portique souple.

- 2 câbles funiculaires supportant les charges verticales;
- 2 câbles transversaux supérieurs, auxquels sont fixés les porteurs des caténaires;
- 2 câbles transversaux inférieurs, pour la fixation latérale des fils de contact.

Ces câbles sont en bronze à 61 brins, d'une section totale de 230 ou 300 mm² suivant les cas.

La figure 25 montre le pendulage de l'un de ces portiques. Lors de ce montage, les poids des caténaires futures sont remplacés par des contrepoids d'appareil tendeur, pour permettre au portique souple de prendre sa forme définitive; la longueur des pendules ne doit plus être modifiée ultérieurement.

b) Les pylônes de ces portiques sont de deux types :

- le long des deux grils « côté jonction », en bordure de places et de boulevards où l'aspect esthétique de la gare devait être plus soigné, on a utilisé des poutrelles Grey, assemblées perpendiculairement par soudure, qui composent un pylône à profil en croix de Malte, plus élancé et plus « élégant »;
- par contre, pour l'équipement des grils « côté extérieur », les pylônes en Grey sont remplacés par des pylônes en treillis, incontestablement moins élégants, mais beaucoup plus légers et plus économiques.

c) Le levage d'un support en treillis est visible sur la figure 26.

Au voisinage de voies en exploitation, cette opération devait se faire le plus rapidement possible.



Fig. 26. — Bruxelles-Midi :
levage d'un pylône en treillis.

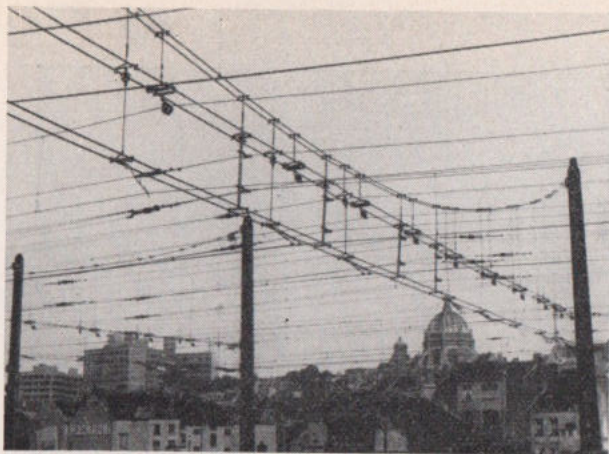


Fig. 27. — Bruxelles-Nord : grand portique couple.

Le pylône fourni en deux ou trois tronçons est monté au sol, puis amené sur wagons et déposé à la grue sur l'embase préalablement scellée dans son alvéole : deux montants sont assemblés par charnières.

exécutées avant remblayage pour pouvoir s'appuyer sur l'ancien niveau du sol; vu la mauvaise qualité de celui-ci (terrain alluvionnaire de la vallée de la Senne) chaque massif repose en outre sur une vingtaine de pieux. Les fûts des fondations d'une hauteur de 6 à 7 m contiennent une alvéole de 4,60 m de profondeur et d'une section de 1,70 sur 2,20 m destinée à recevoir l'embase du pylône.

Le moment de renversement à la base atteint 400 000 kgm pour certains d'entre eux.

* * *

Les portiques de Bruxelles-Nord ont une centaine de mètres d'ouverture; à Bruxelles-Midi, l'un d'eux, qui mesure 153 m est le « plus grand du monde ».

En outre, je ne pense pas qu'il existe dans d'autres pays, de gare électrifiée, sinon aussi étendue, du moins aussi complexe en ce qui concerne le nombre de points spéciaux, d'appareils de voie, d'isolateurs de section, d'ancrages de caténaires,

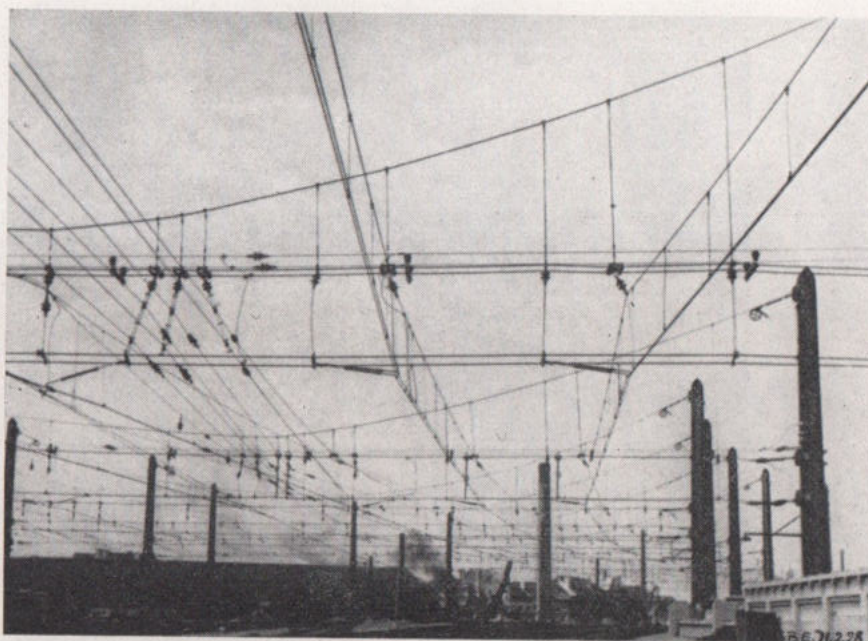


Fig. 28. — Bruxelles-Nord : ensemble de la gare côté Jonction.

Le levage du pylône s'exécute alors aisément par le moyen d'une chèvre dressée en face de lui, la traction du câble se faisant par une locomotive roulant à faible vitesse.

La durée totale de l'opération n'excède pas 20 minutes.

d) Les fondations des grands portiques se trouvant en bordure de remblais frais, ont dû être

etc. les figures 27 et 28 qui représentent le gril « côté jonction » de Bruxelles-Nord vous en montrent des exemples.

Aussi peut-on dire que l'équipement des gares de la jonction, à l'aide de grands portiques sans supports intermédiaires, constitue un travail tout à fait exceptionnel dont notre petite Belgique a le droit d'être fière.

N.d.I.R. — Le présent article fait partie d'un cycle de communications dont la première est parue dans le bulletin 1-1955 et dont les suivantes paraîtront dans les bulletins 3-1955 et 4-1955.