

312.
310
320
340
10.

Les communications figurant dans la présente brochure ont fait l'objet d'un cycle de conférences organisé en 1955 par la SOCIETE BELGE DES ELECTRICIENS.

Ce cycle était consacré à la « Traction Electrique » au sein de la SOCIETE NATIONALE DES CHEMINS DE FER BELGES.

Les conférences ont eu lieu en l'Hôtel Ravenstein, siège de la société, aux dates suivantes :

- 15 février 1955 : M. Musyck;
- 15 février 1955 : M. Godin;
- 15 mars 1955 : M. Baeyens;
- 21 avril 1955 : M. Degrez.

Les textes des communications ont paru dans le Bulletin trimestriel de la SOCIETE BELGE DES ELECTRICIENS.



SERVICE DE DOCUMENTATION & BIBLIOTHEQUE
DOCUMENTATION SPECIALE
Inventaire: 2924 Valeur:
Le Bibliothécaire,

Le Bibliothécaire

L'électrification des chemins de fer belges

I. - Signification du programme en cours d'exécution

par Jules MUSYCK

Ingénieur en Chef honoraire à la S.N.C.B.

ID. 621.33 (493)



Diplômé de l'Université de Liège, M. Jules MUSYCK est ingénieur civil des Mines et ingénieur électricien. Il a débuté en 1913 comme ingénieur à l'Office d'Electricité organisme dépendant à l'époque du Ministère des Communications, Postes, Téléphones et Télégraphes. En 1926, lors de la création de la Société Nationale des Chemins de Fer Belges, il est attaché à cette dernière, où il gravit tous les échelons de la hiérarchie. Résidant à Liège de 1923 à 1931, il y est chargé du cours d'Electricité Industrielle à l'Ecole Nationale des Chemins de Fer et dirige, en outre, le Bulletin Scientifique de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Institut Montefiore.

M. MUSYCK a voué la majeure partie de sa carrière à l'Electrification des Chemins de Fer et a pris une part très active à toutes les études et réalisations faites en ce domaine en Belgique.

Attaché à la Direction Générale de la S.N.C.B., il a été promu en 1946 au rang de Directeur et chargé de la Coordination des Etudes et Travaux d'Electrification, en vue de l'exécution du vaste programme d'après guerre. Il est l'auteur de nombreuses publications consacrées aux divers problèmes de la traction électrique.

L'article expose la signification du programme d'électrification, en cours d'exécution sur les lignes de la Société Nationale des Chemins de fer belges. Cette étude sert d'introduction au cycle d'informations sur la traction électrique, organisé par la S.B.E. La place qu'occupera le complexe électrifié de 790 km. dans le réseau complet y est décrite. Quelques chiffres montrent le rôle attribué au nouveau système de traction : quarante pour cent du trafic, exprimé en tonnes-kilomètres brutes remorquées, seront assurés par traction électrique, tandis que dans le domaine du transport des voyageurs, 120 millions de personnes, soit 50 % du nombre total des voyageurs, seront transportées par trains électriques en une année.

Les buts principaux de l'électrification sont mis en relief :

- 1) la modernisation des services de trains offerts au public par augmentation de la fréquence, de la vitesse et du confort des relations ;
- 2) la réduction générale des frais d'exploitation.

La rentabilité d'une électrification est en rapport direct avec le volume (la densité) du trafic sur les lignes équipées. A ce point de vue, l'auteur fait apparaître, d'après les données des statistiques internationales, que les lignes belges électrifiées peuvent être comptées parmi celles ayant le trafic le plus dense d'Europe.

Het artikel is gewijd aan de betekenis van het electrificeringsprogramma dat thans in uitvoering is. Deze studie is bedoeld als inleiding tot de voordrachtencyclus der S.B.E. over de Electriche Tractie. De plaats die het geelectriceerde complex van 790 km zal bekleden in het geheel van ons spoorwegnet wordt omschreven. Enkele cijfers kenmerken de rol die aan het nieuw tractiesysteem is toegewezen. Veertig per cent van het gezamenlijke aantal brutto gesleepte tonnen-kilometers zullen worden verzekerd door electriche tractie, terwijl op 't gebied van persoonverkeer, jaarlijks 120 miljoen reizigers — 50 % van geheel het net — zullen worden vervoerd met electriche treinen.

Verder worden de hoofddoeleinden van de electrificatie belicht :

- 1) moderniseering der treindiensten aangeboden aan 't publiek door opvoering van de frekwentie, de snelheid en het confort der treinverbindingen,
- 2) algemene besparing aan exploitatiekosten.

De rentabiliteit eener electrificatie staat in nauw verband met de omvang van het verkeer op de uitgeruste lijnen. In dit opzicht, doet de schrijver uitschijnen, aan de hand van gegevens afgeleid uit internationale statistieken, dat de belgische geelectriceerde lijnen, mogen gerekend worden onder die met het drukste verkeer van gans Europa.

Une fois de plus, l'électrification des chemins de fer est à l'ordre du jour.

Répondant à de multiples demandes, la S.B.E. organise un cycle de conférences où seront étudiés les principaux problèmes de la traction électrique. A côté des aspects purement techniques, et en manière d'introduction à ceux-ci, il y a place pour un exposé situant le noyau électrique dans l'ensemble du réseau belge et montrant la signification du nouveau mode de traction dans la vie ferroviaire du pays. Par ailleurs, il s'indique de rappeler quels sont les grands objectifs de la reconversion qui s'accomplit sur le Rail belge.

Tel est l'objet de la présente note.

* * *

Au cours de l'année qui s'achève, la traction électrique a fait de grands progrès en Belgique. La série des inaugurations a débuté au mois de février 1954 par la mise en service de la section Bruxelles-Gand. Dès l'ouverture de la saison balnéaire, au début de juillet, les trains ont commencé à desservir Ostende et Blankenberghe. Tout récemment, la relation Alost-Louvain, via la Jonction Nord-Midi, a été électrifiée à son tour; de la sorte l'exploitation électrique se trouve déjà amorcée sur la ligne de Liège.

Ainsi viennent progressivement à maturité des travaux qui étaient entrés dans la voie des réalisations en 1951. Entre le moment où une électrification est décidée et l'ouverture au public des services de trains électriques, il s'écoule normalement un délai d'environ trois ans. Au début de cette période, l'activité reste confinée au sein des services spécialisés de la S.N.C.B. où s'élaborent en premier lieu les plans et documents des adjudications. Les formalités de ces dernières doivent précéder toute participation de l'industrie privée. L'activité s'étend ensuite aux bureaux d'études des constructeurs pour gagner peu après les ateliers et les usines. Pendant longtemps rien ne trahit cette activité au dehors. C'est alors qu'à force d'attendre, le public s'impatiente et parfois des bruits naissent au sujet de l'abandon des projets. Mais la confiance renaît dès que les premiers pylônes sortent de terre. Actuellement semblables témoins d'activité sont largement répandus dans le pays et nul ne doute plus de l'aboutissement prochain des travaux. L'impatience n'en persiste pas moins au sein du public; elle n'est au fond que le premier signe de l'intérêt qu'il porte à l'électrification.

La série des inaugurations va se poursuivre en 1955. L'équipement de toute la ligne de Liège s'achèvera et une premier tronçon de la ligne de Namur sera mis en exploitation: la section Bruxelles-Ottignies, prolongée jusqu'à Wavre. Enfin l'année 1956 verra la fin des travaux sur la grande artère internationale Namur-Arlon, dont la Société Nationale des Chemins de fer Luxembourgeois prolongera les installations sur le territoire Grand-Ducal jusqu'à la ville de Luxembourg. En situation finale, les travaux du programme actuel auront porté sur un total de 615 km. On aura remarqué que les travaux sur les diverses lignes se superposent avec un certain décalage, grâce à quoi le temps mort n'in-

tervient qu'une fois. Le rythme d'avancement calculé pour l'ensemble du complexe ressort ainsi à environ 115 km par an et ce chiffre traduit une progression moyenne excellente. Au début, les installations fixes, caténaires et sous-stations, avancent plus rapidement que la construction du matériel roulant; ainsi s'explique le fait que toutes les cérémonies de 1954 n'ont pu inaugurer que des services de trains provisoires, des services mixtes, dans lesquels la vapeur côtoie encore l'électricité. Ces services sont encore dépourvus de nouvelles automotrices électriques et ne comportent pas ces trains légers qui constitueront un des traits caractéristiques de la future exploitation électrique.

La construction du matériel roulant nécessite une période de mise en train très ardue et fort longue. Mais dès que les chaînes de montage commencent à débiter, les engins « sortent » à une cadence rapide et régulière. A cet égard, la livraison des cinquante premières locomotives électriques type-122, à raison d'une unité par semaine, constitue une prestation peu ordinaire qui fait honneur à l'industrie nationale. Elle ne restera pas sans lendemain; la sortie très prochaine des nouvelles automotrices, ainsi que d'une seconde série de locomotives, renouvellera cette performance avec plus d'ampleur encore. On verra alors le rythme de livraison des engins roulants dépasser l'avancement des installations fixes. Tout fait prévoir que les effectifs seront complets quand s'achèvera le tirage des dernières sections de caténaires.

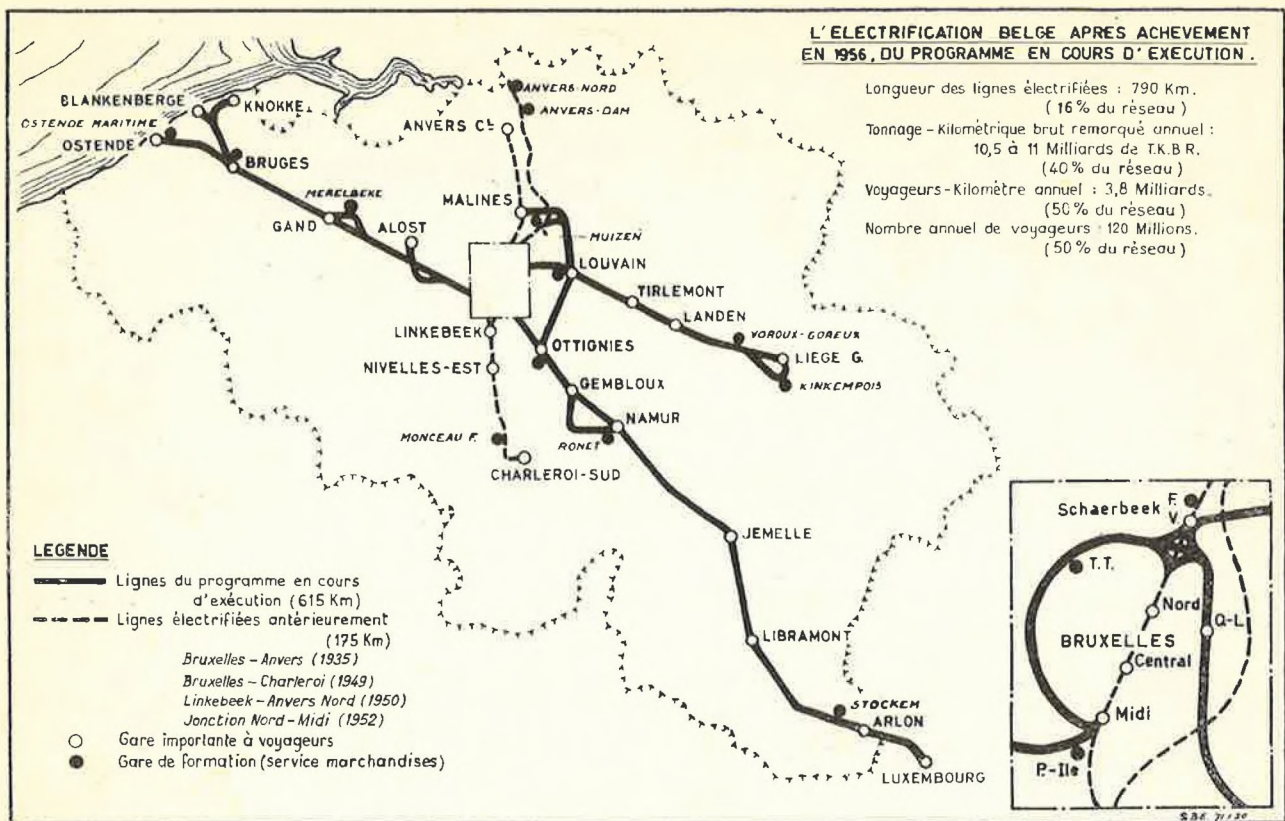
Sans songer à empiéter sur l'article qui traitera du matériel roulant, je ne puis me dispenser de signaler l'excellent comportement de la locomotive type 122 après un an de service. Cette machine, conçue en dehors de tout esprit de compétition, n'ambitionne ni le record de la vitesse ni celui de la puissance. Ses « vertus », bien que plus « bourgeoises », offrent cependant un grand intérêt pratique. Elles résolvent un important problème d'unification: la création d'un type unique de machine, propre à tous les services et partant susceptible de travailler jour et nuit en remorquant tour à tour les trains de voyageurs et des convois de marchandises. Sa parfaite adaptation aux besoins belges en fait un modèle de confection sur mesure.

* * *

Au présent texte est joint un extrait de la carte ferroviaire belge rappelant au lecteur la consistance du programme en cours d'exécution; il montre l'aspect que prendra le noyau belge électrifié lorsque les travaux seront achevés. Compte tenu des réalisations antérieures, ce noyau totalisera alors 790 km de lignes, soit 16 % du réseau (1).

Il est coutume d'apprécier les électrifications d'après la longueur des lignes équipées.

(1) La présente étude était sous presse lorsque fut décidé l'équipement du tronçon Charleroi-Moustier qui ferme la boucle Charleroi-Bruxelles-Namur. Une autre extension apportée récemment au programme initial porte sur la section Anvers(Est) - Esschen qui établira la liaison avec le réseau néerlandais. La longueur totale des lignes équipées atteindra 840 Km en 1957.



Ce critère est simple et commode mais il n'est pas des plus adéquat. Le but d'une électrification n'est pas d'étendre la toile d'araignée des caténaires à des centaines et des centaines de kilomètres de lignes, mais bien d'effectuer le maximum de trafic en traction électrique. *Moins on équipera de kilomètres, pour un trafic déterminé, mieux cela vaudra.* Un chiffre plus significatif sera dès lors celui qui mesure le volume du trafic électrifié. A cet égard, un coup d'œil sur les conditions d'exploitation des principaux réseaux électrifiés en Europe est plein d'intérêt. Le tableau ci-dessous les résume. A côté des longueurs de lignes électrifiées, y figurent les trafics assurés en traction électrique, ainsi que les pourcentages correspondants. Les trafics sont exprimés en milliards de tonnes-kilomètres brutes remorquées (T.K.B.R.) Ce terme, emprunté au langage ferroviaire est clair, notons seulement qu'il indique que les calculs ont été faits en tenant compte des tares des wagons et des voitures, autant que des charges utiles.

La grandeur qu'il désigne est celle qui sert à déterminer le travail mécanique de remorque à développer par les engins de traction. De plus en plus la coutume s'implante parmi « les gens de la traction » d'assimiler ces tonnages-kilométriques à de véritables « productions ». Aux yeux des « tractionnaires » — néologisme aux vilaines consonnances pour un beau métier ! — les locomotives sont dès lors des machines à fabriquer des T.K.B.R. Dans toute industrie le secret des bas prix de revient réside dans des productions massives. De là, à reconnaître, qu'en traction aussi, les fortes utilisations des engins, en durée et en puissance, sont génératrices d'économies d'exploitation, il n'y a qu'un pas. Le réseau belge électrifié sera continuel-

lement le siège de pareilles « productions » en grandes séries.

Le tableau fait ressortir que le pourcentage du trafic électrifié est partout nettement supérieur au pourcentage des lignes équipées. Cela prouve que tous les réseaux ont sélectionné pour les équiper leurs meilleures lignes. La Suisse offre l'exemple unique d'une électrification quasi-intégrale (98 %); mais la Suède accuse également un pourcentage de trafic fort élevé (87 %). Ce pays bat le record de la longueur des lignes électrifiées (5 991 km); il est suivi de près par l'Italie (5 793 km) où 63 % du trafic est acheminé en traction électrique. Les électrifications très poussées sont le fait des seuls pays riches en énergie hydro-électrique. Cependant parmi les pays qui ne disposent pas de pareilles ressources, le réseau néerlandais tranche par un coefficient de trafic atteignant 60 %.

Le record quant à la valeur absolue du trafic revient, et de loin, à la France qui assurait fin 1953, 51,2 milliards de T.K.B.R. sur un ensemble électrifié de 4 240 km. La mise en service prochaine de la ligne Thionville-Valenciennes accentuera encore ces chiffres. Viennent ensuite dans l'ordre des forts tonnages-kilométriques : l'Italie (33-) et la Suède (29,3 milliards de T.K.B.R.)

Le trafic électrique belge a été de 2,6 milliards de T.K.B.R. en 1953; *il atteindra 10,5 à 11 milliards soit 40 % de tout le réseau à l'achèvement du programme en 1956.* La signification de ce chiffre ressort le mieux de sa comparaison avec les trafics néerlandais, allemand et suisse auxquels il est *grosso modo* comparable. Mais il faut noter que ces trois réseaux exploitent des ensembles électrifiés nettement plus vastes que celui de la S.N.C.B.

Electrifications en Europe ()
année 1953.*

PAYS	Longueur des lignes électrifiées		Tonnages — Kilométriques bruts remorqués en traction électrique		Densité moyenne du trafic électrifié
	Kilomètres	Pour cents de la longueur du réseau	Milliards de T.K.B.R.	Pour cents du trafic du réseau	Millions de T.K.B.R. par kilomètre de ligne et par an
Allemagne	1 800	6	17,8	10	10,0
Autriche	1 240	23	9,1	49	7,3
Belgique (année 1953)	186	3,7	2,6	10	14,0
<i>Achèvement du progr. actuel .</i>	<i>790</i>	<i>16</i>	<i>10,5 à 11,0</i>	<i>40</i>	<i>13,3 à 14,0</i>
Danemark	52	2	0,7	8	7,3
Espagne	723	5,5	3,1	10	4,3
France	4 240	10,5	51,2	31	12,1
Grande-Bretagne	1 508	5	—	—	—
Italie	5 793	36,5	33,0	64	5,7
Norvège	1 023	24	3,5	64	3,5
Pays-Bas	1 335	41,5	14,4	60	10,8
Suède	5 991	48	29,3	87	4,9
Suisse (CFF plus Alpes Ber- noises)	3 025	96	18,6	98	6,2
Yougoslavie	103	1	0,4	2	4

(*) D'après les statistiques de l'Union Internationale des Chemins de fer (U.I.C.), 10, rue de Prony, Paris XVII^e (année 1953). Ces statistiques ne fournissent pas de données à jour concernant l'U.R.S.S., la Hongrie, la Pologne et la Tchécoslovaquie.

Faut-il rappeler ici que les électrifications faites après-guerre dans notre pays s'appliquent aussi bien au trafic des marchandises qu'à celui des voyageurs ? Cette politique est tout indiquée dans un pays comme la Belgique où les transports de marchandises ont toujours été prépondérants; elle permet de tirer le maximum d'effet utile des installations et des engins de traction, lesquels ne chômeront jamais. Elle s'impose d'ailleurs si l'on veut éviter une dualité peu économique d'installations et de services en vue de deux modes de traction.

Les lignes électrifiées passeront donc non seulement par les grandes gares de coïncidence du mouvement des voyageurs, mais leurs antennes pénétreront jusqu'au cœur des gares de triage, lieux d'origine et de destination des convois de marchandises. Ces lignes joignent les bassins industriels belges, ceux du Grand-Duché et de l'Est français à nos ports, dont elles drainent tout le hinterland. Elles créent de puissants traits d'union entre les industries de la Wallonie et les ports de la Flandre en servant les intérêts des uns et des autres. Elles suivent les tracés séculaires que la Géographie a imposés de tout temps à l'Economie belge pour l'échange des personnes et des biens. Ces grandes artères constituent des instruments permanents de la prospérité du pays. Perfectionner leur équipement revient à créer des richesses nationales nouvelles.

Mais sur ces vieilles lignes se manifeste un phénomène social nouveau, bien propre à la vie moderne : c'est l'ampleur toujours croissante que prennent les courants de voyageurs convergeant vers la capitale et vers quelques autres grands centres. Ces migrations quotidiennes sont des « transports de masse »; le rail seul peut les assurer, et en ce domaine il est l'artisan de son propre succès, l'organe ayant créé la fonction.

A ces courants s'en superposent d'autres, qui forment les relations interprovinciales; ils sont d'importance moindre sans doute mais non moins indispensables à l'activité du pays. Que les meilleures d'entre elles transitent par Bruxelles en profitant du raccourci de la Jonction Nord-Midi, n'est qu'un autre impératif de la géographie.

Le noyau électrifié qui s'étend du littoral jusqu'à Liège et jusqu'au Grand-Duché, ainsi que d'Anvers à Charleroi, dessert une large part du territoire. Et ce n'est pas le fait du hasard si, à quelques exceptions près, la plupart des villes belges importantes jalonnent ses artères qui sont les lignes axiales de notre réseau. *Les futurs trains électriques vont assurer un trafic de près de 4 milliards de voyageurs-kilomètres par an, ou 50 % de la totalité du réseau. Ils transporteront quelque 120 millions de voyageurs annuellement.* Chiffre significatif et excellente mesure des services que l'électrification va rendre à la collectivité ! Il témoigne, par ailleurs, de la place prépondérante que garde le rail, en matière de transports de voyageurs, malgré le développement prodigieux de l'auto. Mais un économiste français bien connu n'a-t-il pas écrit récemment que ce dernier « étouffe dans sa propre victoire » ? On peut tenir pour certain que les désagréments multiples que cause sa prolifération excessive ramèneront pas mal de monde vers les trains.

On sait que la majeure partie de la clientèle actuelle des chemins de fer belges est formée d'abonnés qui se déplacent pour gagner leur vie et dont les « navettes » font partie intégrante du labeur quotidien. L'exode journalier vers les lieux du travail est à tel point entré dans les mœurs qu'il est devenu un trait typique de la vie ouvrière belge. Nous touchons ici au problème vital de la mobilité de la main-d'œuvre et il faut rendre au rail cette justice que c'est lui qui a permis de résoudre ce

problème dans notre pays. Mais les éminents services ainsi rendus à l'économie nationale ne procurent que des recettes dérisoires à la Société Nationale... et ce au grand préjudice de ses finances. Situation paradoxale et profondément injuste !

Ainsi apparaît toute la signification des transports de voyageurs dans la vie active du pays. Si, grâce aux nouvelles ressources techniques qui lui sont propres, la traction électrique est en mesure de favoriser les déplacements en les rendant plus rapides, plus commodes et plus agréables, elle permettra au rail d'apporter une nouvelle contribution de grande valeur au progrès social.

* * *

Cette amélioration des services de trains de voyageurs offerts au public constitue l'objectif principal de l'électrification. La formule de la modernisation en ce domaine tient en trois mots : *fréquence, vitesse, confort*.

Améliorer la fréquence des trains, c'est multiplier les départs et accroître le nombre de relations entre deux gares déterminées. Pareille mesure trouve sa réalisation la plus adéquate dans les services « cadencés » qui ont brillamment fait leurs preuves sur les lignes d'Anvers et de Charleroi. On sait qu'ils prévoient des départs réguliers, se répétant à la même fraction de l'heure; le public en apprécie la commodité, étant dispensé de recourir à l'indicateur. Pour créer de tels services, l'automotrice électrique offre des ressources précieuses qui tiennent à la réversibilité de l'engin, à la rapidité de ses démarrages et aux facilités qu'il procure en vue de modifier la composition des trains selon les besoins de l'heure. On sait que ceux-ci sont essentiellement variables dans le courant d'une journée. La mise en ligne aux heures creuses de trains légers — dont la composition peut descendre jusqu'à deux voitures — est une des caractéristiques de ces services. Ces convois sont peu onéreux; ils permettent de maintenir la cadence sans obérer l'exploitation. Aux heures de pointe, on accroît à la fois la composition des trains et leur nombre et il n'est pas rare de voir à ce moment huit ou dix convois se suivre à l'heure. En général, l'affluence des voyageurs est alors telle qu'il s'impose de recourir à quelques trains tractés de forte composition capables d'enlever un bon millier de voyageurs. Rappelons que le train léger n'est pas viable en traction-vapeur; il est l'apanage des deux systèmes modernes : la traction électrique et la traction Diesel.

L'accélération de l'allure des trains est un autre impératif essentiel. Cependant cette mesure ne prend toute sa signification que si elle s'applique à l'ensemble des circulations d'une ligne, comme il est de règle, lors de toute électrification. Il ne suffit donc pas d'accélérer quelques rares trains privilégiés, fut-ce au prix d'un ruban bleu.

On sait que des trains d'allures très différentes — des omnibus et des express, par exemple — ne peuvent circuler simultanément sur une même ligne sans se gêner mutuellement. En pareil cas, les horaires constituent toujours des compromis. Mais la traction électrique, grâce aux réserves de puissance qu'elle met en jeu, permet des démarrages

très rapides, qui améliorent beaucoup la vitesse moyenne des trains à arrêts fréquents. En dernière analyse, les horaires de compromis des services électriques seront dans leur ensemble bien plus satisfaisants et accuseront des gains substantiels. Dès lors, c'est la clientèle de tous les trains qui est appelée à en bénéficier.

Les horaires de compromis n'excluent cependant pas les relations rapides. De nombreuses automotrices électriques, actuellement en construction, sont conçues pour circuler à du 140 km/h.; elles seront utilisées sur les lignes d'Anvers, de Liège et d'Ostende, où le plafond de vitesse permet cette allure.

Le troisième panneau du tryptique concerne le confort des voyageurs. Le mot « confort » traduit bon nombre d'exigences. La première, sans conteste, est celle qui concerne la propreté. A cet égard, la traction électrique qui supprime toutes les fumées et poussières, constitue un progrès radical. Celui-ci se complètera heureusement dans l'avenir, par un meilleur aménagement intérieur des voitures et des automotrices, facilitant l'accès des voyageurs à des compartiments bien dimensionnés, pourvus, même en troisième classe, de sièges rembourrés, tandis qu'un brillant éclairage et l'aspect clair et riant de la décoration créeront une ambiance accueillante.

Il reste cependant un progrès important à réaliser en améliorant la qualité du roulement et l'insonorisation du matériel. C'est à quoi tendent actuellement tous les efforts; en cette matière, on peut attendre avec confiance le résultat de diverses innovations techniques et notamment de l'introduction d'intercalaires en caoutchouc dans les suspensions.

L'expérience des lignes d'Anvers et de Charleroi et de tant d'autres électrifications faites à l'étranger ne laisse subsister aucun doute quant à la manière dont le public répond à des améliorations ferroviaires marquantes. Ses réactions sont devenues classiques. *Des services, rendus plus attrayants, déterminent toujours un retour vers le Rail*. Les lignes électrifiées voient leurs clientèle se développer et les recettes s'en ressentent.

Certains exemples récents sont suggestifs.

Le succès de la Jonction Nord-Midi s'affirme de plus en plus chaque jour. Les foules de la gare centrale retiendront bientôt l'attention; on y compte dès maintenant 60 000 voyageurs par jour et l'expansion de la clientèle se poursuit.

L'affluence dont ont bénéficié les nouveaux trains électriques de la ligne d'Alost, quelques jours à peine après leur mise en ligne, a dépassé toutes les prévisions. La grande presse a signalé à cette occasion que les nouveaux horaires procuraient chaque jour une demi-heure de sommeil supplémentaire à de milliers de travailleurs en plaçant leur départ à une heure moins matinale; dans de nombreux foyers ouvriers ce changement d'habitude sera accueilli avec joie au cours de cet hiver. Exemple typique d'une incidence sociale directe et humanitaire ! Remarquons cependant qu'il y a belle lurette déjà que les usagers des lignes d'Anvers et de Charleroi — et ceux là, on les compte par dizaines de milliers — bénéficient d'avantages semblables.

* * *

Le second objectif fondamental de l'électrification est la réduction des dépenses d'exploitation. Que *les services électriques*, en dépit des améliorations qu'ils apportent, *coûtent, tout compte fait, moins cher que les services à vapeur*, est une chose qui mérite d'être soulignée.

Les économies d'exploitation et les suppléments des recettes dus à l'accroissement de la clientèle doivent non seulement payer les charges financières des capitaux investis mais encore laisser une marge bénéficiaire pouvant contribuer dans une certaine mesure à assainir les finances de la S.N.C.B.

L'origine des économies que procure la traction électrique n'a rien de mystérieux. Parmi ces économies, les principales proviennent de la réduction des frais d'entretien et de conduite du matériel roulant ainsi que de la substitution d'un kWh à environ deux kgs de charbon. Notons que ce rapport d'équivalence entre les deux sources d'énergie signifie une réduction de la consommation de charbon de l'ordre de 70 %.

Les économies d'exploitation sont d'ailleurs la conséquence logique et naturelle des caractéristiques propres au matériel électrique : rendements élevés qui ne se dégradent jamais en service, et sur lesquels le conducteur n'a aucune prise, matériel d'entretien aisé, soustrait aux actions destructrices du feu et de l'eau, engins réversibles conduits par un seul homme, susceptibles d'une utilisation ininterrompue, se prêtant à la banalisation complète, débarrassés des corvées du charbon, des cendres, de l'eau et des virages, ne réintégrant leur dépôt qu'après de longs parcours, toujours prêts à un nouveau départ dans la gare même où un précédent service les a abandonnés, etc. On pourrait allonger la liste de ces particularités et il serait aisé de rattacher à chacune d'elles une part d'économies. Il va de soi que l'importance des économies doit être directement liée au volume du trafic. Par contre, au passif de la traction électrique s'inscrivent des dépenses d'entretien et d'amortissement d'installations fixes nouvelles, ainsi que des charges financières en rapport avec le montant des investissements, les unes et les autres étant indépendantes du trafic. Ces quelques remarques font entrevoir la structure de tout bilan d'électrification et le simple bon sens indique qu'il doit exister un trafic-limite, une sorte de « *seuil de rentabilité* », en dessous duquel une électrification n'est plus à recommander. Dans le programme belge, les lignes ont été sélectionnées en vertu de leurs trafics qui se situent bien au delà de cette limite. Un profil difficile rend toujours l'exploitation d'une ligne plus onéreuse, pareillement il accentue aussi les économies que la traction électrique procure. A cet égard, la section Namur-Arlon mérite une mention particulière en raison du nombre et du taux de ses déclivités (1); par ailleurs, cette ligne sera le siège d'une forte concentration de trafic. Double circonstance favorable à sa rentabilité.

La densité du trafic étant l'élément capital qui détermine le degré de rentabilité, il s'indique de comparer les réseaux électrifiés d'Europe à la

lumière de ce critère. Les chiffres de la dernière colonne du tableau expriment les tonnages-kilomètres bruts remorqués annuellement par kilomètre de ligne. Ils représentent des moyennes valables pour la partie électrifiée de chaque réseau.

L'électrification belge accuse pour 1953 une densité de 14 millions de T.K.B.R.; le même chiffre se retrouvera à la fin des travaux, en 1956. Aucune valeur plus élevée n'apparaît dans le tableau. Il serait cependant présomptueux de revendiquer, de ce chef, la première place pour la Belgique. Divers indices portent à croire que le chiffre — non connu — afférent aux chemins de fer britanniques, pourrait égaler, voire même dépasser légèrement, le niveau de la densité belge. Le complexe équipé en Angleterre englobe des lignes très chargées rayonnant autour de Londres et leur trafic influence fortement sa densité moyenne. En France aussi, l'intensité des circulations atteint une valeur élevée, qui augmentera encore dans un prochain avenir par la mise en exploitation de la ligne du Nord-Est, une des plus actives du continent. L'auteur ne songe pas à présenter ce simple rapprochement comme une preuve de la rentabilité des électrifications belges. D'autres études, qui ne peuvent être détaillées ici, ont été faites à cette fin. Il lui a cependant paru intéressant de montrer par les statistiques internationales, que la densité moyenne du trafic du complexe belge compte parmi les meilleures d'Europe. La vieille réputation de notre réseau, quant à la forte charge de ses lignes, n'est donc ni surfaite, ni périmée (1).

* * *

L'électrification atteindra pleinement les deux principaux objectifs qui lui sont assignés. A côté d'eux, d'autres avantages, qui seront acquis par surcroît, offrent également un grand intérêt : le renouvellement du matériel, le perfectionnement technique de tous les secteurs de l'exploitation ferroviaire, l'amélioration des conditions de travail du personnel, l'assainissement des zones étendues entourant les grandes gares et les dépôts de locomotives.

Ce que les travaux d'électrification signifient pour l'industrie nationale, on en trouvera une première mesure dans l'ampleur des commandes qui lui sont attribuées, et dont une large part s'adresse au secteur de la construction du matériel roulant, le moins favorisé par le mouvement de prospérité actuel. Faut-il rappeler que la quasi totalité des crédits d'électrification est dépensée dans le pays et va en grande partie à la main-d'œuvre belge ?

Non moins précieuse est pour l'industrie l'occasion qui lui est offerte de créer, de mettre au point du « matériel belge » et de construire celui-ci en grandes séries, suivant les procédés les plus modernes. Cette dernière observation ne vise pas uniquement le matériel électrique mais vaut également

(1) Ces déclivités sont de seize pour mille. Abstraction faite des plans inclinés de Liège, ce sont les plus fortes du réseau.

(1) Le tableau accuse des densités assez faibles pour l'Italie, la Suède, la Suisse, etc... Des chiffres aussi bas sont dus à la présence dans les réseaux électrifiés de ces pays d'une proportion notable de lignes à simple voie. Néanmoins, les corrections que l'on peut faire de ce chef, laissent les densités nettement en dessous du niveau belge.

pour le matériel Diesel, lequel est susceptible de devenir un excellent article d'exportation à condition d'être conçu à l'échelle des besoins européens.

* * *

Cette vue d'ensemble serait incomplète s'il n'y était pas mentionné que l'électrification se situe dans un vaste programme de modernisation du Rail belge. En plus du nouveau matériel roulant électrique, d'imposants lots de locomotives Diesel, tant de route que de manœuvre, d'autorails et de voitures métalliques, viendront prochainement enrichir les parcs de la Société Nationale. Tous ces effectifs sont en construction et ne tarderont pas à faire leur apparition sur nos lignes.

La signalisation lumineuse, qui sera largement étendue, apportera un supplément de régularité et de sécurité sur les itinéraires les plus parcourus,

tandis que d'importants travaux de génie civil sont entrepris pour améliorer la disposition des voies et des quais dans maintes grandes gares. Enfin, bon nombre de passages à niveau seront supprimés. C'est une œuvre de rénovation, d'une envergure jamais atteinte dans le passé, qui est en voie de réalisation. Elle transformera radicalement la physionomie de notre vieux réseau en levant le lourd handicap qui pesait sur lui : son manque de modernisation.

Si plus tard, à l'occasion d'un grand anniversaire, quelqu'un s'avisait de récrire, à l'instar d'Ulysse Lamalle, l'histoire du Rail belge en nous donnant « *Si le Chemin de Fer m'était conté...* », nul doute que l'étape actuelle apparaîtrait comme un tournant décisif, un point de départ vers un destin meilleur...

Décembre 1954.

II. - Installations fixes de traction électrique

par René GODIN,

Ingénieur Principal à la S.N.C.B.

I. D. 621.311 (493)



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.

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 kettlinglijnen, welke in dit genre een record uitmaken.

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.

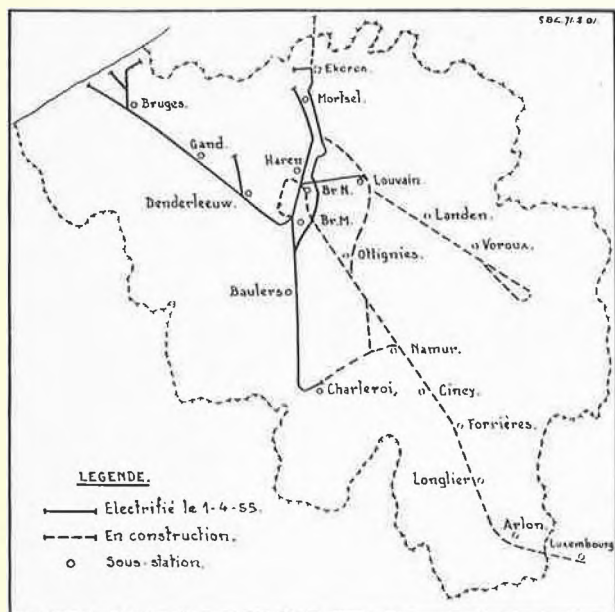


Fig. 1. — Réseau électrifié : emplacement des sous-stations.

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.

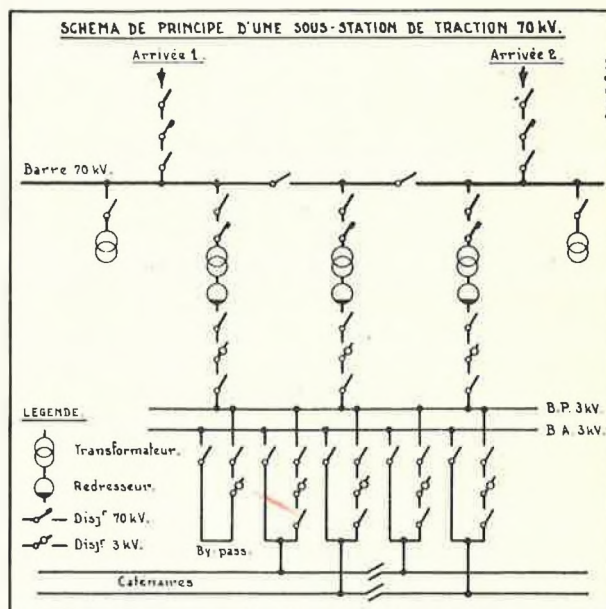


Fig. 2. — Schéma de principe d'une sous-station.

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.

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

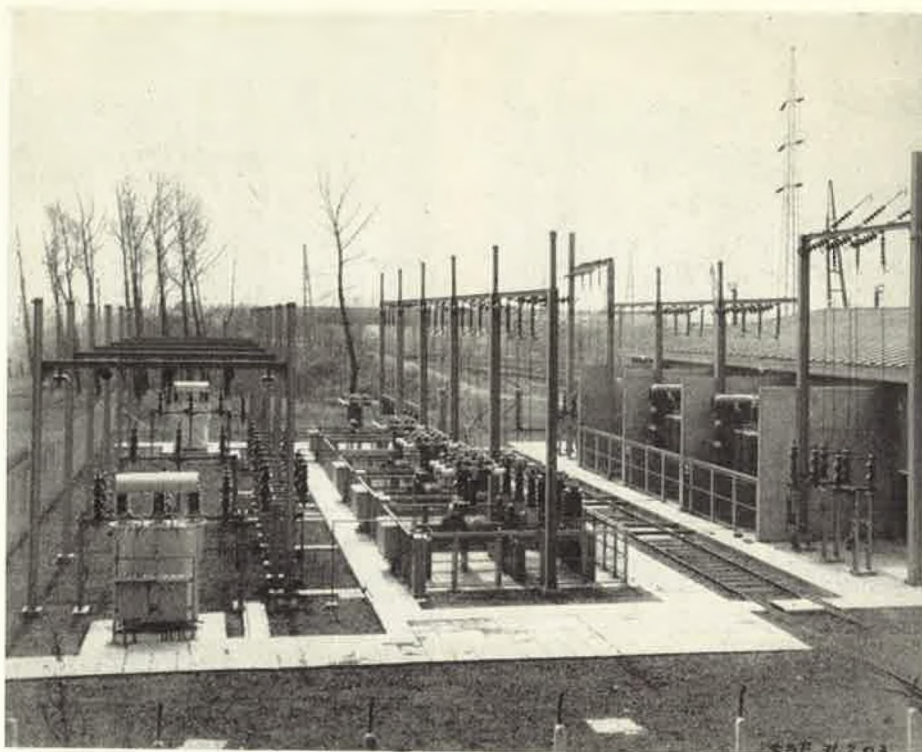


Fig. 3. — Denderleeuw : Poste HT extérieur (70 kV).

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.

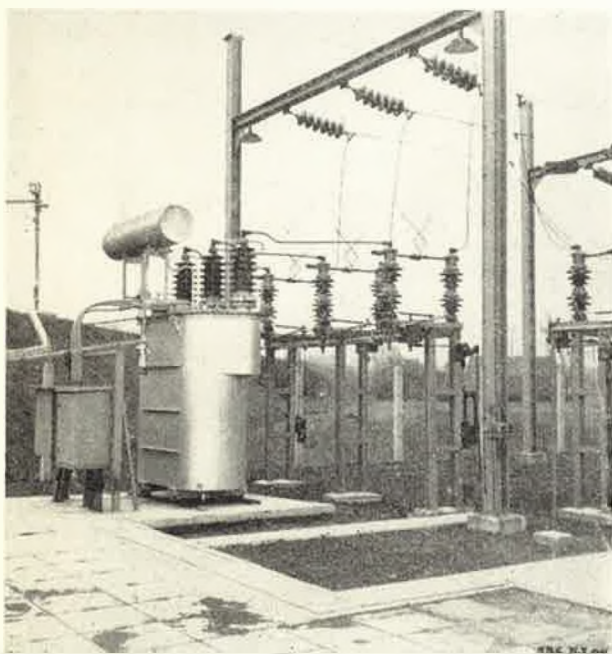


Fig. 4. — Transformateur des services auxiliaires (70 kV).

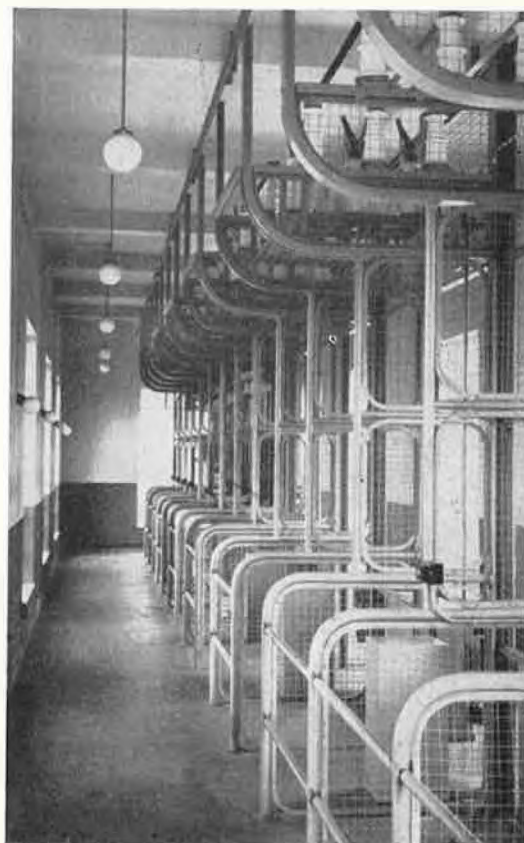


Fig. 5. — Bruxelles-Midi : Poste HT intérieur (36 kV).

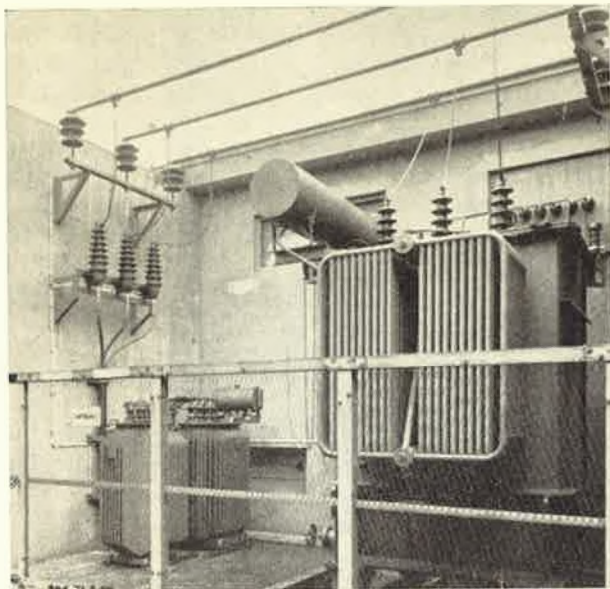


Fig. 6. — Transformateur principal (36 kV).

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.

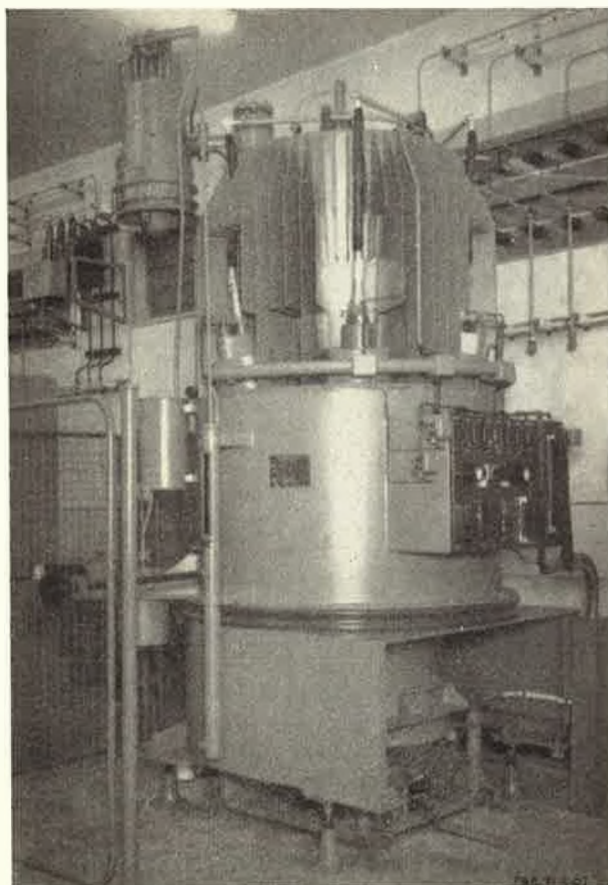


Fig. 7. — Redresseur à cuve unique.

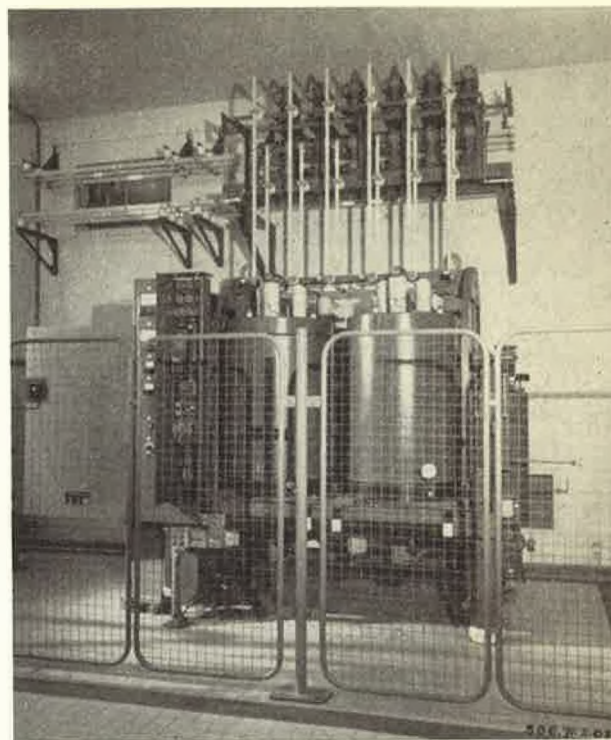


Fig. 8. — Redresseur à 4 cuves.

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-

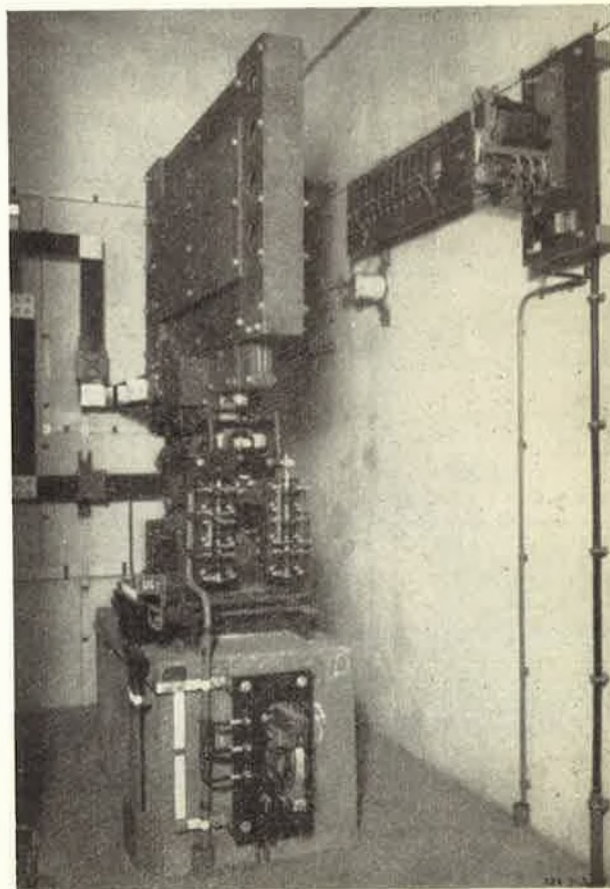


Fig. 9. — Disjoncteur ultra-rapide (3 kV).

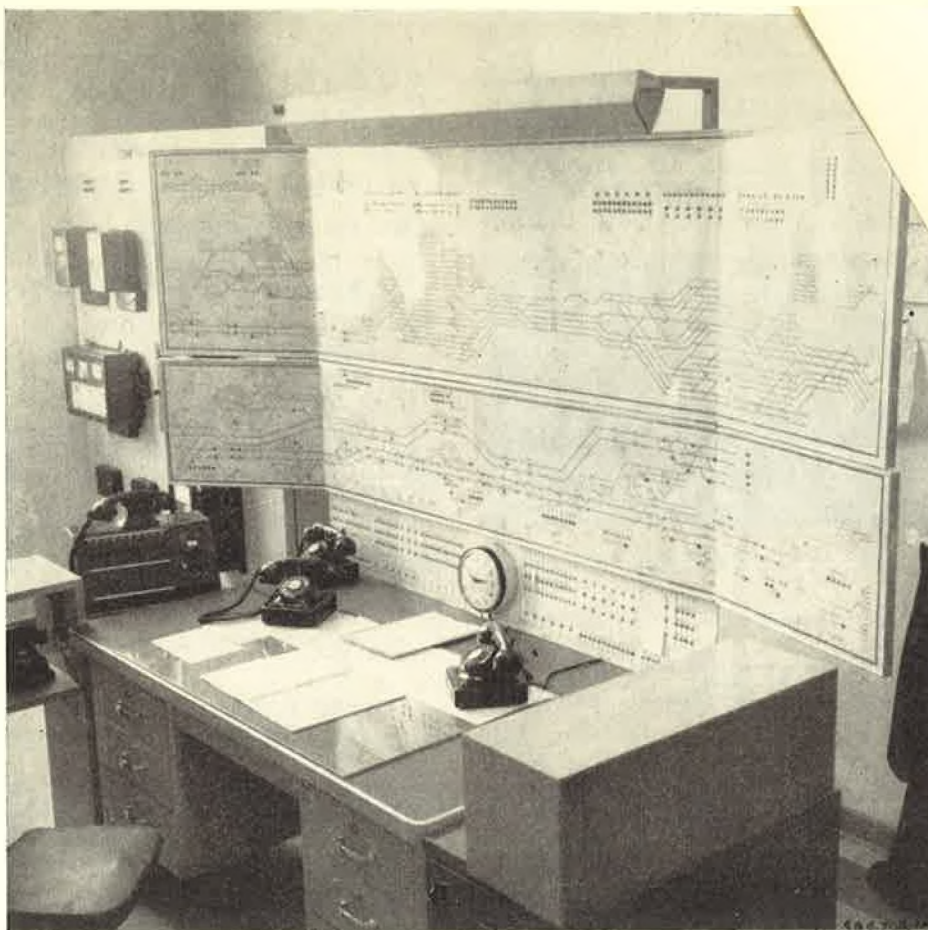


Fig. 10. — Sous-station de Bruxelles-Nord. Bureau du répartiteur.

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

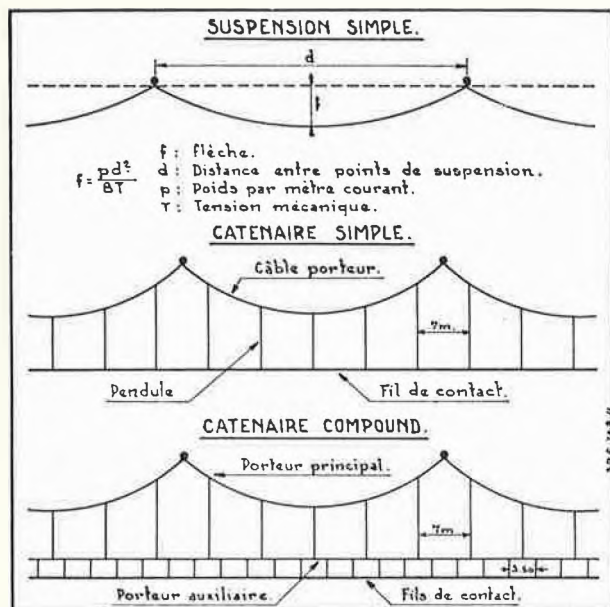


Fig. 11. — Schéma de principe des lignes de contact.

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'onduation 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.

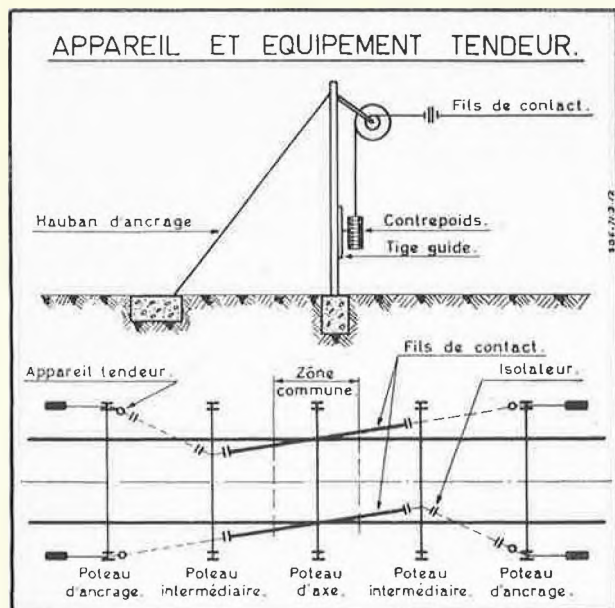


Fig. 12. — Schéma des appareils et équipements tendeurs.

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

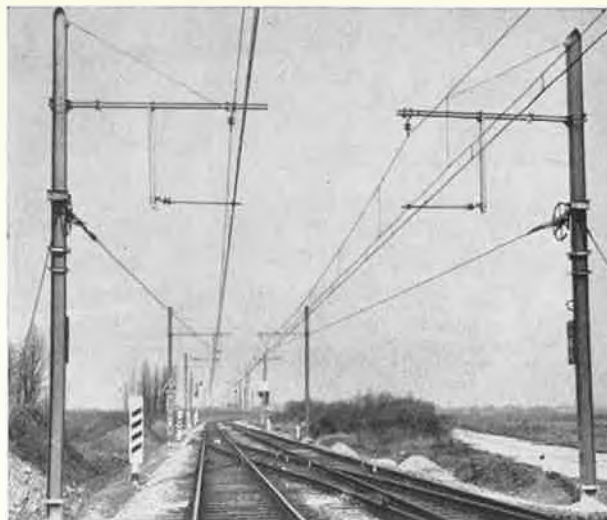


Fig. 13. — Ligne caténaire sur supports indépendants.

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 « antibalçant », 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 antibalçants des porteurs auxiliaires des lignes précédentes sont normalement remplacés par



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

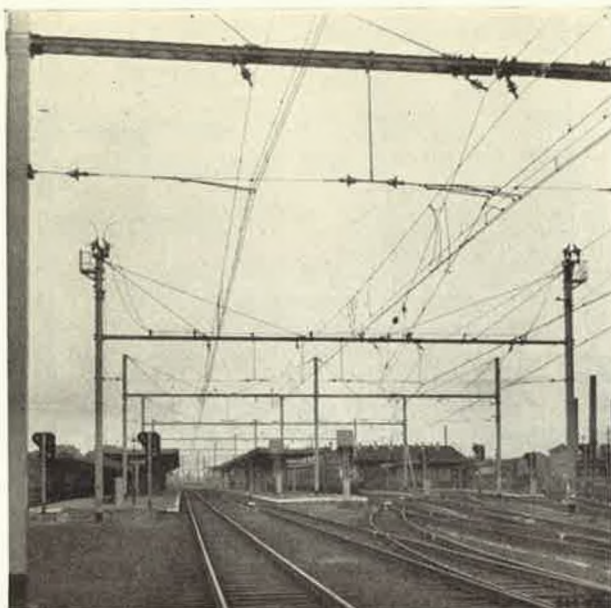


Fig. 15. — Alost : portiques à supports intermédiaires.

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.

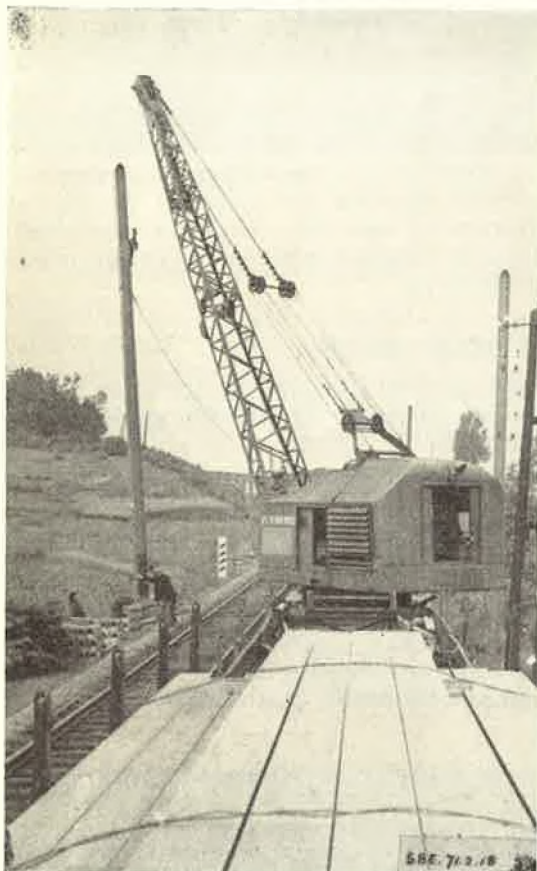


Fig. 18. — Train de levage des poteaux.

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-dérouleur, 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. — Equipement 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.

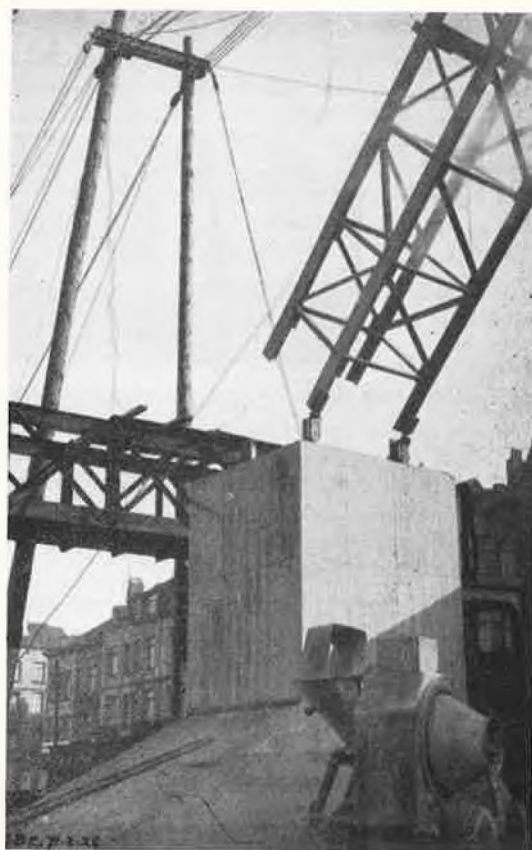


Fig. 26. — Bruxelles-Midi :
levage d'un pylône en treillis.



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

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,

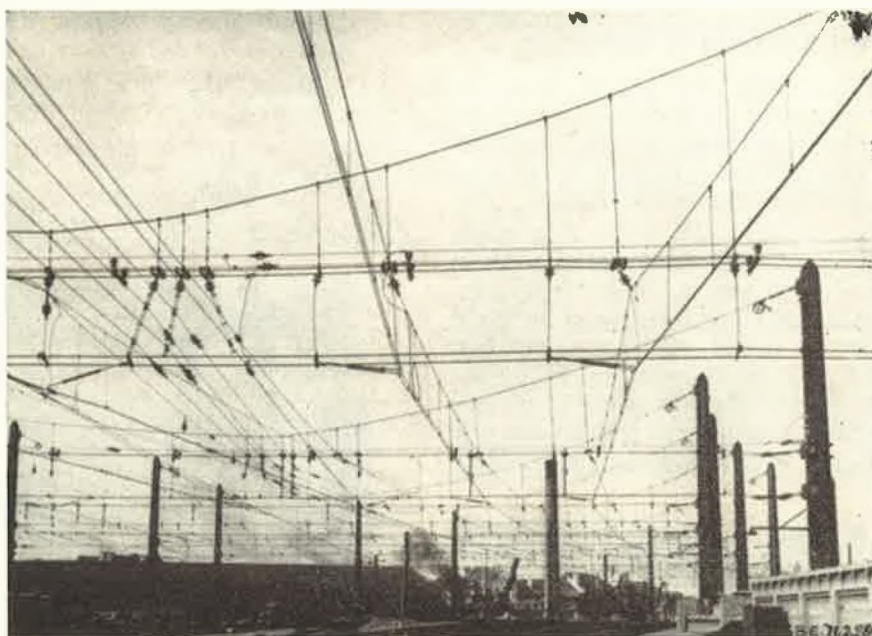


Fig. 28. — Bruxelles-Nord : ensemble de la gare côté Jonction.

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.

III. - La traction électrique à la SNCB - Le matériel roulant

par Fernand BAEYENS,

Ingénieur en chef à la S.N.C.B.

ID. 621.33



M. F. BAEYENS a obtenu les diplômes I.C.C. et I.E. à l'Université de Gand.

Il est entré à la S.N.C.B., en 1933.

Jusqu'en 1944, il s'occupa de l'entretien du matériel roulant électrique, des lignes caténaires et des sous-stations de traction.

Nommé ingénieur principal en 1944, M. Baeyens fut attaché à la Direction du Matériel et des Achats afin de s'occuper des études générales relatives à l'électrification.

Il fut nommé ingénieur en chef en 1953.

M. Baeyens est membre du C.E.B., représente la S.N.C.B. à la sous-commission de traction électrique de l'Union Internationale des Chemins de fer ; il est secrétaire technique de l'Association Internationale du Congrès des Chemins de fer.

L'auteur décrit d'abord les automotrices quadruples et les automotrices doubles mises initialement en service sur la ligne Bruxelles-Anvers, les compare et fait apparaître quelques inconvénients de certaines solutions admises.

Il fait connaître ensuite les caractéristiques du matériel mis en service après 1950, établit un tableau comparatif des automotrices et des locomotives, montre l'intérêt de l'allègement des véhicules et explique comment il a été tiré parti des résultats de l'expérience pour la conception du matériel récemment mis en ligne ou en construction.

L'auteur termine son exposé par quelques renseignements relatifs à l'exploitation des lignes électrifiées et conclut que le système à 3000 V. répond entièrement aux besoins de la S.N.C.B.

Je vous retracerai d'abord les étapes du début de l'électrification du réseau de la S.N.C.B., afin de situer le matériel roulant récent par rapport au matériel plus ancien.

1935.

Les trains directs de la ligne Bruxelles N.-Anvers C. sont assurés en traction électrique.

On met en service 12 automotrices quadruples (2 motrices encadrant 2 remorques) entièrement construites en Belgique.

Les 2 motrices d'un élément de 4 voitures ont, l'une, un équipement à contacteurs électropneuma-

Een beknopte beschrijving van de vierdubbele en dubbele motorrijtuigen die eerst in dienst gesteld werden op de lijn Brussel-Antwerpen laat toe deze te vergelijken en enkele nadelen van sommige aangenomen oplossingen te doen uitschijnen.

Schrijver geeft vervolgens de kenmerken van het materieel dat in dienst gesteld werd na 1950, stelt een vergelijkende tabel op van motorrijtuigen en de locomotieven, toont het belang van de gewichtsvermindering aan, en legt uit op welke manier gebruik gemaakt werd van de ondervinding bij de studie van het materieel dat onlangs in dienst gesteld werd of in bouw is.

Ten slotte worden enkele exploitatieuitslagen vermeld die betrekking hebben op de geëlectriceerde lijnen, waarbij gezegd wordt dat het 3000 V - stelsel volledig beantwoordt aan de noodwendigheden van de N.M.B.S.

tiques individuels, l'autre, un système à contacteurs commandés par arbre à cames entraîné par moteur pneumatique.

Les moteurs de traction sont entièrement suspendus, et la transmission élastique est du système Sécheron (arbre creux et ressorts hélicoïdaux).

Vitesse maximum en service : 120 km/h.

1939.

Vu le succès de cette première électrification, il a été décidé d'étendre la traction électrique aux trains semi-directs et omnibus.



Fig. 1. — Automotrice type 1935.

Huit des automotrices quadruples de 1935 (fig. 1) voient leur composition portée à 6 voitures (2 remorques supplémentaires) et on met en service 8 automotrices doubles.

Ce dernier fait est important, car c'est l'élément à 2 voitures qui sera la formule adoptée pour toutes les électrifications futures.

L'équipement électrique de ces automotrices doubles est du type à contacteurs électropneumatiques individuels; les moteurs de traction sont identiques à ceux de 1935 et ont la même transmission. L'automotrice comporte 2 bogies moteurs (à double châssis) et 2 bogies porteurs; chaque véhicule est équipé d'un bogie de chaque type et la « formule » de l'automotrice est donc B2 + 2B.

On a abandonné le chauffage par air pulsé pour adopter les radiateurs directs, solution qui sera généralisée à l'avenir.

Ces automotrices sont accouplables aux précédentes (système de train-control) et circulent d'ailleurs en unités accouplées. Fin 1954, les automotrices type 1935 avaient parcouru chacune environ 2 720 000 km., tandis que celles de 1939 avaient parcouru chacune environ 2 230 000 km.

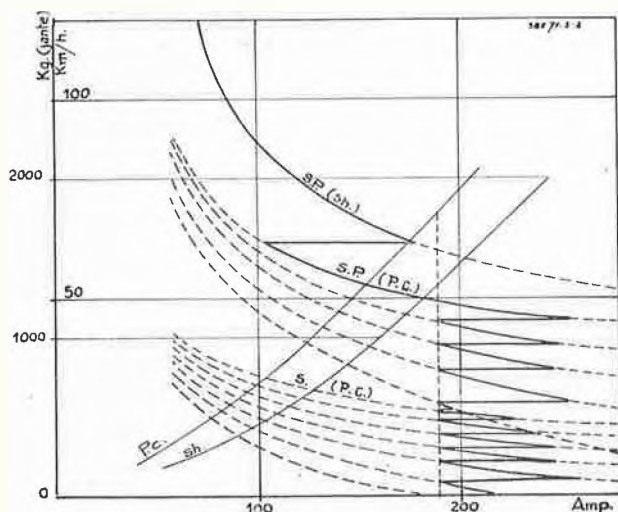


Fig. 2.

Ainsi que le montre le tableau 1, ces deux types de matériel présentent assez bien de ressemblance (les chiffres d'ensemble relatifs aux automotrices quadruples ont été divisés par 2 afin de faciliter la comparaison avec les éléments à 2 voitures).

Les caractéristiques de démarrage d'un moteur d'automotrice 1935 sont représentées à la figure 2.

Tableau 1.

Année de mise en service	1935	1939
Longueur totale (m)	45,180	43,040
Tare (t)	121	110
Nombre de voyageurs :		
assis	178	143
debout	29	100
total	207	243
Poids en charge (t)	139	132
Poids adhérent en charge (t)	82	79
Puissance unihoraire (ch)	4 × 265	4 × 265
Puissance continue (ch)	4 × 205	4 × 205
Shuntage max. de mot. (%)	45	45
Nombre de crans (shuntage compris)	13	13
Vitesse max. (km/h)	120	120

Le moteur entièrement suspendu présente certains inconvénients quant à la flexibilité de la suspension du véhicule (confort du voyageur) et la SNCB a ensuite entrepris des essais avec 4 moteurs à suspension par le nez (120 km/h).

Ces moteurs furent finalement incorporés dans l'équipement d'une automotrice double, devant servir de prototype pour les électrifications futures.

Cette automotrice, mise en service en 1946 (fig. 3) fut équipée d'engrenages pour 140 km/h, de 4 bogies dissymétriques à un moteur, et d'un équipement de démarrage à contacteurs par arbre à cames entraîné par moteur électrique à basse tension (cette automotrice était du type A1 — 1A + A1 — 1A).

Les essais effectués avec ce prototype furent extrêmement fructueux; ces principes furent appliqués depuis sur les 36 automotrices doubles mises en service de 1950 à 1954 (moteurs à suspension par le nez, bogies à un moteur, et contacteurs à cames) ainsi que sur les 139 automotrices en construction.

1949-1950.

On électrifie la ligne Bruxelles Midi-Charleroi ainsi que la ligne à marchandises Linkebeek-Anvers Nord (via la ceinture Est de Bruxelles : Linkebeek-Schaerbeek Josaphat-Vilvorde).

Cela nécessite 25 automotrices doubles dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau 2. Leur équipement comporte des contacteurs à commande par arbre à cames (fig. 4). Fin 1954, chacune de ces automotrices avait déjà parcouru 545 000 km.

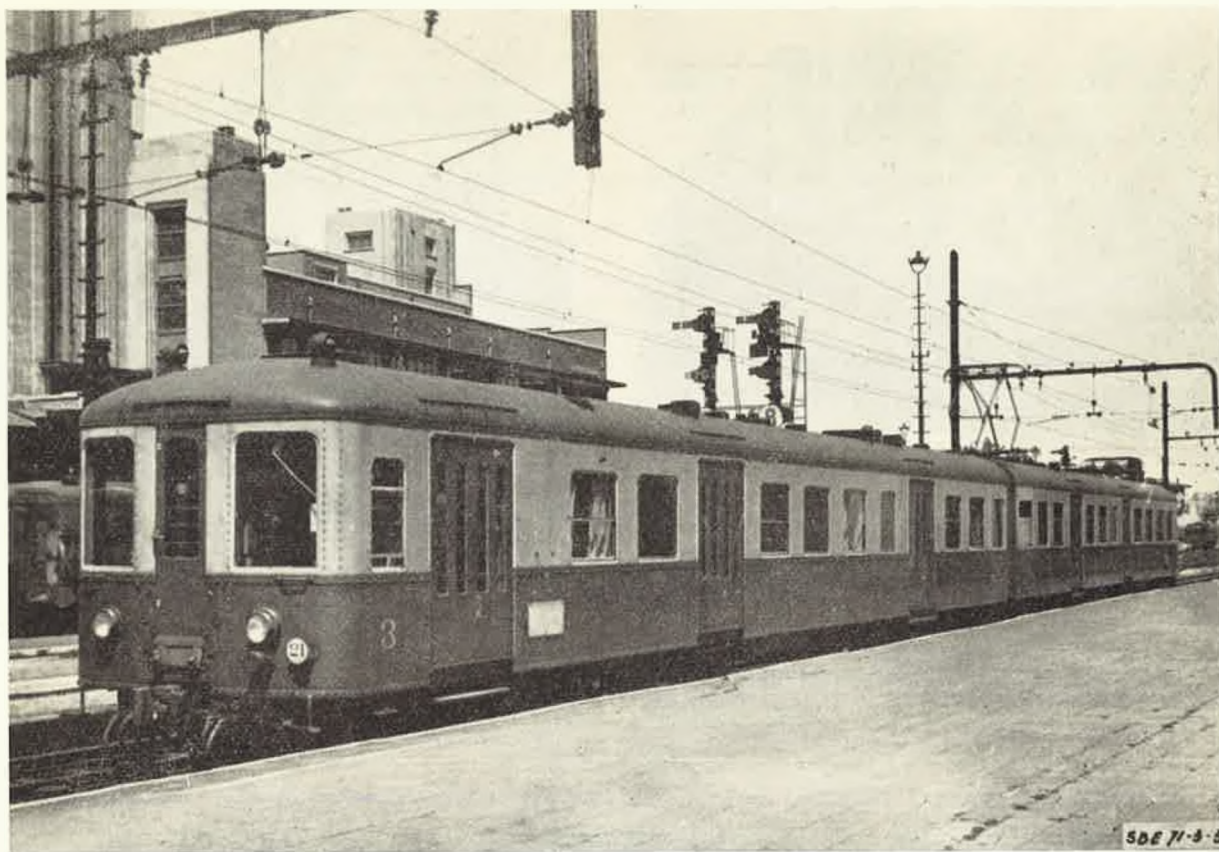


Fig. 3. — Automotrice double, prototype (1946).

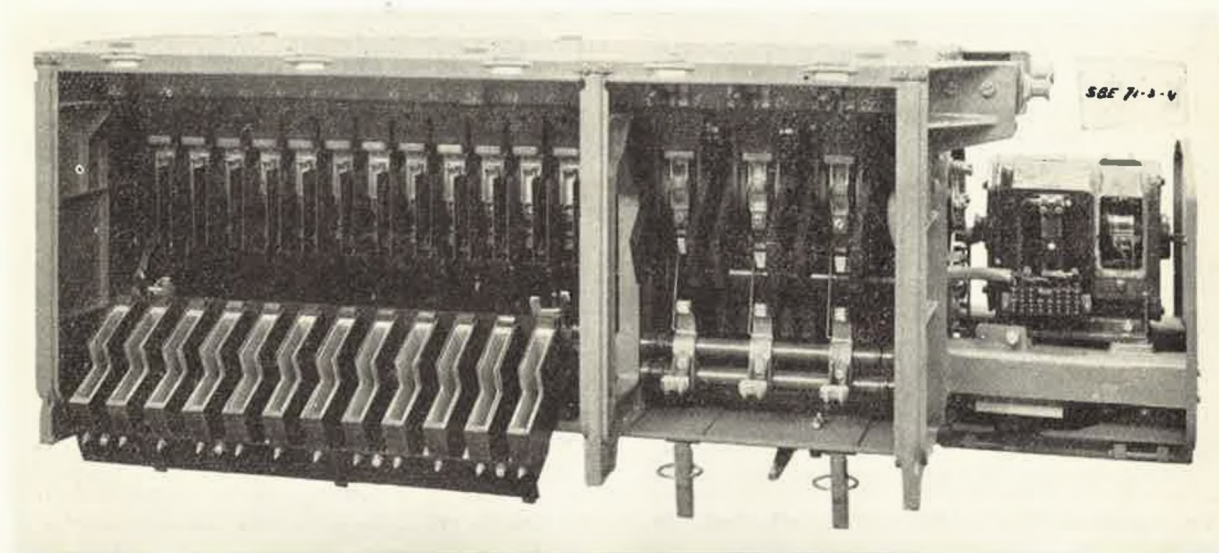


Fig. 4. — Coffre à contacteurs avec moteur d'entraînement de l'arbre à cames (automotrice type 1950).

La figure 5 représente les courbes de démarrage d'un moteur d'automotrice de ce type.

Tableau 2.

Longueur totale (m)	44,402
Tare (t)	93
Nombre de voyageurs :	
assis	170
debout	100
total	270
Poids en charge (t)	117
Poids adhérent en charge (t)	60,5
Puissance unihoraire (ch)	4 × 260
Puissance continue (ch)	4 × 210
Shuntage max des moteurs (%)	45
Nombre de crans, shuntage compris	21
Vitesse max. (km/h)	105

Cette électrification nécessite aussi l'acquisition de 26 locomotives BB (dont certaines seront utilisées également pour la remorque ou la pousse des trains à vapeur dans le tunnel de la Jonction Nord-Midi).

Ces locomotives appartiennent à trois types, présentant des caractéristiques mécaniques et électriques sensiblement différentes (voir tableau 3).

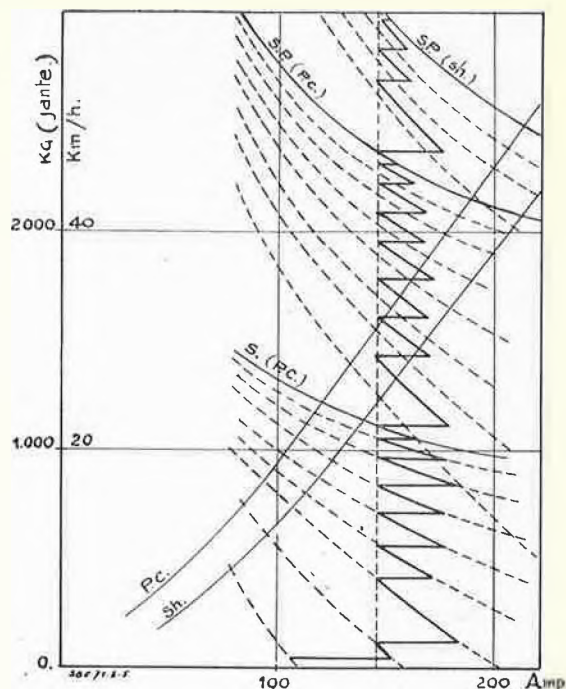


Fig. 5.

Tableau 3.

Numéro de série	101	120	121
Effectif	20	3	3
Vitesse max. (km/h)	100	125	130
Longueur totale (m)	12,890	17,180	16,300
Entre-axes des pivots de bogies (m)	6,000	8,500	8,000
Empattement bogie (m)	2,950	3,500	3,600
Puissance UH (ch)	2200	2700	2800
Puissance continue (ch)	1800	2200	2340
Diamètre roues (m)	1,350	1,262	1,350
Rapport engrenages	3,38	3,259	2,05
Equip. démarrage	cont. E.P	3 arbres à cames	3 arbres à cames
Crans série	21	27	31
Crans série-parallèle	18	24	29
Crans shuntage	4 + 4	2 + 4	4 + 4
Contacteurs de ligne	4	—	—
Contacteurs de résistances	14	33	28
Contacteurs de couplage	5	10	7
Contacteurs de shuntage	8	10	8

Les locomotives série 101 ont des moteurs suspendus par le nez, avec transmission bilatérale et engrenages élastiques; leurs bogies sont attelés (fig. 6).

Les locomotives série 120 ont des bogies libres avec moteurs suspendus par le nez et transmission unilatérale par engrenages rigides (fig. 7).

Les locomotives série 121 ont des bogies type SLM avec moteurs entièrement suspendus et transmission élastique à disques BBC.

Ces locomotives ont toutefois quelque chose de commun.

Ce sont toutes des BB, d'un poids de 80 t environ, et elles sont toutes mixtes, c'est-à-dire capables de



Fig. 6. — Locomotive BB, série 101.

remorquer aussi bien des trains de marchandises lourds, à 50 km/h, que des trains de voyageurs, à 100 ou 120 km/h.

Sur la figure 8 sont représentées les courbes caractéristiques en couplage SP (plein champ et shuntage maximum) de ces machines.

1951.

On met en service une deuxième automotrice prototype, dont la partie mécanique fut construite

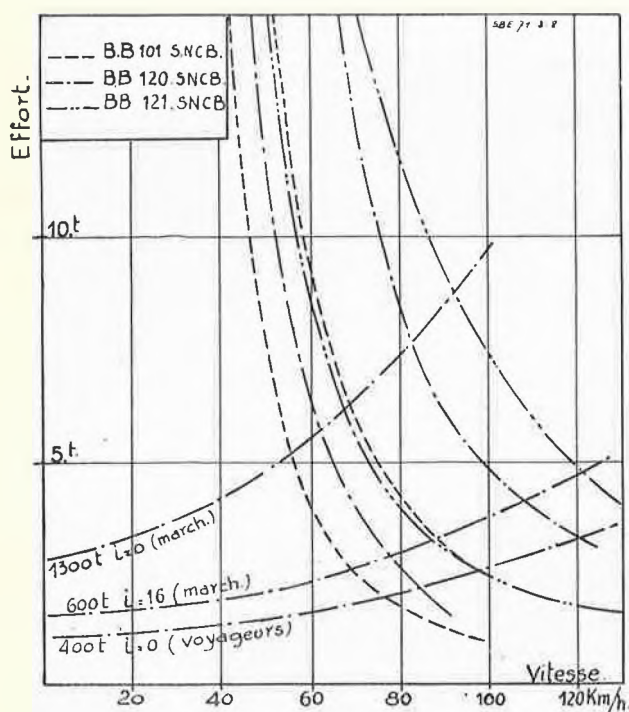


Fig. 8.

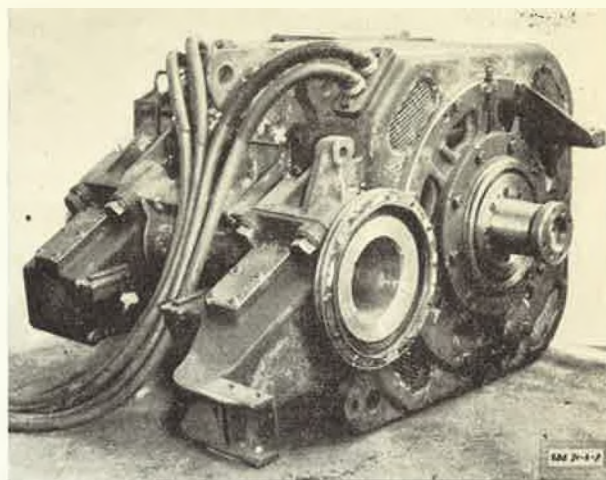


Fig. 7. — Moteur de traction d'une locomotive BB, série 120.

par les ateliers de la SNCB et qui répond aux caractéristiques indiquées au tableau 4.

Tableau 4.

Longueur totale (m)	45,780
Tare (t)	78
Nombre de voyageurs :	
assis	161
debout	—
total	161
Poids en charge (t)	93,5
Poids adhérent en charge (t)	48
Puissance unihoraire (ch)	4 × 265
Vitesse max. (km/h)	140

1954.

L'accroissement continu de la clientèle sur l'artère Anvers à Charleroi (via la Jonction Nord-Midi) exigea la mise en ligne, réalisée en 1954, de 15 automotrices doubles supplémentaires, construites d'après les plans du matériel 1950.

Cinq d'entre elles furent cependant munies d'un équipement de traction à contacteurs électropneumatiques.

Ainsi que vous le savez, c'est la même année que la traction électrique fut inaugurée sur Bruxelles-Gand d'abord, ensuite sur Gand-Ostende et Bruges-Blankenberge, et enfin, sur Alost-Bruxelles-Louvain.

En attendant la fourniture des automotrices nécessaires, on utilise exclusivement sur ces lignes des locomotives de la série 122 (fig. 9).

En fait, lors de sa conception et de sa construction, cette machine bénéficiait déjà de l'expérience acquise avec les locomotives des trois séries précédentes.

C'est encore une BB mixte, ayant environ 20 t par essieu, pouvant circuler à 125 km/h, développant 2560 ch au régime unihoraire, équipée d'un système de démarrage automatique.



Fig. 9. — Locomotive BB, série 122.

Les 4 moteurs sont suspendus par le nez; la transmission est unilatérale et se fait par engrenages élastiques.

Les bogies sont du type SLM (Winterthur); leur châssis est constitué de caissons soudés; les boîtes d'essieux ont des paliers à rouleaux et sont guidées par des tiges cylindriques qu'entourent les ressorts de suspension. Ces bogies sont connectés entre eux par un système de liaison à rappel transversal.

Le châssis de caisse est constitué également de caissons soudés, surmonté d'un faux-châssis qui contient le câblage et les tuyauteries pneumatiques; la toiture est munie de trappes enlevables pour permettre le retrait de l'appareillage (fig. 10).

L'équipement électrique comprend les organes classiques (pantographes, disjoncteur ultra-rapide, etc.) et les auxiliaires habituels (2 groupes compresseurs de 1500 l/min., deux groupes ventilateurs dont le débit total est de 6 m³/sec).

Le système de démarrage est concentré dans un bloc qui comprend notamment :

- 11 contacteurs de couplage et 22 contacteurs de résistances, commandés par un premier arbre à cames;

- 10 contacteurs de shuntage, commandés par un deuxième arbre à cames;

- les résistances de démarrage, constituées de rubans refroidis par 5 ventilateurs (débit total

16 m³ sec) branchés sur un talon « côté terre » de la résistance;

- les inverseurs, les éliminateurs de moteurs, des relais (de commande, de contrôle et de protection).

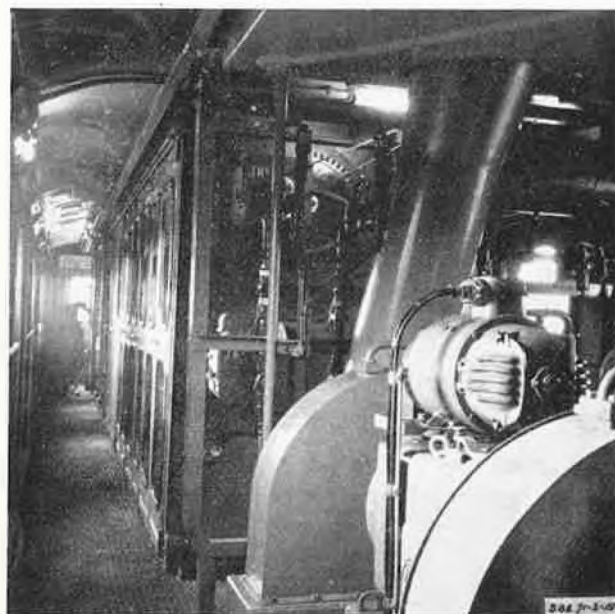


Fig. 10. — Compartiment d'appareillage d'une locomotive BB, série 122 (groupe moteur-ventilateur avec génératrice à l'avant-plan).

Les moteurs qui sont identiques à ceux des locomotives de la série 120, répondent aux caractéristiques ci-dessous (nouvelles normes C.E.I.) :

— Régime unihoraire : 640 ch. — 665 tr/min (à plein champ) — 50,5 km/h (roues neuves).

— Régime continu : 590 ch. — 685 tr/min (8 % de shuntage) — 52 km/h (roues neuves).

Ils n'ont pas d'enroulements de compensation et peuvent être shuntés à 72 % max.

La figure 11 qui représente les efforts moteurs de la machine, ainsi que les efforts résistants de différentes catégories de trains, en palier et en rampe, montre bien qu'il s'agit d'une machine mixte.

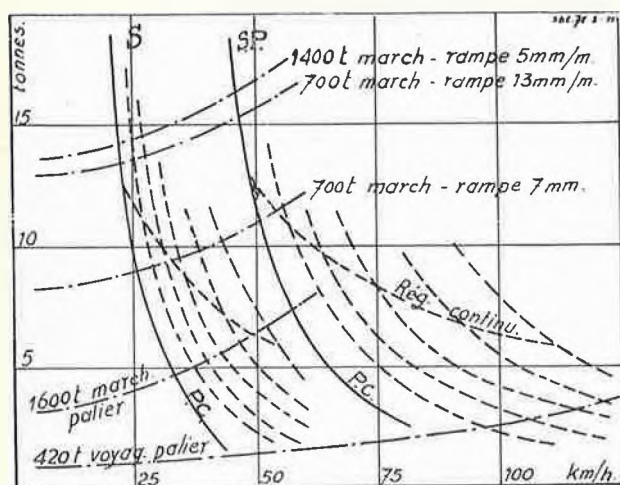


Fig. 11.

Au cours d'essais effectués entre Bruxelles et Ostende, la vitesse de 140 km/h a été dépassée pendant la plus grande partie du parcours.

Par rapport à leurs ancêtres (locomotives série 120), les équipements de démarrage des 122 présentent les différences indiquées au tableau 5.

Dans une assemblée d'électriciens, il n'est sans doute pas besoin d'insister sur l'avantage que présente la suppression de 12 relais sur 30.

Cette réduction résulte surtout du fait que la suppression d'un arbre à cames a permis l'élimination des commandes et des verrouillages correspondants.

Leur nombre reste encore relativement important à cause du système de démarrage automatique : le conducteur choisit le couplage final, règle l'effort de reprise, et les relais font le reste !

En cours de démarrage, le conducteur peut modifier le réglage du courant de reprise (donc de l'effort moyen de démarrage).

La régression de l'équipement de démarrage peut se faire soit sans changement de couplage, soit avec changement du couplage des moteurs, avec ou sans

changement du degré de shuntage. Ce n'est pas encore un robot, ni un renard électronique doué de mémoire, mais on est en bonne voie.

Tableau 5.

	120	122
Fonctions des arbres à cames		
1	couplage	couplage et résistances shuntage
2	résistances shuntage	—
3	—	—
Contacteurs :		
couplage	10	11
résistances	33	22
shuntage	10	10
Crans plein champ :		
série	27	21
série parall.	24	19
Crans shuntage :		
série	2	2
série-parall.	4	4
Relais de protection	4	6
Relais de commande, asservissement et contrôle	26	12

1955.

L'électrification des lignes reliant Bruxelles au Littoral, à Liège et à Arlon, l'électrification de Malines-Louvain-Ottignies et Charleroi-Namur, exigera également la mise en service progressive de 101 automotrices 120 km/h et 38 automotrices 140 km/h.

Elles seront toutes du type à 2 voitures, et leurs équipements électriques seront identiques (sauf le rapport d'engrenages et la « division » de la résistance).

Ce matériel est actuellement en construction. A cette occasion, la S.N.C.B. a obtenu des constructeurs un allègement sensible du matériel électrique, ainsi que l'application d'un moteur plus léger, plus rapide et moins encombrant.

L'intérêt de cet allègement apparaît dans la figure 12 (le poids de l'automotrice double est porté en abscisses).

Les caractéristiques de ce moteur sont indiquées au tableau 6.

Tableau 6.

		Moteur ancien (1935)	Moteur nouveau (1954)
Régime unihoraire.			
Courant induit	A	135	132
inducteur	A	108	106
Vitesse	tr/min	880	1300
Régime continu.			
Courant induit	A	122	111
inducteur	A	98	89
Vitesse	tr/min	925	1400

Il suffit d'électrifier Anvers-Rosendaal pour assurer la liaison de ces réseaux.

Le schéma H.T. qui sera adopté pour les automotrices bi-courant comporte en principe deux équipements simplifiés à deux moteurs 1500 V, les équipements étant mis en série sous 1500 V et en parallèle sous 3000 V.

Ici aussi la difficulté la plus grande se trouve dans le schéma basse tension, du fait d'une condition supplémentaire : permettre l'accouplement de ces automotrices spécialisées au matériel actuel des

C.F. Néerlandais afin de réaliser la commande en unités multiples.

Je n'ai pu, faute de temps, vous parler de détails intéressants tels que l'éclairage par tubes fluorescents des automotrices, le chauffage électrique, les systèmes d'antipatinage à mettre en œuvre pour le démarrage des trains lourds, etc.

J'espère cependant avoir pu faire apparaître les principes qui sont à la base du matériel électrique nouveau de la SNCB (moteurs suspendus par le nez, contacteurs à commande par arbre à cames).

IV. - Installations de signalisation et de télécommunications

par Edgard DEGREGZ,
Ingénieur principal à la S.N.C.B.

ID. 656.253 + 656.254 (493)



M. E. DEGREGZ a conquis les diplômes d'I.C.E. et I.C.M. à l'Université de Liège.

Entré en 1934 au Service de l'Exploitation, il s'y est occupé principalement des problèmes d'organisation.

Passé en 1946 à la Direction de l'Electricité et de la Signalisation, il y a été nommé ingénieur principal en 1948 à la Division « Signalisation Electrique ».

L'électrification du réseau ferré a provoqué l'extension de la signalisation lumineuse. Celle-ci, grâce à sa simplicité s'est pliée à toutes les modalités d'exploitation et son emploi s'est montré à la fois, souple, sûr et économique.

L'électrification a en outre introduit des risques nouveaux, risques dus à l'utilisation des rails comme conducteurs pour le courant de traction, et risques dus au voisinage d'une ligne à 3.000 V susceptible d'entrer accidentellement en contact avec l'appareillage extérieur. Il a fallu compléter ou modifier les dispositifs classiques de signalisation.

Les télécommunications ont elles aussi été l'objet de travaux importants, tant en raison des besoins nouveaux introduits par l'électrification que pour tenir compte de la présence de la caténaire au-dessus des voies.

A. SIGNALISATION.

L'électrification s'étend progressivement sur les lignes principales du réseau belge, marquant son emprise par les poteaux et portiques qu'elle dresse le long des voies.

Nouveaux venus sur le terrain, poteaux et portiques introduisent des sujétions supplémentaires qui s'ajoutent aux remaniements importants des voies dans les gares pour provoquer une transformation complète des installations.

I. SIGNAUX.

1. Principes.

Pour s'adapter à la situation nouvelle, la signalisation a dû renoncer, en beaucoup d'endroits, à

De electrificatie van het spoornet heeft een uitbreiding veroorzaakt van de lichtseininrichting. Dank zij haar eenvoud, heeft ze zich laten aanpassen aan alle exploitatievereisten; het aanwenden ervan is tegelijk soepel, zeker en economisch gebleken.

De electrificatie heeft daarenboven nieuwe risico's geschapen te wijten enerzijds aan het gebruik der rails als terugvoergeleiders van de tractiestroom, anderzijds aan de nabijheid van een lijn onder 3000 V die accidenteel kan in contact komen met de buiteninstallaties van de seindienst. Hiervoor moesten de klassieke schikkingen van de seininrichting gewijzigd of vervolledigd worden.

Aan de televerbindingen werden eveneens belangrijke wijzigingen uitgevoerd zowel om aan de nieuwe behoeften voortkomend uit de electrificatie te voldoen als om rekening te houden met de aanwezigheid der bovenleidingen.

la forme classique comportant une aile mobile au sommet d'un mât élevé. Elle y a substitué le signal lumineux de jour et de nuit comportant un certain nombre de feux de couleur, qui s'adapte beaucoup mieux aux nouvelles nécessités.

La nouvelle signalisation a déjà fait l'objet de diverses publications (1). Il suffira d'en rappeler les traits essentiels. La forme la plus simple consiste en un panneau percé de deux ouvertures. Derrière

(1) Notamment dans le « Bulletin de l'Association Internationale du Congrès des Chemins de fer » de novembre 1948, où une analyse du nouveau système a été publiée par son promoteur M. DERIJCKERE, Directeur de l'Electricité et de la Signalisation à la S.N.C.B., ancien Président Général de la S.B.E.

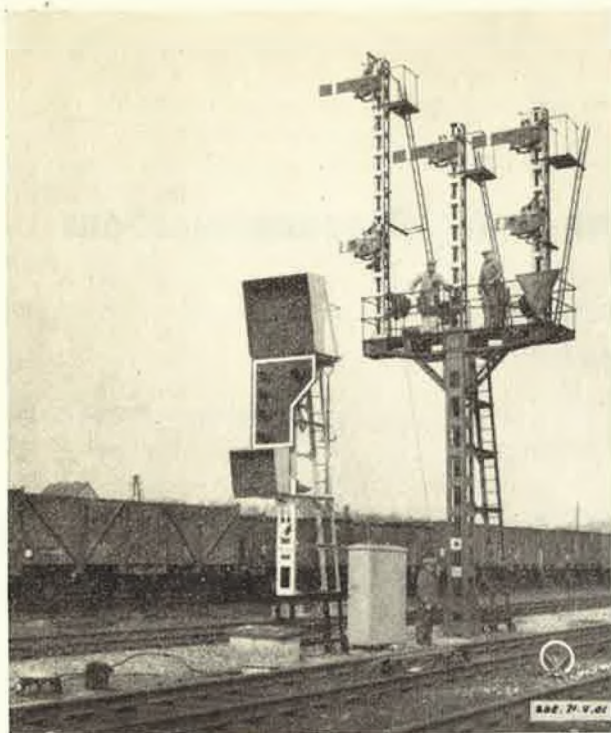


Fig. 1. — Substitution d'un signal lumineux à un signal mécanique.

ces ouvertures sont fixées les « unités lumineuses » donnant les feux de couleur nécessaires. Les formes plus complexes dérivent de la première par l'adjonction d'indications complémentaires. Ces indications complémentaires peuvent être, soit des feux de couleur analogues aux premiers (répétition des signaux suivants), soit des feux plus petits (œilleton de franchissement), soit des figures (flèches de direction et numéros de vitesse) composées de points lumineux de dimension réduite. L'utilisation judicieuse de ces éléments a fait de la nouvelle signalisation un système tout à la fois plus simple, plus complet, plus souple et souvent plus économique que ses prédécesseurs. Créée en vue et en fonction de l'électrification, elle en a largement débordé et ses avantages la font utiliser dans des installations de plus en plus nombreuses (fig. 1).

2. Unités lumineuses.

L'élément essentiel du système est l'unité lumineuse (fig. 2). En première approximation, on peut assimiler l'unité lumineuse à un projecteur à feu coloré. La fonction est en effet d'émettre un faisceau lumineux suffisamment intense pour être perçu à grande distance.

L'unité lumineuse s'écarte cependant de la solution classique du projecteur en ce qu'elle ne comporte pas de réflecteur. L'utilisation de ce dispositif doit être écartée en raison du danger des « feux fantômes », impression d'éclairement du signal lumineux provenant de la lumière réfléchie passant à travers le filtre coloré. La concentration du faisceau lumineux est donc uniquement obtenue au moyen d'un « objectif » composé de lentilles. Pour réaliser la courte distance focale nécessaire au bon rendement géométrique, c'est-à-dire à l'utilisation maximum du flux émis par la lampe, tout en évi-

tant les lentilles trop épaisses qui affaibliraient fortement et d'une manière inégale le flux transmis, on a recours à une optique formée de deux lentilles à gradins.

Les deux lentilles, toutes deux au diamètre de 160 mm, sont scellées l'une sur l'autre, enfermant entre elles un espace hermétiquement clos. Les gradins sont du côté intérieur de cette chambre hermétique, ce qui les met à l'abri du salissement. Les surfaces extérieures lisses sont seules exposées et se nettoient facilement.

La coloration du feu peut être obtenue de deux manières : soit en utilisant une lentille colorée dans la masse, soit en ajoutant à deux lentilles claires un filtre coloré. Cette dernière solution, qui s'est avérée la plus économique, est actuellement utilisée. La réduction de rendement qui en résulte est pratiquement sans importance. Dans les deux solutions, l'élément de couleur est toujours l'élément le plus rapproché de la lampe. De la sorte, la lumière extérieure se réfléchit d'abord sur des surfaces claires, ce qui réduit le risque de feu fantôme.

Le système optique ainsi constitué forme la face avant d'un boîtier dont la face arrière est munie d'une porte.

Une visière assez longue complète ce boîtier. Elle assure une protection complémentaire contre le danger des feux fantômes et améliore la visibilité du feu en créant une plage d'ombre sur laquelle celui-ci se détache.

A l'intérieur du boîtier se trouve le support de lampe dont la position est soigneusement réglée en usine pour amener le filament exactement au foyer de l'optique. Le culot de la lampe est muni de quatre ergots, dont un de repérage, pour empêcher toute erreur de placement.

3. Divergence.

L'importance de ce réglage résulte de la concentration de la lumière émise par l'unité lumineuse en un faisceau très étroit.

Pourquoi cette concentration est-elle nécessaire?

Par raison d'économie d'abord : il est désirable que le signal lumineux consomme aussi peu d'énergie que possible. Non pas que cette consommation

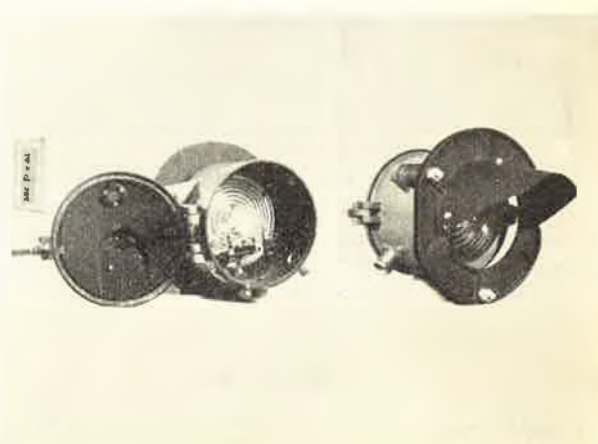


Fig. 2. — Unité lumineuse face avant - face arrière avec boîtier ouvert.

représente en soi une dépense élevée : il s'agit tout au plus de quelques dizaines de watts par signal. Mais cette puissance doit être amenée à des points répartis tout au long d'une ligne et les dépenses d'établissement croissent rapidement avec la puissance à transporter.

Par raison d'utilité ensuite; s'il faut qu'un signal soit parfaitement visible sur une certaine distance de la voie à laquelle il s'adresse, il vaut mieux que son éclat soit, sinon nul, tout au moins fortement réduit sur les voies voisines auxquelles il ne s'adresse pas. Les possibilités de confusion s'en trouvent amoindries.

Au point de vue de la répartition de la lumière émise, l'unité lumineuse est caractérisée par sa « divergence ».

Théoriquement, et par convention, la divergence est définie par un angle tel que l'intensité lumineuse mesurée sur un des côtés de cet angle, rapporté à la lampe comme sommet et à l'axe optique comme bissectrice, soit égale à la moitié de l'intensité mesurée sur l'axe.

Pratiquement, c'est l'angle en dehors duquel la visibilité de l'unité lumineuse devient insuffisante.

La divergence dans le plan vertical diffère de la divergence dans le plan horizontal.

Elles répondent en effet l'une et l'autre à des problèmes distincts.

La *divergence « verticale »* a pour objet d'assurer la visibilité continue de tous les feux d'un signal, malgré les différences de hauteur des divers feux et malgré les variations de la différence de niveau entre l'œil du mécanicien et le feu observé. Cette différence dépend d'une part de la hauteur propre du signal et, d'autre part, du véhicule où se trouve l'observateur, sans même parler de la taille de ce dernier.

La valeur choisie : 1° 30, soit 0° 45 de part et d'autre de l'axe optique donne au faisceau une hauteur de :

- 7,80 m à 300 m;
- 5,20 m à 200 m;
- 2,60 m à 100 m.

Pour l'observation au pied du signal, un déflecteur à prismes faisant corps avec la lentille extérieure, rabat un pinceau de rayons vers la voie.

La *divergence « horizontale »* est destinée à assurer la perception continue du feu, malgré les courbes éventuelles de la voie, depuis au moins 300 m en amont du signal. Cette exigence est plus ou moins contradictoire avec le souci d'atténuer l'éclat du feu en dehors de sa zone d'action. La solution est donc nécessairement un compromis. Trois types d'unité ont été créés, possédant chacun une divergence « horizontale » caractéristique.

Le choix est déterminé par la courbure de la voie en amont du signal. Le tableau ci-après donne les angles de divergence en fonction du rayon de la courbe.

Angle de divergence	Rayon de la courbe
4 degrés	de l'infini à 2 200 m
10 degrés	de 2 200 à 900 m
20 degrés	de 900 à 440 m

4. Réglage.

Les divergences ainsi réalisées avec des tolérances étroites exigent bien entendu, que les unités lumineuses soient orientées avec précision. Ceci pose un double problème : celui d'une fixation permettant un réglage fin et celui de la recherche de la position optimum.

Le système de fixation utilisé est une fixation en trois points par boulons et écrous avec interposition de ressort. Le panneau sur lequel les unités sont fixées est grossièrement orienté au moment de l'implantation du signal. On procède ensuite à l'orientation définitive individuelle en agissant sur les écrous.

Pour la recherche de la position optimum, diverses méthodes ont été essayées. Toutes partent de la détermination sur le terrain d'un point par où doit passer l'axe optique.

Le point choisi est celui où l'axe optique recoupe la voie. La distance par rapport au signal dépend du rayon de courbure de la voie et de la divergence de l'unité lumineuse. Un abaque simple permet aux agents de déterminer rapidement cette distance.

Dans une première méthode, un agent se plaçait au point ainsi déterminé et observait le feu. Un autre agent, monté sur le signal, réglait l'orientation de l'unité lumineuse sur les indications du premier. A l'épreuve, cette méthode a fourni des résultats peu satisfaisants. Elle a été abandonnée au bénéfice d'un procédé mettant en jeu la visée directe d'une mire placée à l'endroit voulu et observée dans une lunette d'axe parallèle à celui de l'unité lumineuse. Cette lunette n'est d'ailleurs qu'un tube rectiligne muni d'un réticule et d'un oculaire rudimentaires. Elle prend place, pendant le réglage, dans un support venu de fonte avec l'unité lumineuse et usiné avec précision.

Une méthode théoriquement séduisante eut été de remplacer dans l'unité la lampe par un écran et de régler sur celui-ci la position de l'image d'un objet lumineux placée au point voulu. En pratique, il s'est révélé impossible de réaliser la mire lumineuse dans des conditions acceptables le long des lignes.

5. Couleur.

Un autre élément primordial du système optique est la *couleur* du feu. La signification de l'aspect présenté par le signal est liée à la couleur du ou des feux allumés; il s'ensuit évidemment qu'aucun risque de confusion ne peut être accepté.

Les teintes choisies (rouge, jaune-orange, vert) ont été définies dans d'étroites limites en coordonnées trichromatiques (système CIE).

Pour le rouge et le jaune, la réalisation des teintes imposées ne pose aucun problème. La source utilisée est en effet riche en rayonnement de grande longueur d'onde (rouge et jaune) et l'œil humain présente son maximum de sensibilité dans la zone de la teinte orange.

Les écrans utilisés sont des verres plans colorés dans la masse de 2 à 4 mm d'épaisseur.

Pour la couleur verte, au contraire, la pauvreté de la source en rayonnement adéquat et la faible sensibilité de l'œil dans le domaine admis rendent le problème plus difficile. Les écrans en verre co-

loré utilisés jusqu'ici offrent un facteur de transmission assez faible et l'éclat du feu vert paraît nettement inférieur à celui du feu rouge ou du feu jaune. Il n'est pas insuffisant en soi, mais cette différence d'éclat est gênante quand feu vert et feu jaune sont présentés simultanément. Depuis peu de temps, des écrans en résine synthétique ont été mis en service. Ces résines, tout en permettant de fixer la coloration avec plus de précision, possèdent une meilleure transparence que les écrans de verre coloré. Les feux verts ainsi réalisés ont un éclat comparable à celui des autres couleurs. La tenue en service des nouveaux écrans est satisfaisante jusqu'ici. Après environ deux ans de service, ils ne présentent encore aucune trace d'altération.

En fait, la couleur du feu dépend à la fois du filtre et de la répartition spectrale de l'énergie lumineuse émise par la source. Pour s'assurer qu'un écran est satisfaisant, il faudrait donc l'associer à une source convenable et déterminer les coordonnées trichromatiques de la couleur résultante. Une telle détermination est sans doute possible, mais elle est trop onéreuse pour qu'on puisse envisager d'y soumettre systématiquement tous les écrans utilisés. En pratique, celle-ci est réservée à la sélection d'échantillons limites. Après cela un examen visuel direct permet de vérifier rapidement si l'écran examiné se situe à l'intérieur des limites ainsi matérialisées.

6. Source lumineuse.

La source utilisée est une lampe à incandescence à filament de tungstène et à remplissage gazeux.

La nécessité d'obtenir un faisceau fortement concentré impose l'utilisation d'une source quasi ponctuelle, c'est-à-dire un filament court.

En fait, la lampe normale est équipée d'un filament rectiligne d'environ 6 mm de long, absorbant 2 A, sous une tension de l'ordre de 7 à 8 V.

La pratique des lampes à filament de secours a été abandonnée. Il est en effet apparu à l'expérience que ce filament de secours ne survivait guère au filament normal. Tout l'effort s'est porté sur l'obtention d'un matériel de haute qualité, sélectionné par des conditions de réception particulièrement sévères. La durée normale d'utilisation a été par ailleurs fixée de manière à ménager une marge de sécurité importante. S'il arrive malgré tout qu'une lampe ne fonctionne plus, le mécanicien qui doit s'arrêter devant le signal éteint en est prévenu dès le passage au signal avertisseur.

Eu égard au système optique utilisé, il faut que le filament occupe une position définie avec précision. Pour arriver à ce résultat, la lampe est munie d'un culot type bayonnette comportant trois ergots de fixation et un ergot de repérage. La position du filament dans la lampe est fixée par rapport à ces ergots avec des tolérances de l'ordre de 0,2 mm.

D'autre part, la position de la douille dans l'unité lumineuse est réglée au banc optique avant la fixation définitive.

7. Indications complémentaires.

Les indications complémentaires de direction ou de vitesse sont données au moyen de figures formées de points lumineux. Ceux-ci sont constitués

par un boîtier cylindrique muni d'une lentille épaisse. A l'intérieur se loge une lampe de 24 V, 5 W.

8. Commande.

Le signal lumineux, tel qu'il vient d'être décrit, ne comporte donc que des lampes qu'il suffit d'allumer et d'éteindre selon un code convenu pour lui faire donner toutes les indications voulues. C'est là une propriété qui lui confère une supériorité de plus sur le signal mécanique, doté d'organes mobiles, lourds, coûteux et délicats.

a) commande directe.

L'idée qui vient naturellement à l'esprit quand on envisage la commande du signal lumineux est de relier chaque feu (ou chaque groupe de feux pour les indications complémentaires) à la cabine par une ligne propre. Cette idée fut mise en application dans les premières installations réalisées. La figure 3 donne le schéma d'une installation de ce genre. C'est un cas de complication moyenne : bifurcation à deux directions avec vitesses différentes et répétition simple.

On trouve en cabine les éléments de commande du signal d'une part, et les éléments de contrôle de fonctionnement d'autre part. Ceux-ci sont constitués par des relais qu'alimentent des circuits revenant du signal et de son avertisseur.

Chaque feu (ou figure) est traité individuellement. Quelques retours sont cependant communs.

Au total, il faut 24 conducteurs distincts entre la cabine et le signal principal, 11 entre ce dernier et son avertisseur rien que pour la commande des feux et leur contrôle.

Remarquons en passant que tous les relais utilisés dans ces schémas doivent appartenir à la catégorie des relais dits « de sécurité », c'est-à-dire doivent présenter des garanties de fonctionnement impeccable, telles qu'on puisse y lier la sécurité sans que ce fonctionnement soit contrôlé à chaque cycle dans la chaîne des opérations où ils interviennent. Exception est faite simplement pour le relais G utilisé dans le contrôle des flèches de direction : cet élément est en effet considéré comme une indication, et non pas comme un ordre ou une interdiction.

On ne peut entrer ici dans la discussion des éléments constructifs qui font qu'un relais peut être considéré comme étant de sécurité. Mais que les conditions imposées soient onéreuses se passe de démonstration. Le relais de sécurité est donc un relais cher, dont les possibilités doivent être exploitées au maximum.

b) commande relayée - bloc automatique.

Un fait connexe à l'électrification allait, à cet égard, ouvrir une voie nouvelle.

L'augmentation du trafic qui accompagne l'électrification d'une ligne et qui est d'ailleurs un des objectifs poursuivis, entraîne à partir d'une certaine limite le recours au block automatique.

Ce mode d'exploitation est en effet celui qui donne à un tronçon de ligne sa capacité maximum. L'extension prise par la signalisation lumineuse a

d'ailleurs puissamment contribué à l'instauration du block automatique auquel cette signalisation s'adapte particulièrement bien.

Dans ce système, l'intervention du personnel est complètement éliminée dans les postes intermédiaires le long de la ligne.

On y substitue le jeu d'un relais tributaire d'un « circuit de voie », relais dont la position traduit l'occupation — ou la non occupation — d'une section comprise entre deux signaux successifs. L'ouverture du signal est donc uniquement commandée par l'attraction de ce relais, qui est logé dans une armoire proche du signal.

La simplicité du système, jointe à la qualité impeccable exigée du matériel, lui confère un fonctionnement d'une sécurité absolue, supérieure à certains égards à ce qu'on peut attendre de l'intervention d'un personnel, même choisi, dont les risques d'erreur croissent beaucoup plus vite que l'intensité du trafic.

Dans certains postes intermédiaires importants, il faut pouvoir de temps à autre garer un train lent pour laisser passer un train plus rapide. Il faut à ce moment interrompre le fonctionnement automatique des signaux et recourir à la commande manuelle. La combinaison des deux types de commande est sans doute possible, mais conduit à des montages compliqués.

Par ailleurs, même dans le système à commande directe, on ne peut éviter l'obligation de se confier au fonctionnement correct de certains relais. Ces deux éléments conduisent naturellement à adopter la commande relayée des signaux lumineux, même en cas de commande manuelle. Cette solution se substitua rapidement à la commande directe. La figure 4 montre l'application de ce système au cas déjà traité.

Remarquons d'abord que les contrôles ramenés en cabine ont pu être simplifiés. Ils se limitent exclusivement à la vérification de la présentation d'indications complètes et correctes par le signal et son avertisseur quand ceux-ci ordonnent l'arrêt.

Au total, on aboutit à une simplification importante et à une réduction très sensible du nombre de conducteurs nécessaires dans les câbles. Là où il y en avait 24 ou 11 il suffit de 8, voire même de 6 puisque la ligne d'alimentation (fils 7 et 8) est généralement justifiée également par d'autres raisons. L'économie ainsi réalisée est sensible.

Par surcroît, le nouveau système se combine mieux que l'ancien avec le block automatique auquel ses schémas de réalisation l'apparentent.

c) appareillage.

Quel que soit le système utilisé, un équipement plus ou moins considérable doit être installé à proximité du signal et protégé des intempéries. On utilise à cet effet des armoires métalliques, s'ouvrant sur trois côtés (fig. 5).

On y loge :

- l'arrivée des câbles (câbles multiples du type armé) venant de la cabine ou d'autres signaux;
- le départ des câbles (câbles multiples du type à isolement au caoutchouc) allant au signal;
- les sectionneurs et fusibles;

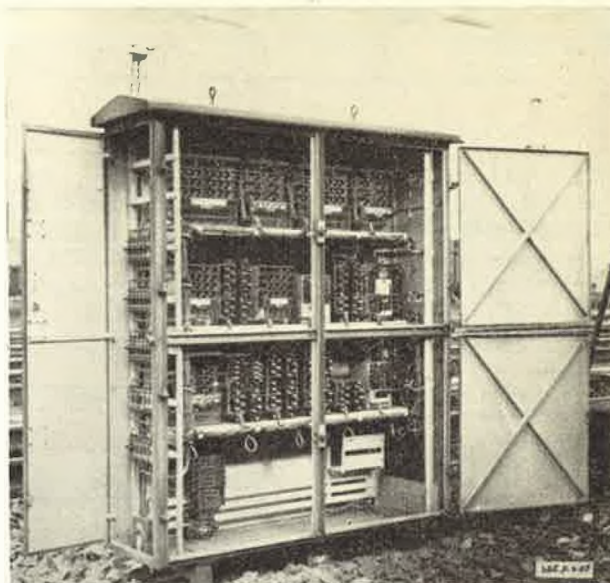


Fig. 5. — Armoire de signalisation.

— les relais, transfos et autres appareils éventuellement nécessaires.

Ces armoires sont fixées sur des pieds en béton qui leur donnent une bonne assise. Il en existe de trois grandeurs, utilisées selon les besoins.

9. Alimentation.

Le bon fonctionnement de la signalisation lumineuse est étroitement lié à la qualité de l'alimentation en courant. Le signal lumineux brûle en permanence. Tout signal accidentellement éteint doit être considéré comme étant à l'arrêt. C'est évidemment la seule règle compatible avec la sécurité. Mais il est clair que toutes les précautions doivent être prises pour éviter une panne, fut-elle de courte durée.

En pratique, on recourt à deux alimentations réellement distinctes, avec commutation rapide. Ces deux alimentations peuvent être deux réseaux réellement distincts, un réseau et un groupe thermique à mise en marche automatique, ou toute autre combinaison représentant le même degré de sécurité.

Les installations alimentées sont, soit les cabines de signalisation, soit les signaux ou groupes de signaux dans la voie (block automatique, commande relayée). Dans ce dernier cas, l'appareillage d'alimentation est lui aussi logé dans une armoire spéciale (fig. 6). Cette armoire est divisée en trois compartiments : un pour chacune des arrivées H.T. avec le transformateur correspondant, et le dernier pour l'appareillage B.T. et les dispositifs de commutation.

II. DISPOSITIFS DE MANŒUVRE ET DE SECURITE.

La présence d'une ligne à haute tension au-dessus des voies et l'utilisation des rails pour le retour du courant de traction modifient profondément les conditions dans lesquelles doivent fonctionner les dispositifs de manœuvre et de sécurité.

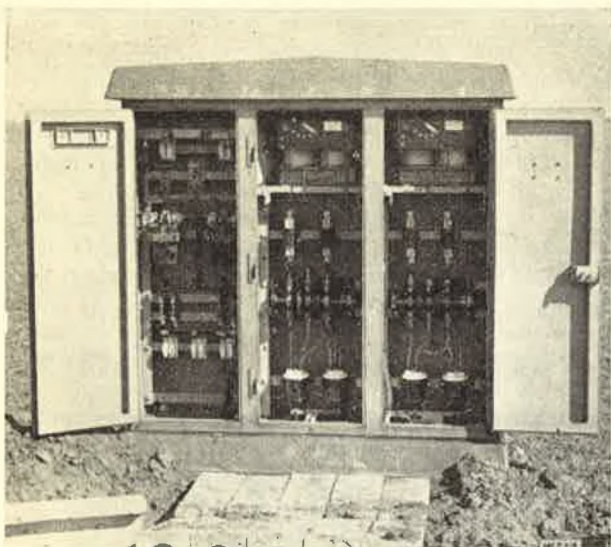


Fig. 6. — Armoire d'alimentation.

Les incidents qui peuvent survenir au voisinage d'une ligne électrifiée trouvent leur origine en deux faits distincts.

1. Risques dus au courant de retour.

L'un est un fait permanent normal. Le courant de retour qui passe en principe par les rails, y fait apparaître un régime de potentiel qui se prolonge dans le sol à la faveur des nombreux contacts inévitables. Les installations voisines se trouvent de ce fait soumises à des différences de potentiel non négligeables qui peuvent les détériorer ou compromettre leur fonctionnement.

A priori, il y a intérêt à réduire au minimum ces sollicitations électriques inopportunes et pour cela, à faire de la voie un conducteur de retour idéal, de faible résistance et de haut isolement.

La voie se présente sous forme de barres d'acier jointes les unes à la suite des autres par des éclisses métalliques qui assurent la continuité mécanique du chemin de roulement.

On ne peut compter sur ces mêmes éclisses pour réaliser à coup sûr la continuité électrique d'une manière convenable. Elles sont dès lors shuntées par des connexions spéciales. Ces connexions « longitudinales » sont constituées d'un double câble de cuivre, à brins multiples, offrant au courant une section totale de passage de 100 mm². Les connexions sont soudées de part et d'autre du joint au bourrelet du rail.

Chaque file de rail devient ainsi une ligne continue. On améliore encore le dispositif en répartissant le courant de retour entre les files parallèles — il y en a toujours au moins quatre — au moyen de « connexions transversales ». Celles-ci sont des bouts de câble en cuivre de 100 mm² de section, coincés dans l'âme du rail. Les deux files de rail d'une même voie sont ainsi réunies tous les 125 m environ. Les rails intérieurs de deux voies voisines sont à leur tour connectés tous les 250 m environ.

Après avoir ainsi amélioré la conductance du circuit de retour, il faut aussi en améliorer l'isolement par rapport au sol. Dans ce but, les rails des voies électrifiées doivent être isolés des rails des

autres voies qu'ils croisent ou rencontrent. Cet isolement est réalisé au moyen d'éclisses isolantes qui empêchent le courant de retour de s'échapper dans le sol par le réseau des voies non électrifiées. Ces éclisses isolantes se placent naturellement dans les voies non électrifiées.

Le type le plus récent est réalisé en bois lamellé, imprégné de résines synthétiques et densifié par compression. Un intercalaire glissé entre les bouts des rails contigus, complète l'isolement du joint.

Tout cela étant fait, on peut se demander dans quelle mesure le résultat recherché a été atteint.

Les mesures faites dans les installations en service sont à cet égard décevantes. On constate dans certains cas que 90 % du courant qui rentre à la sous-station ne passe pas dans les rails sur certaines sections de la ligne. Il faut attribuer ce fait à ce que, comme on le verra plus loin, des raisons de sécurité obligent à raccorder au rail les pièces métalliques voisines de la voie : poteaux de support de la caténaire, mâts de signaux et autres. Ces pièces sont toutes plus ou moins à la terre, et l'ensemble, conjugué avec les défauts d'isolement inévitables de la voie elle-même constitue finalement une assez franche mise à la terre.

Pour obvier à cet inconvénient, un câble de terre a été tiré le long de la ligne dans les installations les plus récentes. On y raccorde les pièces métalliques situées le long de la voie plutôt que de les relier au rail. L'isolement de ce dernier est ainsi amélioré.

2. Risques dus au voisinage de la haute tension.

L'autre cause d'incidents est accidentelle. Cependant, si exceptionnelle qu'elle soit, il faut en tenir compte en raison de la gravité des suites possibles. Il s'agit du contact avec la caténaire entraînant la mise sous tension à 3 000 V. Danger mortel pour le personnel et les usagers, destruction rapide et mise hors service des installations, il est inutile d'en préciser davantage les conséquences.

Une double série de mesures sont appliquées pour parer à ce danger. La première a pour objet de mettre hors tension le plus rapidement possible, de manière à limiter le danger dans le temps. Pour cela, on raccorde au rail (ou au câble de terre) toutes les pièces métalliques de quelque importance proches de la voie. On provoque ainsi le fonctionnement des disjoncteurs ultra-rapides en sous-station au moment du court-circuit.

La seconde a pour objet de protéger contre l'arrivée de la haute tension tout ce qui n'est pas directement menacé par le contact accidentel avec la caténaire, de manière à limiter le danger dans l'espace. Il importe en particulier d'assurer cette protection aux appareils contenus dans les cabines de signalisation.

Une tension accidentelle peut être ramenée à l'intérieur d'une cabine soit par les câbles, soit par les connexions mécaniques qui la relient à l'extérieur. Pour l'éviter :

- 1° les armatures et gaines de plomb des câbles de signalisation doivent être isolées des rails et par conséquent des appareils de signalisation qui sont reliés au rail.

Les câbles sont posés dans des caniveaux placés le plus loin possible des voies électriques et dans des endroits secs. Le nombre de traversées de voie est réduit au minimum. A leur arrivée en cabine, les câbles aboutissent à des boîtes terminales fixées sur un support isolant. Ils sont éventuellement raccordés au dispositif assurant la protection contre la corrosion électrolytique par les courants vagabonds.

En campagne, les armatures et le plomb des câbles sont également isolés de tout ce qui est raccordé à la voie. Quand le câble pénètre dans une armoire d'appareillage, on utilise le même procédé qu'en cabine : fixation de la tête de câble sur un support isolant. Quand le câble aboutit à un appareil trop petit pour que cette méthode puisse être appliquée, on le raccorde d'abord à une boîte de dérivation (2) (qui n'est pas électriquement reliée au rail). De là, un câble sans armature métallique (câble sous caoutchouc extra-nerveux) continue jusqu'à l'appareil à commander.

Les boîtes de dérivation qui sont normalement nécessaires en raison de la ramification des circuits sont toutes désignées pour cette utilisation. Le câble au caoutchouc extra-nerveux réalise la frontière isolante recherchée.

2° les connexions mécaniques (fils ou tringles) sont elles aussi munies d'un élément isolant avant leur entrée en cabine.

3. Adaptation des installations.

Indépendamment de ces mesures générales, des adaptations particulières ont dû être apportées aux dispositifs susceptibles d'être influencés par les causes signalées. Les plus caractéristiques font l'objet des paragraphes suivants :

a) *commande électrique des aiguillages.*

Rappelons d'abord brièvement le système en usage sur le réseau (fig. 7).

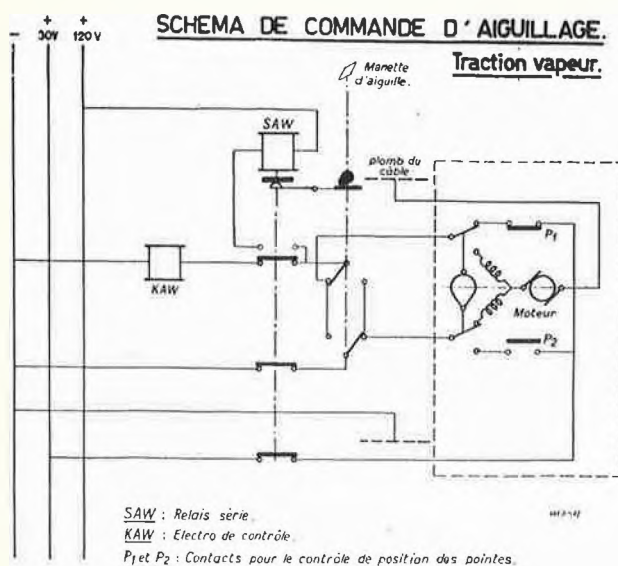


Fig. 7.

(2) Les boîtes de dérivation sont de trop petites dimensions pour qu'il y ait un risque réel de contact prolongé avec la caténaire. Elles ne sont pas raccordées électriquement au rail.

En situation de repos le courant de contrôle (30 V) part de la cabine par un conducteur pris dans un câble multiple, passe en campagne par les contacts de détection manœuvrés par les aiguilles de l'appareil commandé, par les contacts de commutation manœuvrés par le moteur lui-même, rentre en cabine par un des deux conducteurs du câble affecté à l'aiguillage considéré. En cabine, il passe par les contacts de commutation de la manette, un contact bas du relais série pour arriver finalement à l'électro de contrôle. On obtient ainsi un double contrôle : celui de la position correcte des aiguilles, celui de la concordance entre la position de l'aiguillage et celle de la manette.

En tournant la manette de commande, on soulève mécaniquement — pendant la course de la manette seulement — l'armature du relais-série. En position haute, ce relais

a) coupe le circuit de contrôle;

b) prépare le circuit de manœuvre,

ce dernier se complète quand la manette achève sa course (un accrochage mécanique temporaire maintient le relais-série en position haute le temps qu'il faut pour que le courant de manœuvre s'établisse). C'est alors le courant qui maintient l'armature du relais-série tant que dure le mouvement du moteur. Ce dernier coupe lui-même, en fin de course, le courant de manœuvre, tout en établissant le circuit de contrôle (3).

A ce moment la situation initiale est rétablie mais pour la position inverse de l'aiguillage.

Le retour du courant de manœuvre est assuré par l'armature et le plomb de câble (à la terre).

La sécurité de ce dispositif vient de ce que :

1° le contrôle rentre en cabine par le seul conducteur sous tension du câble propre à l'aiguillage — ce qui exclut les risques de faux contrôle par court-circuit;

2° l'induit du moteur et l'inducteur « utile » font partie d'une boucle qui part de la terre par un fil du câble et y retourne par le plomb du câble. Tout contact avec un autre conducteur sous tension est donc sans danger.

Il n'en va plus de même dans des installations équipées pour la traction électrique. Celle-ci crée dans le sol un régime de potentiel tel qu'on peut craindre que le moteur se mette en mouvement sous l'effet d'un courant : plomb du câble (tensions de la terre-campagne) moteur, terre, cabine.

Il est vrai que la sécurité du personnel en cabine exige que l'armature et le plomb du câble soient isolés des installations intérieures. Il faut donc que le retour du courant se fasse par un conducteur isolé. Mais cette mesure n'est pas suffisante : en effet, un conducteur pourrait être mis accidentelle-

(3) Le processus exposé correspond au système dans lequel les aiguillages sont commandés par des manettes individuelles. Ces manettes n'existent plus dans les installations du type « Tout relais ». Le relais-série devient alors un relais à deux enroulements : un enroulement d'excitation dont l'action remplace celle de la manette, et un enroulement de maintien.

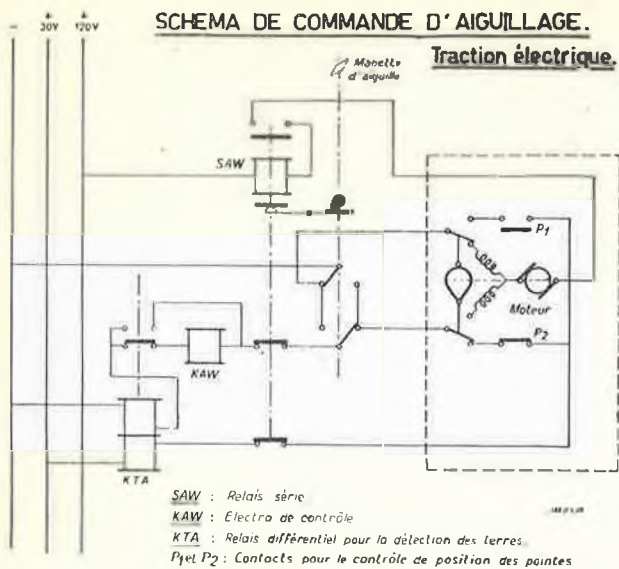


Fig. 8.

ment à la masse et y rester longtemps sans que rien le décèle. Dès lors, la mise sous tension accidentelle par l'effet de courants de retour de traction pourrait provoquer soit une manœuvre intempestive, soit un faux contrôle, deux incidents également dangereux.

La solution adoptée en dernier lieu pour y porter remède est basée sur la détection immédiate des terres accidentelles en campagne. Elle met en jeu un relais différentiel à deux enroulements qui s'excite dès que le déséquilibre entre les courants parcourant ces enroulements atteint ± 10 milliampères et coupe le contrôle de l'aiguillage intéressé (fig. 8).

Dès que la terre accidentelle en campagne atteint une valeur de l'ordre de 2 000 ohms, le relais différentiel fonctionne. Une mise sous tension accidentelle en campagne aurait le même effet.

Une autre solution est également utilisée : la commande par moteur à courant alternatif triphasé du type asynchrone. Cette solution est à première vue séduisante : elle écarte tout danger de manœuvre intempestive sous l'effet des courants vagabonds et met en œuvre un moteur simple, robuste bien connu. Mais elle a contre elle la caractéristique défavorable de ce moteur, même amélioré, et surtout le surcroît de dépense introduit par la multiplication des conducteurs nécessaires. Elle n'a en fait été retenue que pour les installations où les aiguillages manœuvrés électriquement sont très peu nombreux et où le coût supplémentaire du câblage est compensé par la simplification de l'alimentation due à l'absence du 120 V continu.

b) pédale électrique.

La pédale est le dispositif utilisé pour enregistrer le passage d'un train en un point. Ce dispositif ne doit agir qu'après le passage complet. Les fonctions sont diverses : mise à l'arrêt automatique des signaux, libération des itinéraires, etc...

La pédale met en jeu un engin particulier appelé contact de rail, dont la fonction est de fermer un contact au passage d'une roue. Le modèle d'usage courant utilise la flexion du rail entre les pattes

d'attache de l'appareil sous la charge de la roue. Cette flexion provoque l'enfoncement d'un plongeur qui agit sur un diaphragme en acier fermant une chambre étanche remplie de mercure. Ce mercure est refoulé dans une enceinte où il entre en contact avec une pointe isolée qu'il réunit ainsi électriquement à la masse de l'appareil. Après le passage de la roue, l'écoulement du mercure coupe le contact. On a ainsi réalisé un interrupteur normalement ouvert, qui se ferme au passage d'une charge. Une des bornes de cet interrupteur est mise au rail par le mercure et la masse de l'engin.

Un itinéraire ayant été préparé grâce au renversement de la manette d'itinéraire, le passage du premier essieu ferme ainsi un circuit (fig. 9) qui assure l'excitation d'un relais RPV.

Une fois excité, ce relais se maintient sur un de ses contacts aussi longtemps que la manette d'itinéraire reste en position renversée. L'enregistrement du passage du premier essieu est ainsi assuré par l'excitation du relais RPV.

Le contrôle de la libération de la pédale (passage du dernier essieu) est assuré par un autre élément; le rail isolé. Pour réaliser ce dispositif, une ou deux longueurs de rail sont isolées électriquement du restant de la voie par des « éclisses isolantes ». Un relais de voie V est raccordé en pont entre le rail isolé et le rail opposé (sur lequel se trouve déjà le contact de rail) et le rail isolé est mis sous tension par l'intermédiaire d'une résistance et d'un contact de la manette d'itinéraire. Le relais V s'excite dès renversement de la manette d'itinéraire, se désexcite sous l'effet du court-circuit par les essieux, et ne se réexcite que quand le dernier essieu a quitté le rail isolé.

Un contact bas du relais V est par ailleurs introduit dans le circuit d'excitation du relais RPV pour que celui-ci ne puisse s'exciter accidentellement avant que le rail isolé ne soit occupé.

Le retour des circuits se fait par la terre (armature et plomb de câble). L'excitation simultanée des deux relais V et RPV donne l'assurance que le train a complètement franchi la pédale.

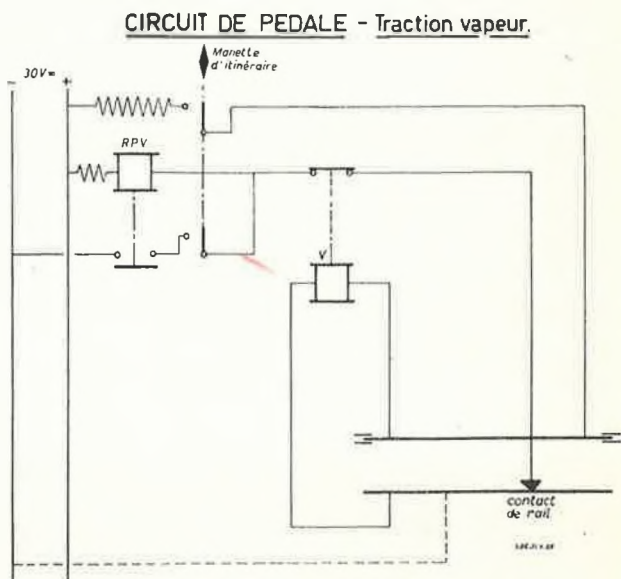


Fig. 9.

En traction électrique ce schéma ne peut être maintenu tel quel.

- 1° Le retour par l'armature et le plomb de câble est exclu;
- 2° On peut craindre que la différence de potentiel entre la terre cabine et le rail terre ne soit suffisante pour troubler le fonctionnement du système en empêchant l'excitation du relais RPV;
- 3° On peut également craindre que le courant de retour de traction ne soit accidentellement partiellement dérivé par le relais V et ne l'excite intempestivement.

Pour parer à ces inconvénients, on a écarté l'utilisation du courant continu et on a eu recours au même schéma adapté à l'utilisation du courant alternatif grâce à l'utilisation d'un retour isolé et de l'adjonction de transformateurs-redresseurs aux relais.

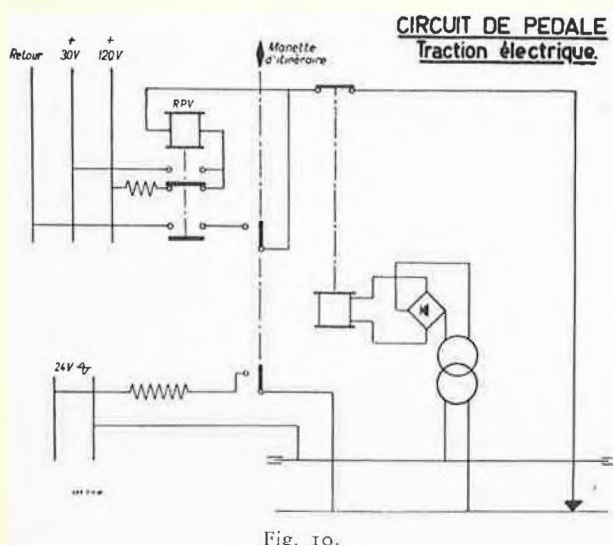
Dans les cabines électriques où l'on dispose d'une source de courant continu à une tension relativement élevée, une solution moins coûteuse a pu être réalisée en maintenant le circuit du RPV en courant continu, mais en assurant son excitation sous 120 V. cette tension assure une excitation franche en dépit de contre-tensions éventuelles dues aux courants de retour de traction. Le maintien peut alors être assuré sur la tension de 30 V (fig. 10).

Un nouveau type de contact de rail-contact à air dont les deux bornes sont isolées de la masse permettrait de se passer de cet artifice. Le remplacement systématique de l'ancien type par le nouveau serait cependant une solution trop onéreuse.

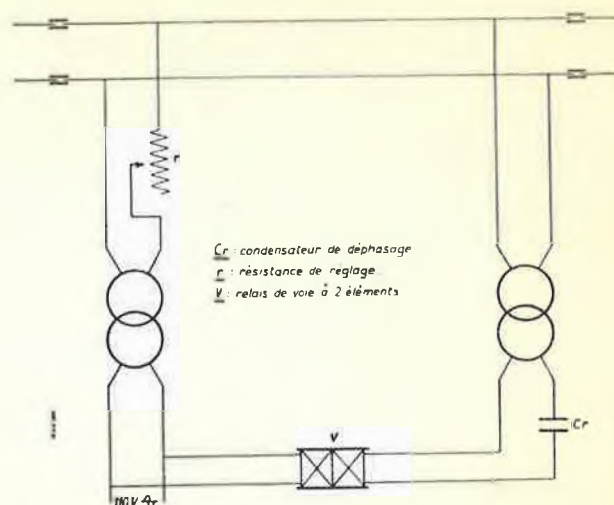
c) le circuit de voie.

Le circuit de voie est le dispositif utilisé pour contrôler la présence d'un train sur une certaine étendue de voie. Il supplée au contrôle visuel, souvent impossible.

Pour réaliser un circuit de voie, on isole les deux files de rail sur l'étendue de voie que l'on désire contrôler, au moyen d'éclisses isolantes placées aux deux extrémités sur chaque file de rails. Il se constitue de la sorte une véritable ligne dont les



CIRCUIT DE VOIE **Traction vapeur.**



rails sont les conducteurs plus ou moins bien isolés. La présence d'un essieu sur le circuit de voie met cette ligne en court-circuit.

La ligne est alimentée à une extrémité par une source et la tension recueillie à l'autre extrémité sert à l'excitation d'un relais dont la position basse traduit l'occupation de la voie (fig. 11).

On utilise habituellement le courant alternatif pour les circuits de voie en raison des avantages qu'il présente; facilité pour le réglage de la tension, shunt amélioré des essieux.

On notera l'utilisation d'un relais à deux éléments dont l'excitation exige non seulement une tension suffisante du côté voie mais également un déphasage correct entre le courant voie et le courant réseau.

Etant donné que la voie doit servir au retour du courant de traction, il est évidemment impossible de maintenir cette solution qui va directement à l'encontre de cette utilisation.

Une première solution consiste à n'isoler qu'une seule file de rail. Cette solution réduit l'isolement entre les deux files de rail dont l'une est pratiquement à la terre. Par ailleurs la file non isolée sert au passage du courant de retour de traction qui peut provoquer l'apparition d'une différence de potentiel appréciable entre l'entrée et la sortie du circuit de voie, si celui-ci est assez long. Le courant que cette tension ferait apparaître dans les enroulements des transformateurs d'alimentation et de réception pourrait, soit les détruire, soit même simplement en modifier les caractéristiques par saturation. Cette solution n'est donc applicable que sur des longueurs réduites : le maximum admis est de 400 m en ligne; il est porté à 1 000 m dans les gares, où les nombreuses voies parallèles permettent d'offrir au courant de retour un chemin moins résistant. Signalons par comparaison que le circuit de voie classique peut atteindre une longueur de 2 000 m tout en gardant un fonctionnement sûr.

Pour les longueurs supérieures aux limites que ne peut dépasser le circuit de voie « monorail » on utilise les « connexions inductives ».

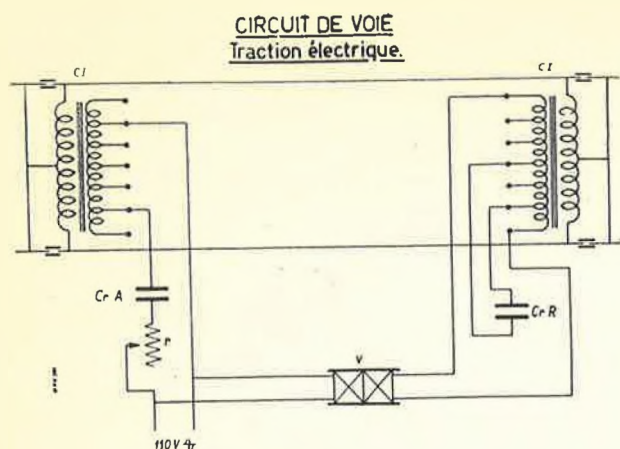


Fig. 12.

Celles-ci sont des bobines d'induction à fort noyau magnétique, raccordées en pont aux deux extrémités du circuit de voie, et dont le point milieu est lui-même raccordé à la voie, au delà des éclisses isolantes. L'enroulement de la bobine est réalisé au moyen d'un conducteur de forte section. La résistance ohmique en est négligeable. Par contre, l'impédance à 50 Hz est suffisante (de l'ordre de 0,15 ohm) pour permettre le fonctionnement correct du circuit de voie. Etant donné l'emplacement des raccords, le courant de traction est sans effet magnétique pour autant qu'il se répartisse à peu près également entre les deux files de rail, ce qui est le cas pour une voie en bon état. La nature même de la connexion inductive conduit à l'utiliser tant comme transformateur d'entrée que comme



Fig. 13. — Pupitre de commande à leviers individuels.

transformateur de sortie grâce à l'adjonction d'un enroulement en fil fin (fig. 12). L'enroulement à fil fin est muni de prises multiples qui permettent de régler la tension à l'entrée du circuit de voie, de relever la tension à la valeur convenable à la sortie et d'augmenter l'impédance apparente de la C.I. jusqu'à 1 ohm environ par un circuit d'accord.

Ce matériel permet d'obtenir un fonctionnement correct pour les circuits de voie atteignant 2 km dans des conditions normales d'état de la voie et de stabilité de l'alimentation tant en fréquence qu'en tension.

4. Conceptions nouvelles - Cabines « Tout relais »

L'électrification a entraîné des remaniements profonds dans la plupart des grandes cabines, voire même le renouvellement de certaines d'entre elles.

A cette occasion, la conception même des cabines a été revue et les progrès de la technique ont permis d'y introduire des idées nouvelles.

La table de commande classique était pourvue de manettes individuelles pour la commande des appareils (fig. 13). Ces manettes étaient mises sous la dépendance les unes des autres par l'intermédiaire des enclenchements mécaniques.

Le système nouveau dit « tout relais » remplace les enclenchements mécaniques par des sécurités

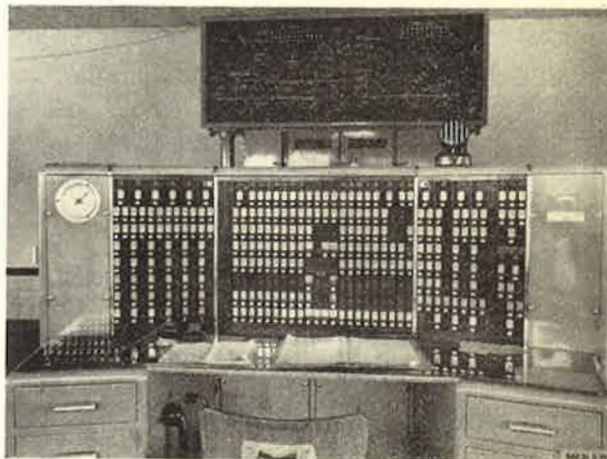


Fig. 14. — Pupitre de commande « Tous relais ».

électriques et limite à la manœuvre d'une ou deux clés les gestes nécessaires pour le tracé d'un itinéraire complet et l'ouverture du signal correspondant.

La table de commande se présente sous la forme d'un pupitre (fig. 14) réduisant au minimum les sujétions de l'agent qui le dessert. Un tableau de contrôle optique fournit à celui-ci toute les indi-

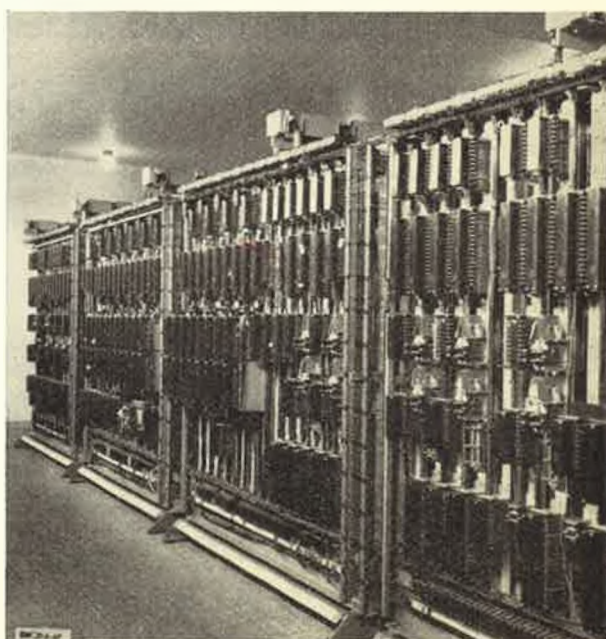


Fig. 15. — Salle à relais. Châssis à relais.

cations nécessaires. L'appareillage est logé dans un local distinct (fig. 15).

Ce nouveau type de cabine permet évidemment de réduire le personnel nécessaire à la desserte. Il présente en outre l'avantage de se loger plus facilement à l'endroit le mieux approprié et à moindres frais. Son coût est pratiquement le même. Il faut d'ailleurs noter, à cet égard, que l'appareillage extérieur (câbles, signaux, moteurs d'aiguilles) n'a pas changé et qu'il représente normalement plus de 85 % du coût total de l'installation.

* * *

B. TELECOMMUNICATIONS.

Il est un autre domaine de la technique électrique que l'Électrification affecte profondément : c'est celui des Télécommunications.

L'importance de ce domaine est considérable pour le Chemin de fer qui doit assurer l'exploitation régulière et économique d'installations qui s'allongent sur des milliers de km.

1. Mise sous câbles des lignes téléphoniques.

Les lignes téléphoniques aériennes établies le long des voies ne peuvent subsister lors de l'électrification. Les tensions induites dans ces lignes par les courants de court-circuit circulant dans la caténaire seraient dangereuses et pour le personnel et pour le matériel.

La caténaire est en outre le siège d'harmoniques divers provenant des moteurs de traction et des redresseurs. Les harmoniques engendreraient dans les lignes téléphoniques des bruits parasites extrêmement gênants. — Citons enfin le danger de contact direct qui ne pourrait être écarté que moyennant des travaux souvent importants.

Les circuits aériens qui doivent être démontés appartiennent en partie à la Régie des Télégraphes et des Téléphones. Celle-ci a pu détourner immédiatement un certain nombre d'entre eux dans les câbles existants. Les autres ont exigé des câbles nouveaux, ou l'établissement de lignes aériennes à l'écart des installations ferroviaires.

Liée à son réseau ferré, dont elle ne peut s'écarter, la S.N.C.B., de son côté, a systématiquement mis sous câble toutes ses relations téléphoniques en appliquant les procédés classiques : pupinisation, équilibrage, utilisation de répéteurs — ces derniers pour les circuits à grande distance et pour les circuits de dispatching.

Pour tous les circuits directs d'une longueur supérieure à environ 60 km, il est fait usage de circuits spéciaux dits « à paires symétriques », non pupinisés. Ces circuits permettent, grâce à l'emploi aux deux extrémités d'appareillage de modulation, de transposition et de filtrage, de transmettre plusieurs communications décalées en fréquence, sur chaque circuit.

Chaque communication s'étend sur une bande de deux fois 4 kilocycles/sec (les deux sens de transmission étant séparés) et le système est généralement équipé pour la transmission de 12 canaux.

Cette technique actuellement très utilisée permet une économie considérable de circuits et par conséquent une réduction très sensible du coût du câble,

qui, pour les distances envisagées, compense largement le prix de l'appareillage terminal nécessaire.

2. Circuits spéciaux.

Certains circuits posent en outre des problèmes particuliers. Ce sont les circuits à dérivations multiples, très utilisés par le Chemin de fer : circuits de dispatching, circuits d'alarme, circuits de régulation, circuits omnibus de gare à gare.

L'affaiblissement rapide dû aux dérivations successives, l'emporte sur l'affaiblissement propre du câble. Si le nombre de postes dérivés est faible, cet affaiblissement reste dans des limites acceptables : on emploie alors la dérivation pure et simple.

Tel est le cas :

a) pour les circuits d'alarme.

Ce circuit relie des postes téléphoniques, ou des prises de courant pour poste téléphonique, répartis à intervalles réguliers le long des lignes, à un poste régulateur (fig. 16) avec lequel il permet au personnel des trains d'entrer en communication en cas d'incident.



Fig. 16. — Poste téléphonique d'alarme en position de travail.

L'intervalle entre les postes est de 650 m ou 1 300 m selon le cas. Le circuit peut éventuellement être dédoublé. Un autre circuit d'alarme est mis à la disposition du service de la voie pour lui permettre d'entrer en relation avec les gares voisines,



Fig. 17. — Pupitre de dispatcher.

en particulier pour assurer la protection de ses chantiers.

b) pour les circuits de régulation.

Ce circuit relie l'agent répartiteur aux sous-stations, postes de sectionnement et postes d'alimentation de sa zone.

Les postes montés en dérivation sont à « appel sélectif ». Chaque poste peut ainsi appeler un correspondant quelconque sur ce réseau. Un appel général de tous les postes est également possible.

c) *dispatching*.

Contrairement aux circuits qui viennent d'être passés en revue, les circuits de *dispatching* (régulation de la marche des trains) comportent trop de dérivations et exigent une solution spéciale.

Les circuits de *dispatching* sont des circuits à quatre fils. Les microphones de tous les postes sont branchés sur un circuit pupinisé à deux fils, les écouteurs sur un autre. Les impulsions de sélection sont transmises par le circuit fantôme.

Des répéteurs placés de distance en distance, compensent l'affaiblissement dans chacun de ces deux circuits. Chaque dérivation est réalisée au moyen d'un translateur de manière à obtenir une grande impédance.

Les écouteurs étant branchés sur un circuit indépendant de celui des microphones, un couplage spécial a dû être réalisé entre le haut-parleur et le microphone du poste central (*dispatcher*).

Les locaux pour *dispatcher* ont fait l'objet de soins spéciaux. Chaque *dispatcher* est installé dans une loge insonorisée. Microphone, haut-parleur, clés d'appel, pupitre de travail, tout a été disposé pour leur assurer le maximum de commodité. L'appareil a été rassemblé dans un local distinct où son entretien peut se faire sans troubler le travail du *dispatcher* (fig. 17).