PIÈCE APPARTENANT
AU
BUREAU des SIGNAUX
RENDRE APRÈS USAGE

LES POSTES D'AIGUILLAGE
ELECTRODYNAMIQUES
de la Compagnie des Chemins de Fer de
PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

PIÈCE APPARTENANT
AU
BUREAU DES SIGNAUX
à
RENDRE APRÈS USAGE

P·L·M
EXPLOITATION
SIGNAUX
INSTALLATIONS DES GARES
14 NOV 1937
N° 32482

LES POSTES D'AIGUILLAGE
ELECTRODYNAMIQUES
de la Compagnie des Chemins de Fer de
PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

par Monsieur Jean Boillot

Τί δέ; ὀργάνων ποτέρων βελτίων ἡ κοινωνία, οἷς ἐκών τις κακὰ ἐργάζεται ἢ οἷς ἄκων;

Et les instruments, quels sont ceux dont l'emploi est le meilleur, ceux avec lesquels on travaille mal volontairement, ou les autres ?

PLATON, *Hippias mineur*.

Lorsqu'on abandonna la manœuvre sur place des aiguilles pour en centraliser la commande dans des postes d'aiguillages, il fallut transmettre le mouvement des leviers aux appareils. Sur le réseau de Paris à Lyon et à la Méditerranée, ce problème fut résolu au moyen de barres métalliques supportées et guidées le long de leur parcours et munies de retours d'équerre et de compensateurs de dilatation.

Ces transmissions rigides ajoutent à l'effort à appliquer au levier pour le seul renversement de l'aiguille qu'il commande, l'effort nécessaire pour vaincre l'inertie et les frottements de la transmission, et cet effort supplémentaire s'accroît rapidement avec la longueur et la complication du tracé, au point de jouer le rôle le plus important dans l'effort total.

En outre, l'établissement d'une transmission rigide sur le terrain, avec la mise en place des supports, des renvois, des compensateurs, parfaitement alignés et bien au même niveau demande du soin et du temps. La transmission rigide ne se prête donc pas à des modifications fréquentes et devant être exécutées rapidement, de la position des aiguilles qui en sont munies.

Mais en face de ces inconvénients, la réunion dans une même cabine des leviers des aiguilles d'une même gare, côte à côte d'ailleurs avec les leviers commandant les signaux, eut l'avantage de permettre l'établissement de liaisons mécaniques entre ces leviers. On put ainsi empêcher matériellement la création de situations dangereuses pour la sécurité de la circulation. Il s'agissait de faire, des aiguilles et des signaux, « des instruments avec lesquels on ne puisse travailler mal volontairement ». Ce résultat fut atteint par les enclenchements entre leviers.

Au fur et à mesure que les tracés des voies des gares se compliquaient, le nombre des leviers des postes d'aiguillages augmentait, la longueur des transmissions rigides s'accroissait et les enclenchements devenaient plus difficiles à étudier et à réaliser.

La limite se trouva atteinte lorsque l'effort à déployer par l'aiguilleur pour renverser le levier d'une aiguille éloignée du poste atteignit une valeur inadmissible et que les enclenchements exigèrent des études si ardues qu'il fallait plusieurs mois pour établir un projet. En même temps, une modification, en apparence simple, apportée au tracé des voies pouvait entraîner une refonte des enclenchements si profonde que sa réalisation matérielle obligeait à priver le poste de ses enclenchements pendant un temps notable, durant lequel la sécurité ne reposait plus que sur la vigilance du personnel d'exploitation. Un des plus grands postes à commande mécanique d'Europe fut le Poste I, du système Saxby-P.L.M., de la gare de Paris des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, dont les 200 leviers s'étendaient en une rangée de 32 mètres de longueur. Ce poste, inauguré en 1900, a été démoli en 1933 et remplacé par un poste électrique dont il sera question plus loin.

L'électricité fut appliquée à la manœuvre des aiguilles, en 1898, au Poste F de la gare de Paris-P.L.M. Chaque levier manœuvrait un commutateur envoyant le courant dans un moteur électrique situé auprès de l'aiguille intéressée, et relié à ses lames par une tringle d'attelage. Les Postes IV et V de la gare de Villeneuve-Saint-Georges furent une application amplifiée du même principe, où à chaque aiguille correspond un levier distinct. On s'affranchissait ainsi de la limite de distance des aiguilles au poste, mais non de la difficulté d'étudier, de réaliser et de modifier les enclenchements entre leviers.

Par opposition aux postes mécaniques et électriques du système exposé ci-dessus, et dit « à leviers individuels », M. Bleynie, Ingénieur en Chef du Service de la Voie de la Compagnie des Chemins de fer du Midi, inventa alors le principe du « levier d'itinéraire ». Abandonnant l'affectation à chaque aiguille et à chaque signal d'un levier qui lui soit propre, il imagina de mettre à la disposition des aiguilleurs autant de leviers qu'il y avait d'itinéraires prévus sur le tracé des voies situé dans la zone commandée par le poste. Chacun de ces « leviers d'itinéraires » a pour effet, lorsqu'on le manœuvre, de mettre en position convenable, et d'un seul coup toutes les aiguilles de l'itinéraire auquel il s'applique, aussi bien les aiguilles qui devront être effectivement parcourues par le mouvement annoncé que celles qui, dans l'une de leurs positions, pourraient permettre à un véhicule de venir couper le passage prévu, ou converger avec lui. En fin de mouvement, le levier d'itinéraire permet d'ouvrir, et dans l'ordre de succession réglementaire, les signaux qui donnent accès à l'itinéraire envisagé.

Ce système présente l'avantage d'offrir un gain de temps considérable dans l'établissement d'un itinéraire, et d'augmenter, en conséquence, le rendement du poste qui en est muni. En outre, il simplifie dans de grandes proportions les enclenchements, car les enclenchements entre leviers d'itinéraires sont de nature beaucoup plus simple que ceux qui doivent être établis

entre leviers individuels, et généralement se trouvent réalisés ipso-facto par la seule raison que deux itinéraires que la sécurité oblige à rendre incompatibles se trouvent posséder une même aiguille dans une position opposée sur chacun d'eux. Au besoin, lorsque cette aiguille se trouve ne pas exister, on en crée une fictive, sans existence sur les voies, mais représentée par son organe de manœuvre à l'intérieur du mécanisme du poste d'aiguillage.

Il va de soi que le système « à leviers d'itinéraires » exige que l'on ait recours à une force motrice, en l'espèce l'électricité, pour la manœuvre des aiguilles et des signaux, et suppose en outre la création d'un organe supplémentaire, situé dans le poste d'aiguillage, dont le rôle est de distribuer les commandes des différentes aiguilles entre les leviers d'itinéraires. C'est le combinateur d'itinéraires, qui peut être mécanique ou électrique.

Pour des raisons de sécurité de fonctionnement et de commodité dans les modifications, puisqu'il faut ne pas perdre de vue que les tracés des voies d'une grande gare subissent fréquemment des remaniements appelés par les besoins toujours nouveaux de l'exploitation, la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée a adopté le combinateur d'itinéraires mécanique pour tous ses postes à leviers d'itinéraires.

Ainsi, ont été construits sur les brevets Bleynie-Ducousso, par la Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, les postes des gares de Melun, de Dijon, de Lyon-Perrache, de Lyon-Guillotière et, en dernier lieu de celle de Paris. Ce sont les appareils équipant la gare de Paris-P.L.M., mis en service les 18 juin 1933 et 21 janvier 1934 qui font l'objet des descriptions ci-après.

Vue de nuit de la gare avec signaux lumineux.

II. DESCRIPTION DES APPAREILS ENTRANT DANS LA COMMANDE D'UNE AIGUILLE

Le mécanisme moteur d'aiguille comprend, enfermé en un seul carter étanche, l'ensemble des organes nécessaires pour mouvoir l'aiguille, la caler dans ses deux positions et en contrôler la position exacte (fig. 1).

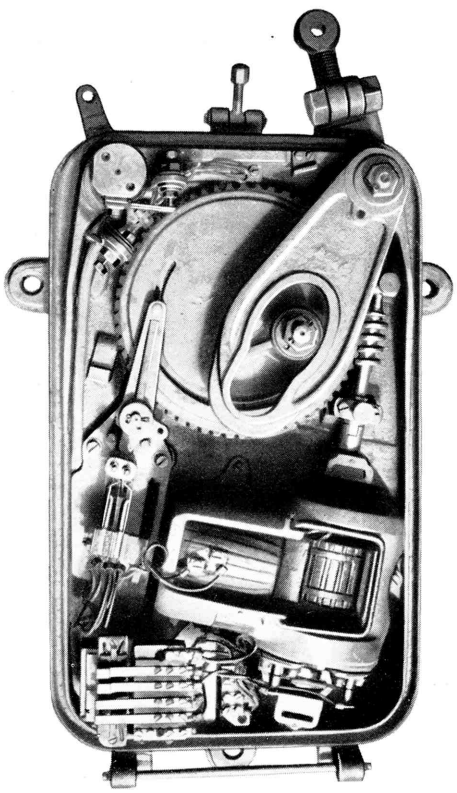


Fig. 1. — Vue d'un moteur d'aiguille.

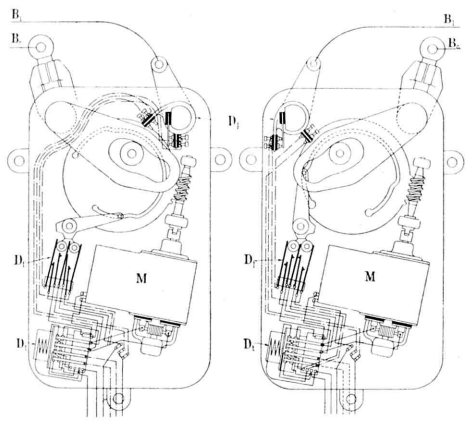


Fig. 2. — Plans d'un moteur d'aiguille à simple contrôle par courant alternatif pour deux positions de manœuvre : B_c, barre de commande ; B_l, barre de contrôle ; D_f, dispositif de contrôle du calage et freinage du moteur ; D_p, dispositif de contrôle de position de l'aiguille ; D_t, distributeur ; M, moteur.

Le courant continu à 120 V. est utilisé pour la commande du moteur électrique proprement dit et le courant alternatif à 55 V. pour le contrôle des deux positions extrêmes. L'appareil est représenté schématiquement sur la figure 2.

Le moteur électrique actionne la vis sans fin d'une roue tangente pourvue d'un galet excentrique, cette roue peut tourner sur son axe de 270° environ. Le galet excentrique, engagé dans la coulisse d'un levier, entraîne celui-ci en lui transmettant un mouvement angulaire d'amplitude invariable. L'axe vertical du levier tourne librement dans le bâti; il est solidaire du bras de commande auquel s'attelle l'aiguille. Ce bras de commande se termine par une tête à vis, qui permet de faire varier la longueur du bras pour ajuster la course linéaire avec celle de l'aiguille.

Le mouvement de rotation du moteur électrique, soit à droite, soit à gauche, se trouve ainsi transformé en un mouvement alternatif de l'attelage de l'aiguille, d'amplitude égale à la course de celle-ci. La coulisse du levier présente deux cavités et une partie droite, les cavités sont concentriques à la roue, chacune pour la position extrême correspondante. Ainsi le mouvement du galet excentrique dans la cavité n'opère aucun déplacement de l'attelage d'aiguille et il suffit que le galet soit arrêté en un point quelconque de la cavité pour que l'aiguille soit calée. C'est seulement en s'engageant dans la partie droite de la coulisse que le galet entraîne le levier et l'attelage.

Le moteur électrique est un moteur à excitation série avec un simple inducteur et un seul circuit à deux fils allant à la cabine. Selon que, dans ce circuit, le courant est dirigé dans un sens ou dans l'autre, le moteur tourne à droite ou à gauche, grâce à l'emploi d'un distributeur qui, monté en série dans le circuit, et obéissant au sens du courant, oriente convenablement les connexions de l'induit et de l'inducteur.

L'arrêt du moteur se produit automatiquement, avec précision et sans choc, dès que le mouvement correspondant au sens du courant est entièrement accompli; le commutateur de calage et de freinage, commandé par une came tracée dans la roue tangente, met à ce moment l'induit en court-circuit. Il n'y a donc pas de rupture du courant moteur dans l'appareil, celle-ci s'opère en cabine où il est facile de surveiller et d'entretenir les contacts des organes d'interruption.

Le contrôle de l'aiguille s'effectue par un circuit à deux fils seulement, dans lequel le sens du courant varie pour le contrôle des deux positions.

Le schéma de la figure *3a* correspond à l'aiguille immobile dans une première position. Le moteur est arrêté, aucun courant ne passant par les bornes d'alimentation B et C. Le circuit de contrôle seul est établi; le pôle + est en D par *m*, 3, 4, F, D, et le pôle — en V par *n*, I, V.

Le schéma de la figure *3b* correspond au début du mouvement de l'aiguille vers la position opposée. Le moteur est en marche, le courant venant de C (borne +) passe dans l'inducteur du moteur par les bornes

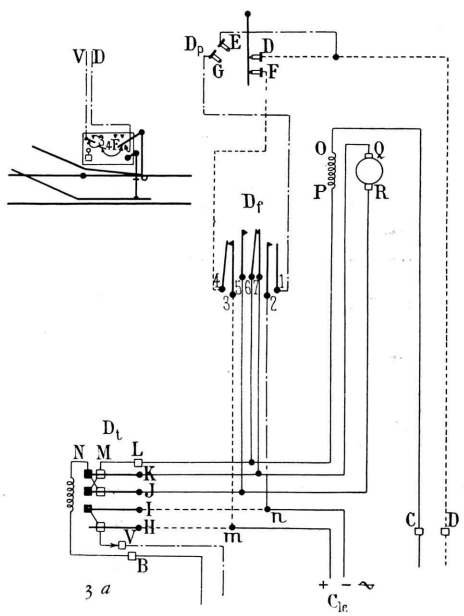
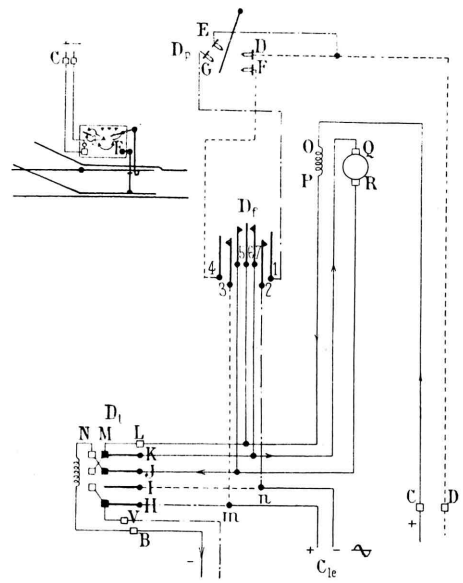
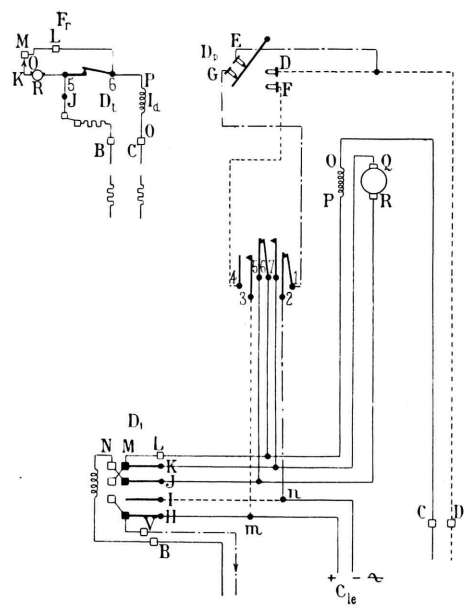


Fig. 3. — Schémas de fontionnement d'un moteur d'aiguille avec contrôle à courant alternatif correspondant aux cas suivants : a, moteur arrêté à la position normale d'aiguille; b, moteur en marche, l'aiguille allant vers la position renversée; c, moteur en marche, l'aiguille étant en position renversée; d, position renversée de l'aiguille; e, moteur en marche, l'aiguille allant vers la position normale. Les dispositifs figurés sur ces schémas sont désignés comme il suit : C_{le}, circuit de contrôle; D_f, dispositif de contrôle de calage et de freinage du moteur; D_p, dispositif de contrôle de position d'aiguille; D_t, distributeur; F_r, dispositif de freinage; I_d, inducteur.

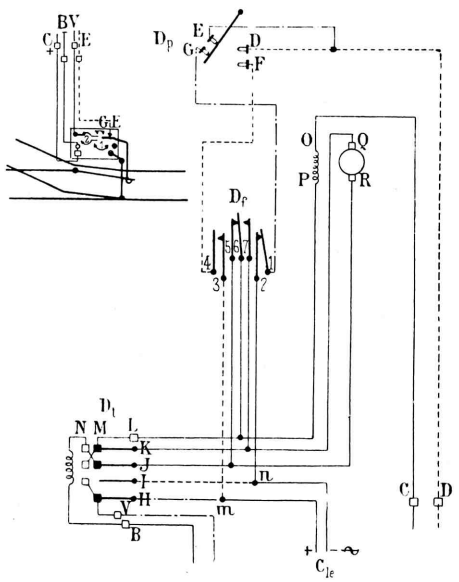
O et P, traverse L, M, K, l'induit du moteur par les bornes Q et R, puis J, N pour se rendre à B (borne —). Aucun courant ne circule dans le circuit de contrôle, ce dernier étant coupé aux points D, F, 4 et 3.



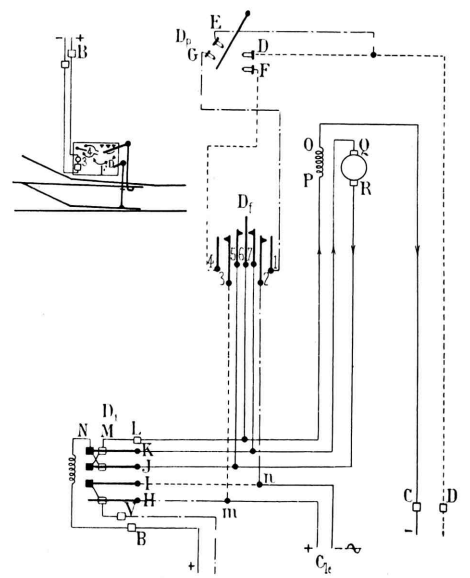
3 *b*



3 *d*



3 *c*



3 *e*

Le schéma de la figure *3c* correspond à la fin du mouvement de l'aiguille. Le moteur est encore en marche, avec l'aiguille arrivée en position extrême opposée à la première position de la figure *3a*. Le circuit moteur comme pré-

cédemment vient de C pour passer à travers les bornes Q, R, J, N et aboutir en B. Le circuit de contrôle est établi de la manière suivante : le pôle + en V par *m*, H, V; le pôle — en D par *n*, 2, 1, G et D.

Dans le schéma de la figure 3*d*, le freinage est obtenu par l'établissement des contacts 5 et 6. L'induit du moteur est mis en court-circuit et fonctionne comme une génératrice débitant sur une résistance nulle.

Le schéma de la figure 3*e* correspond au mouvement de l'aiguille revenant à la position première. Le moteur est en marche, le courant + venant de B passe dans le distributeur, traverse l'induit par Q et R, ensuite J, M, L pour passer à travers l'inducteur aux bornes P et O et se rendre à C. Aucun courant ne passe alors dans le circuit de contrôle.

Pour une position déterminée de l'aiguille, le circuit de contrôle correspondant ne peut être fermé que si trois conditions sont simultanément remplies : 1° le distributeur est en concordance de position avec le mécanisme moteur (contacts V-I et V-H), 2° le mécanisme est en position de calage (contacts 3-4 ou 1-2), 3° le commutateur de contrôle de position de l'aiguille est fermé pour la position correspondant aux conditions 1° et 2°.

Ce dernier commutateur comprend, pour chacune des positions un double contact, son axe vertical porte un bras extérieur auquel s'attelle la tringle de contrôle solidaire, à son autre extrémité, de l'aiguille. Un dispositif de réglage par vis permet de retarder ou d'avancer la fermeture du circuit de contrôle pour maintenir celle-ci dans la limite de tolérance fixée pour l'application de l'aiguille sur le rail contre-aiguille.

Lorsqu'il est jugé utile de contrôler séparément les deux lames, ou encore lorsque le moteur commande deux aiguilles accouplées, le commutateur de contrôle de position comporte deux axes concentriques avec deux bras distincts correspondants, chacun d'eux attelé séparément soit à l'une des aiguilles, soit à l'une des deux lames d'une même aiguille.

Le même type de moteur sert à commander les arrêts-mobiles des voies de service. Le contrôle des lames est seulement supprimé.

III. COMMANDE DES SIGNAUX A COCARDE ET DES SIGNAUX LUMINEUX DE JOUR ET DE NUIT

1. Moteurs de signaux. — a) *Moteur Ducousso-Rodary pour signaux carrés, disques, annonciateurs* (fig. 4).

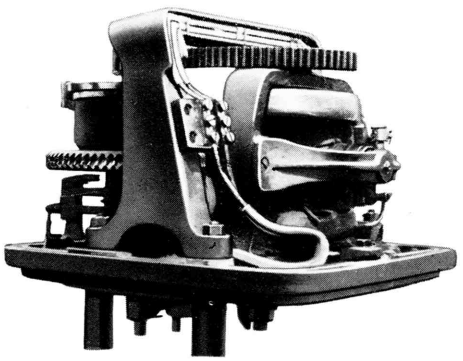


Fig. 4. — Vue d'un moteur de signal.

Les moteurs de signaux sont également actionnés au moyen de courant continu à 120 V. Un tel moteur s'attelle à la place de la transmission funiculaire sans aucune modification, sur l'un quelconque des différents types de signaux existants.

Le contrepoids de rappel normal subsiste pour fermer le signal; le moteur intervient seulement pour produire l'ouverture. Un signal ouvert se referme dès que le courant électrique vient à faire défaut, soit volontairement par l'effet des appareils du poste, soit par suite d'une cause accidentelle quelconque.

Le mécanisme du moteur de signal comprend (fig. 5) un moteur à excitation série, une vis sans fin et une roue tangente portant un électro-aimant cylindrique. La vis est construite avec un pas tel que cet ensemble constitue un train d'engrenages à mouvement irréversible commandé par le moteur électrique. D'autre part, l'armature de l'électro-aimant, ou plateau d'embrayage magnétique, est folle sur l'axe commun à la roue et à l'électro-aimant, elle porte un pignon engrenant avec un secteur denté sur l'arbre duquel, en dessous du bâti, est calé le bras de commande qui s'attelle au signal par une bielle. Cet ensemble forme un train d'engrenages à mouvement réversible commandé alternativement, et en sens inverses, par le train irréversible et par le contrepoids de rappel. La solidarité des deux trains en question, réversible et irréversible, est produite par l'excitation de l'embrayage magné-

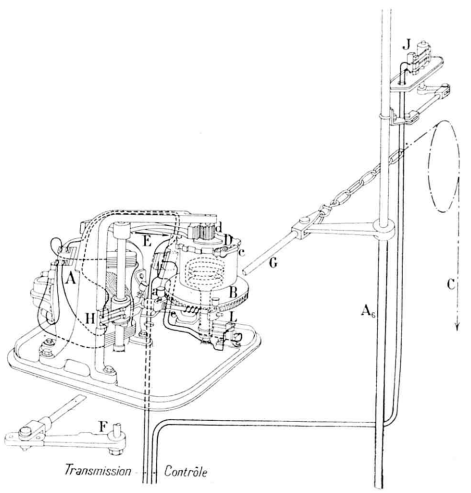


Fig. 5. — Schéma du moteur et commutateur de contrôle d'un signal : A, moteur avec accouplement a et vis sans fin c; A_s, arbre du signal; B, roue de vis sans fin solidaire de l'embrayage électromagnétique c; D, armature de l'embrayage; E, secteur denté solidaire du bras de commande F; G, bielle d'accouplement; H, interrupteur du moteur; J, commutateur de contrôle de fermeture; L, prise de courant de la bobine d'embrayage.

tique; au contraire, l'inertie de celui-ci assure l'indépendance des deux trains.

Le moteur est relié à la cabine par un circuit de commande normalement ouvert. Pour ouvrir le signal, on met ce circuit sous tension, le courant se divise alors dans le circuit de l'embrayage, qu'il excite, et dans celui du moteur, dont il provoque la rotation. Le mouvement d'ouverture du signal se produit, vers la fin duquel un interrupteur coupe la branche de circuit du moteur qui s'arrête, mais l'excitation de l'embrayage persiste tant que le circuit reste sous tension et maintient le signal en position d'ouverture.

Dès que l'on ouvre le circuit dans la cabine de manœuvre, soit en redressant le levier, soit automatiquement dans le cas où le contrôle d'une aiguille vient à manquer accidentellement, soit encore automatiquement lorsque le premier ou le dernier essieu du train agit sur un dispositif qui sera décrit plus loin, l'embrayage devient inerte et le contrepoids rappelle le signal dans la position d'arrêt. Là intervient le calage en position de fermeture; c'est un encliquetage purement mécanique entre les deux trains, savoir : un cliquet porté par l'électro-aimant et une denture au bord du plateau d'embrayage, dispositif qui ne s'oppose pas à la fermeture du signal mais empêche l'ouverture autrement que par la rotation du moteur électrique; le signal fermé ne peut donc être dévié par aucune force extérieure.

En position d'ouverture, la solidarité réalisée par l'embrayage est limitée, si une force plus grande intervient, le signal peut se refermer partiellement en faisant patiner l'embrayage, mais avant que la position ne soit douteuse, l'interrupteur remet le moteur en circuit et la position du signal se rectifie.

Pour les signaux très éloignés du poste, ou encore pour ceux ayant à manœuvrer solidairement les porte-pétards avec une transmission mécanique de grande longueur ou comportant des renvois compliqués, l'embrayage est établi avec un bobinage renforcé. L'interrupteur porte dans ce cas une touche de contact supplémentaire, qui, en fin de course de l'ensemble, ramène l'excitation à sa valeur normale par le moyen d'une résistance additionnelle.

Le contrôle de position du signal s'effectue au moyen de courant alternatif par un circuit spécial à deux fils et un commutateur indépendant que l'on place à l'endroit le plus convenable selon le type du signal. On emploie également le type de moteur qui vient d'être décrit pour manœuvrer les appareils détonants qui appuient les signaux lumineux de jour et de nuit.

b) *Moteurs type G.R.S. pour sémaphores.* — Le principe de fonctionnement de ces moteurs est identique à celui des moteurs précédents avec une disposition mécanique des organes cependant un peu différente et offrant les particularités suivantes : un tel moteur renferme dans un seul carter étanche tous les organes nécessaires à la manœuvre et au contrôle du signal; l'aile sémaphorique est calée directement sur l'arbre du mécanisme, supprimant ainsi toute liaison intermédiaire entre le signal et le moteur.

Le mécanisme moteur et son signal forment ainsi un tout qui s'installe, à l'aide de colliers de serrage, soit sur un poteau tubulaire, soit sur une potence (fig. 6).

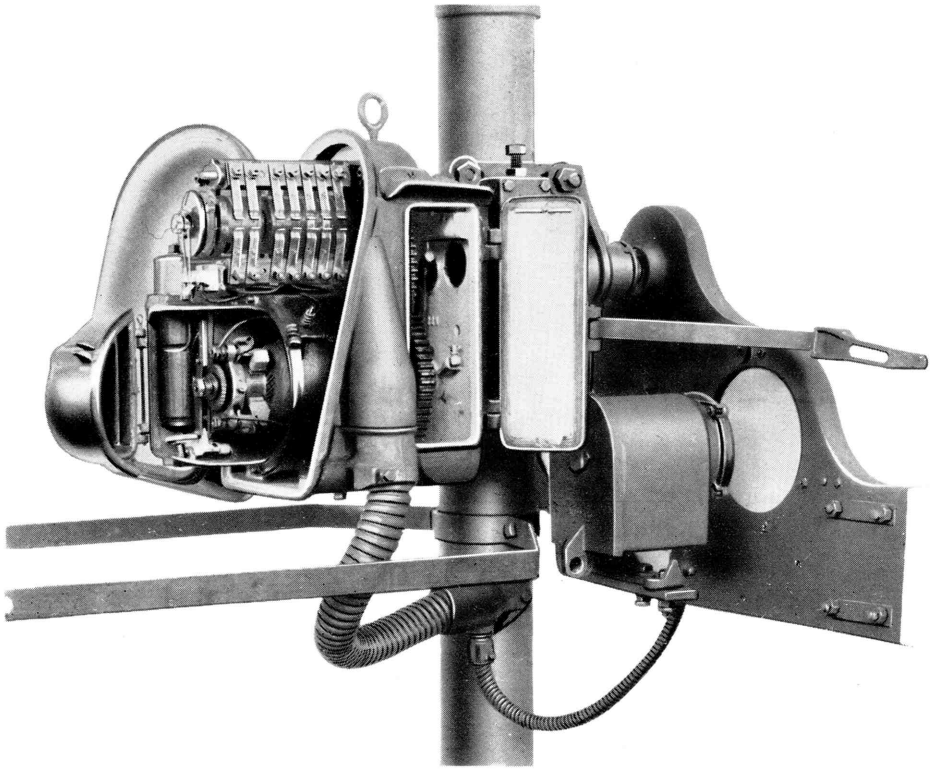


Fig. 6. — Vue d'un moteur, type GRS.

2. SIGNAUX LUMINEUX DE JOUR ET DE NUIT. — Les signaux lumineux de jour et de nuit sont constitués par des feux de couleurs différentes dont le nombre varie suivant le type de signal. Il a été installé dans la gare de Paris des feux des types « D » et « Novalux ».

a) *Unités lumineuses du type « D ».* — Ces unités donnent un faisceau lumineux d'angle faible et de grande intensité. Elles sont constituées par une lampe électrique placée au voisinage du foyer d'un système dioptrique composé de deux lentilles à échelon en forme de ménisque. La lentille intérieure, de diamètre plus petit, est colorée dans la masse. La lentille extérieure, de 210 millimètres de diamètre, reçoit en son centre un système déflecteur permettant une bonne visibilité du feu lorsqu'on se rapproche du pied du signal. L'ensemble est enfermé dans un carter étanche en fonte, et reçoit une visière pare-soleil.

b) *Unités lumineuses du type « Novalux ».* — Les unités D, qui se voient de loin, n'ont, en revanche, qu'un champ angulaire horizontal de visibilité restreint. Dans une gare, où le tracé des voies qui amènent un mécanicien sur un signal s'écarte beaucoup de l'axe optique du feu, il y a au contraire nécessité à adopter un système d'unité lumineuse qui possède un grand champ horizontal, sans, par ailleurs, que le champ vertical, surtout vers le haut, soit développé dans les mêmes proportions. C'est la solution de ce problème qu'apporte l'unité « Novalux ».

Le système optique en est composé d'une lampe électrique placée au voisinage du foyer d'un miroir concave parabolique lequel envoie son faisceau sur un verre bombé afocal, composé de deux surfaces sphériques concentriques. Mais la surface intérieure de ce verre est recouverte, par moulage, d'un réseau de prismes orientés de telle sorte que quelques rayons sont renvoyés vers le bas du signal, une proportion importante de rayons sont rejetés à droite et à gauche de l'axe optique du miroir, le reste passant sans déviation à travers le verre, entre les stries prismatiques. Ce verre bombé est en outre, coloré dans la masse. Les boîtiers étanches sont en fonte et s'ouvrent par l'arrière. Ils renferment, en plus du système optique, les relais de contrôle des feux et les transformateurs d'alimentation.

Les lampes électriques employées sont à trois broches et comportent deux filaments en atmosphère gazeuse. Elles fonctionnent sous 8 V. et consomment 15 watts.

c) *Groupement des unités.* — Les unités lumineuses sont groupées sur un support orientable, selon les indications de signalisation qu'elles doivent donner. Un collimateur permet d'orienter convenablement l'ensemble et un écran de tôle sert à isoler la lumière des feux du fond du ciel.

Au point de vue électrique, les groupements d'unités lumineuses obéissent aux règles suivantes :

— Lorsqu'une indication du panneau comporte deux feux allumés ensemble, l'extinction de l'un d'eux entraîne automatiquement l'extinction de l'autre.

— Lorsqu'un panneau « sémaphore de bifurcation » accompagne sur un même mât un panneau pouvant donner une indication d'arrêt absolu, l'extinction accidentelle d'un des feux violets du panneau « sémaphore de bifurcation » fait immédiatement apparaître sur l'autre panneau l'indication d'arrêt absolu, quelle que soit l'indication que le poste ait commandée sur ce dernier panneau.

— Les feux des signaux lumineux étant répétés, comme il sera dit, dans l'intérieur de la cabine du poste d'aiguillage, l'extinction accidentelle d'un signal lumineux a pour effet de faire apparaître sur son répétiteur dans le poste l'indication « voie libre ». L'aiguilleur, si son levier correspond à la position « arrêt » du panneau, comme c'est le cas la plupart du temps, est ainsi averti par la discordance du levier et du voyant de l'existence d'un dérangement sur le panneau.

— Enfin, lorsqu'un panneau unique correspond à plusieurs signaux groupés au même point et permet, par conséquent de donner plusieurs indications, c'est toujours la plus impérative qui apparaît seule. Ainsi l'indication « arrêt absolu » lorsqu'elle est commandée, apparaît seule, provoquant l'extinction de l'indication « arrêt différé » ou « annonce de la position à l'arrêt d'un signal aval ».

Le schéma de la figure 7 représente les circuits d'un signal d'arrêt absolu (carré) composé d'un feu blanc et de deux feux rouges, avec leurs relais de contrôle et les transformateurs d'alimentation.

Les feux rouges qui correspondent à la fermeture du signal sont alimentés par un circuit à courant alternatif dont on peut faire varier la tension depuis la cabine d'aiguillages, de 72 V. à 110 V. afin d'augmenter ou de diminuer l'intensité lumineuse des feux suivant la luminosité du ciel.

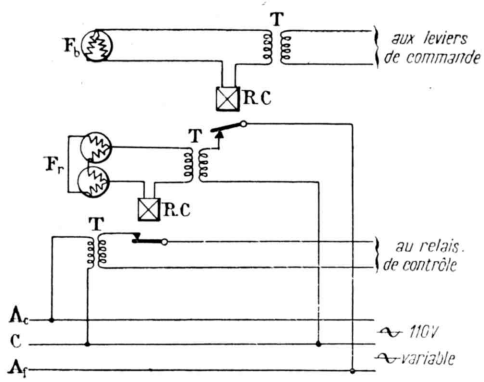


Fig. 7. — Schéma des circuits d'un signal carré avec leurs relais de contrôle et leurs transformateurs d'alimentation : A_c, alimentation du circuit de contrôle; A_f, alimentation des circuits des feux; C, conducteur commun; F_b, feu blanc; F_r, feux rouges; RC, relais; T, transformateurs.

Lorsque le circuit correspondant aux leviers de commande est alimenté, le feu blanc s'allume et son relais de contrôle coupe le circuit primaire du transformateur d'alimentation des feux rouges, lesquels s'éteignent. Le contrôle de la fermeture du signal est obtenu en alimentant un relais placé en cabine par un transformateur dont un fil de ligne est coupé par le relais de contrôle des feux rouges. Dans le cas où l'on a besoin du contrôle d'ouverture et du contrôle de fermeture du signal, les dispositions prévues sont celles du schéma de la figure 8.

IV. LEVIER D'ITINÉRAIRE A COMBINATEUR MÉCANIQUE

Le levier d'itinéraire à combinateur mécanique permet de constituer et d'ouvrir un itinéraire par la manœuvre d'un seul levier et en un seul temps.

Son action consiste à faire mouvoir tous les appareils de voie qui doivent changer de position pour constituer l'itinéraire, à contrôler la position de tous ceux qui composent cet itinéraire; enfin, et seulement comme conséquence de ce contrôle, à ouvrir le signal ou les signaux autorisant le passage.

La commande des appareils de voie s'effectue par le jeu d'une combinaison purement mécanique actionnant simultanément les organes individuels de manœuvre particuliers à chacun de ces appareils de voie (aiguilles, arrêts-mobiles, arrêts de chariot, etc.) et réalisant en même temps tous les enclenchements mécaniques nécessaires. L'électricité n'intervient que comme agent de manœuvre à distance et comme agent de contrôle.

Le contrôle collectif de la position de tous les appareils est également

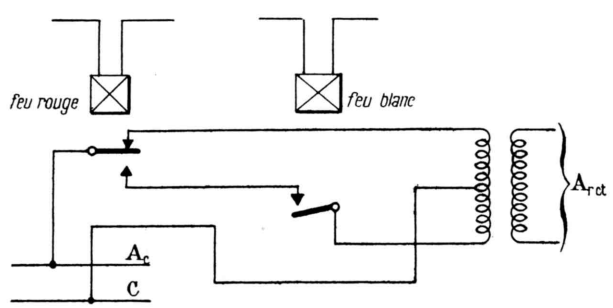


Fig. 8. — Schéma des circuits de contrôle d'ouverture et de fermeture d'un signal : A_{rct}, vers le relais de contrôle type à deux éléments et trois positions; A_c, alimentation du circuit de contrôle; C, conducteur commun.

simultané, résultant de la fermeture d'un circuit unique qui, partant de la source d'énergie, aboutit finalement au signal lumineux ou au moteur de signal. Le signal ne se met à voie libre que si ce circuit est complet; il se remet à l'arrêt immédiatement dès que l'une des conditions de contrôle vient à faire défaut.

V. TABLE DE MANŒUVRE

Dans la table de manœuvre du Poste I de la gare de Paris P.-L.-M., les poignées des leviers d'itinéraires sont disposées en quatre rangées horizontales superposées, sur une façade inclinée suivant deux plans portant chacun deux rangées de leviers. Le plan des deux rangées inférieures est plus incliné que celui des rangées supérieures, de telle sorte que les poignées des leviers se présentent au mieux pour l'aiguilleur et que le mouvement de traction est rendu également facile pour chacune des rangées.

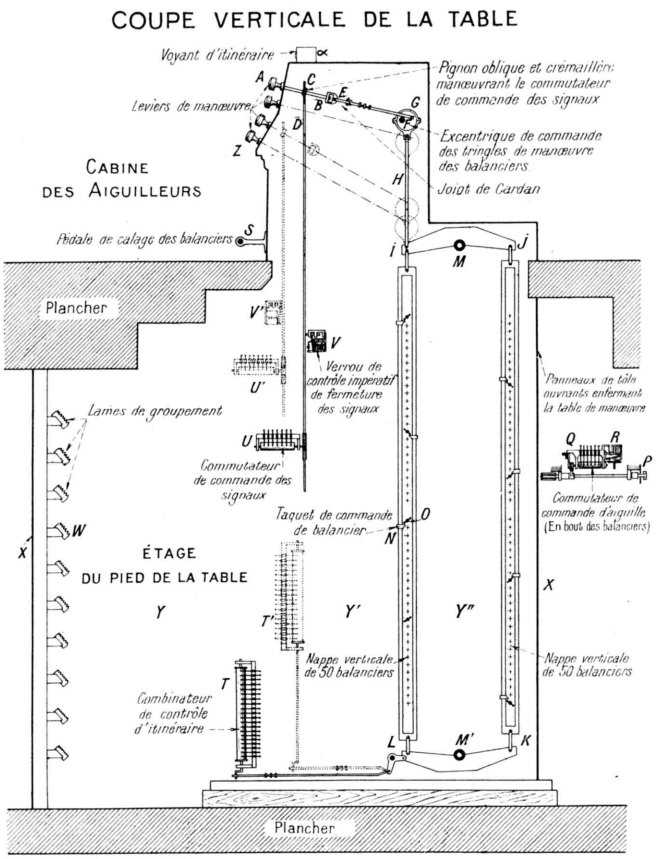


Fig. 9. — Coupe verticale de la table de manœuvre : A, poignée de manœuvre; B, tige; C, pignon à denture oblique; D, crémaillère; E, joint à la cardan; G, collier d'excentrique; H, bielle; I, sommet du parallélogramme IJKL; L, barres de groupement; L_m, leviers de manœuvre; M, axes des arbres; N', taquets; N, nappes verticales de cinquante balanciers; O, balanciers; P, clé; P_t, panneaux en tôle; Q, commutateur de commande d'aiguille; R, verrou; S, pédale; T, T', combinateurs de contrôle d'itinéraire; U, commutateur de commande des signaux; V, verrou de contrôle impératif de fermeture des signaux; V_i, voyant d'itinéraire; W, lames de groupement.

Chaque poignée A (fig. 9) est continuée par une tige B munie d'un pignon à denture oblique C qui attaque une crémaillère verticale D dont le rôle sera indiqué ci-après. La même tige B, par l'intermédiaire d'un joint de Cardan E, attaque la noix d'un excentrique dont le collier G communique un mouvement vertical de bas en haut à une bielle H. Cette liaison est irréversible, de telle sorte que la traction sur un levier d'itinéraire incompatible avec le premier ne peut avoir pour effet de remettre en position normale le premier levier, si par hasard la poignée de ce levier était restée en position verticale.

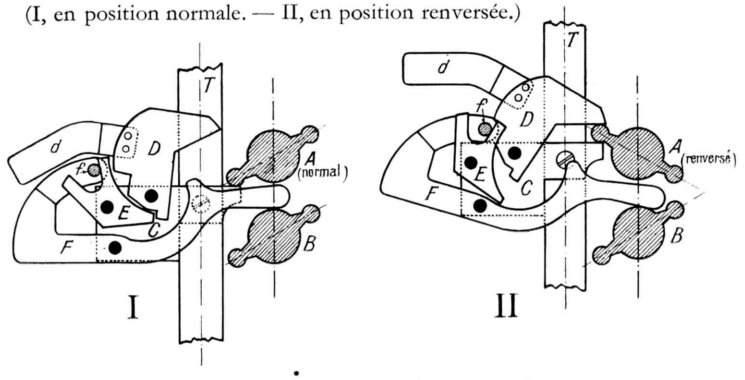
Enfin, le mouvement vertical ainsi produit est transmis au sommet I d'un parallélogramme articulé IJKL, dont les petits côtés constitués par des fléaux IJ et KL peuvent osciller autour des arbres M et M'. Les grands côtés IL et JK sont formés par des cadres qui peuvent recevoir des taquets N au moyen desquels ils entraînent la rotation de balanciers O. Les balanciers sont horizontaux et disposés en deux nappes verticales de cinquante balanciers chacune. Ils reposent, tous les quatre-vingts centimètres sur des paliers à fuseaux supportés par des chaises en fonte dont l'assemblage constitue le bâti de l'appareil. Les portées des fléaux sur les arbres M et M' sont lisses et graissées sous pression à partir des extrémités de ces arbres.

Les balanciers, en acier profilé, se terminent du côté gauche de la table, chacun par une clef P qui transmet son mouvement angulaire par un secteur denté à un commutateur de commande d'aiguille Q qui est l'organe de distribution d'énergie au moteur de l'aiguille à laquelle le balancier est affecté, de telle sorte qu'à chaque position extrême du balancier correspond une position déterminée de l'aiguille. Ce commutateur, et par conséquent le balancier, ne peut tourner qu'autant qu'un verrou R relié par l'intermédiaire d'un relais, à une section de rails isolés située sur l'aiguille, n'est pas lancé. Le lancement du verrou, qui correspond à la position désexcitée du relais, indique qu'un essieu occupe la section de rails, et empêche par conséquent de manœuvrer les lames d'aiguille entre les essieux d'un véhicule ou d'un train.

Chaque commutateur d'aiguille comporte en outre, un certain nombre de contacts permettant d'établir un contrôle de concordance entre la position du balancier et celle de l'aiguille.

Comme certaines aiguilles doivent revenir à une position déterminée, dite « position normale » lorsque l'itinéraire est détruit, à l'encontre des autres qui restent dans la position où le dernier itinéraire qui les intéresse les a mises, le levier qui les commande est muni d'un dispositif spécial dit « taquet de rappel en position normale » (fig. 10).

(I, en position normale. — II, en position renversée.)



A Balancier à rappeler en position normale
B Balancier voisin servant d'appui
C Taquet-support
D Taquet de rappel avec contrepoids *d*
E Pièce d'enclenchement
F Levier manœuvrant la pièce E par l'ergot *f*
T Tringle manœuvrée par le levier d'itinéraire
● Axes de rotation des pièces D, E, F

Fig. 10. — Schémas des taquets de rappel.

Le rôle de cet appareil est de ramener le balancier intéressé en « position normale » en utilisant la course de retour du cadre d'attaque. A cet effet, il crée entre le cadre et le balancier une solidarité temporaire, qui disparaît à la fin du mouvement de retour en position normale, afin de permettre que le renversement d'un autre levier d'itinéraire puisse, à son tour, entraîner la rotation du balancier considéré.

Enfin, pour obliger chaque balancier à achever complètement sa course angulaire et à garder une position stable à chacune des extrémités de cette course, malgré les trépidations que le passage des trains peut occasionner au mécanisme, on a placé au droit de chaque balancier un doigt de bronze qui l'amène, si c'est nécessaire, et le maintient, en tous cas, dans chacune des positions extrêmes. L'ensemble des doigts de tous les balanciers est soulevé en même temps lorsqu'on appuie sur une pédale S placée au pied de la façade de la table, et qui revient en place sous l'action de contrepoids dès qu'on abandonne cette pédale.

Le sommet L du parallélogramme articulé transmet, d'autre part, son mouvement au combinateur de contrôle d'itinéraire T. Les combinateurs de contrôle sont groupés en deux rangées T et T'. Enfin, la crémaillère D, dont il a été parlé plus haut, et dont le mouvement est subordonné à la libération d'un verrou électrique V, fait tourner le commutateur de commande des signaux U.

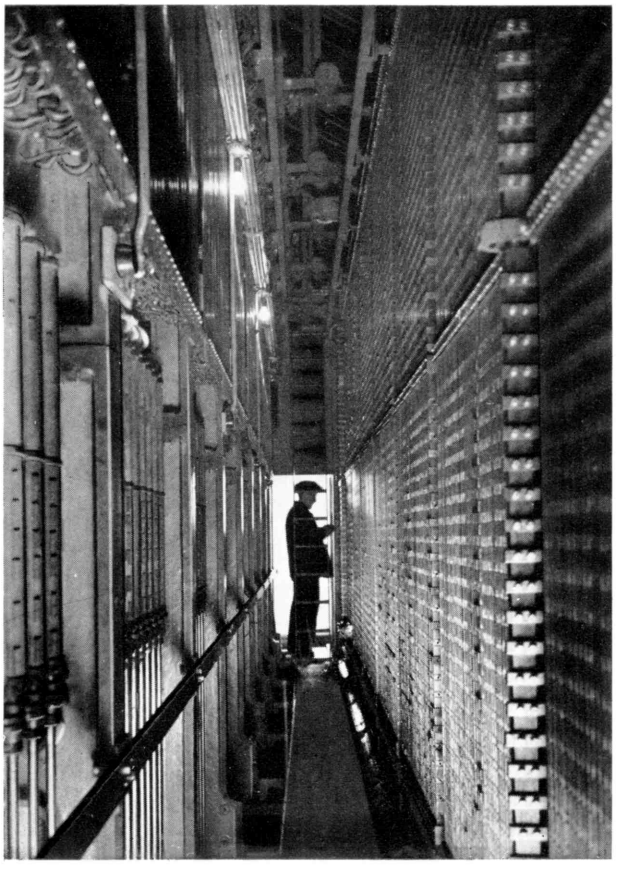


Fig. 11. — Vue d'une rue comprise entre les panneaux de la table de manœuvre d'un poste.

A quelque distance des combinateurs de contrôle est placée une charpente métallique verticale qui supporte, sur des barres isolantes, des lames de groupement W. Ces lames servent de points de liaison aux connexions entre les divers organes de contrôle et de manœuvre, les commutateurs de commande des signaux et les combinateurs de contrôle d'itinéraires. Tout l'ensemble

est enfermé dans des panneaux de tôle et présente trois rues longitudinales où peuvent avoir accès les agents d'entretien (fig. 11). Seule, la partie supérieure de la table, où sont fixées les poignées des leviers d'itinéraires, émerge à l'étage où se tiennent les aiguilleurs.

VI. CIRCUITS DE COMMANDE ET DE CONTRÔLE D'UNE AIGUILLE SIMPLE

La figure 12 montre le détail des circuits de commande et de contrôle d'une aiguille simple. On y a reproduit, sous une forme schématique, les organes précédemment décrits, c'est-à-dire : d'une part, le levier d'itinéraire avec sa poignée P, le combinateur mécanique avec ses barres T*d* et T*g* et un taquet *t* disposé sur la première de ces barres, et, d'autre part, le balancier de commande d'aiguille B avec son commutateur de commande C*ag* représenté en développement, le moteur d'aiguille M avec son distributeur, son moteur électrique et les organes de commande, de calage et de contrôle de position, portant les interrupteurs des conditions de contrôle.

Les deux fils de transmission vont du commutateur C*ag* au moteur à travers les résistances de réglage R*a*; un rupteur RI assure au moment voulu la rupture du courant dans le circuit.

Le circuit de contrôle et son appareillage comprend : un petit transformateur T, source individuelle de courant d'alimentation du circuit; les deux fils de ligne; un relais à courant alternatif RC, dont il sera question plus loin,

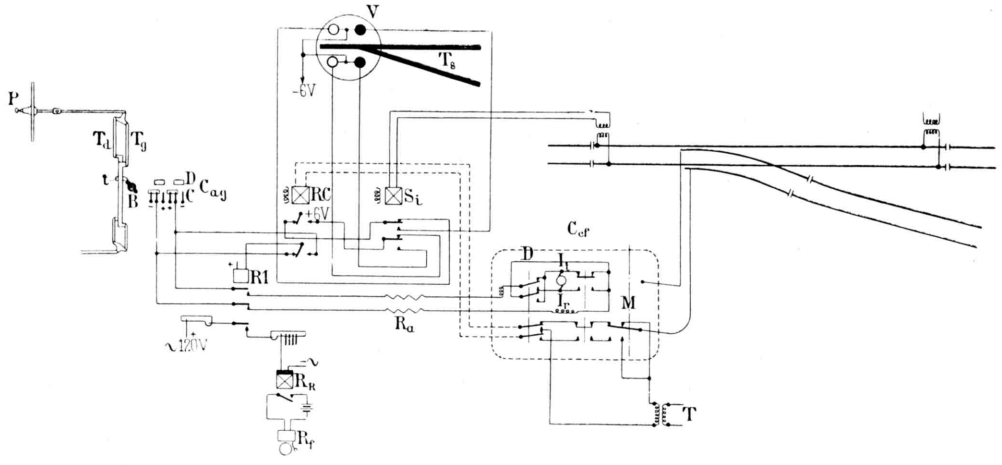


Fig. 12. — Schéma des circuits de manœuvre et de contrôle d'une aiguille simple à un seul relais : B, balancier individuel; $C_{ag.}$ combinateur de commande d'aiguille solidaire du balancier; $C_{cf,}$ commutateur de calage et de freinage; D, distributeur; $I_{r,}$ inducteur du moteur M; $I_{t,}$ induit du moteur M; $R_{a,}$ rhéostat de réglage des moteurs d'aiguille; P, poignée de manœuvre; R1, relais rupteur d'aiguille; RC, relais de contrôle à trois positions à courant alternatif; $R_{R,}$ relais du ronfleur R_f; $S_{i,}$ relais de section isolée; T, transformateur de contrôle; t, taquet de manœuvre; $T_{d,}$ barre de commande des aiguilles donnant « voie à droite »; $T_{g,}$ barre de commande des aiguilles donnant « voie à gauche »; $T_{s,}$ tableau schématique; V, voyant de contrôle d'aiguille.

placé dans la cabine et pouvant occuper trois positions; ces positions sont les suivantes : 1° une position neutre déterminée normalement par l'absence de courant dans le circuit, ou, accidentellement, par un court-circuit entre les fils de ligne du circuit de contrôle; 2° et 3° deux positions de travail correspondant chacune à une position, droite ou gauche, de l'aiguille.

A chacune de ces deux positions du relais correspond un sens approprié de circulation du courant dans le circuit de contrôle, sens qui est déterminé par l'établissement convenable des jeux de contact des appareils de contrôle des mécanismes d'aiguilles.

Sur la figure 12 est représentée en haut et à droite l'aiguille voie à gauche, contrôlée dans cette position. Le relais à courant alternatif RC est excité sous l'action du courant fourni par le petit transformateur T; le voyant de contrôle optique V correspondant à la position de l'aiguille est excité par le contact du relais RC.

Le circuit d'alimentation du moteur est complètement isolé de la source d'énergie par les contacts ouverts du relais rupteur RI, excité par un circuit partant du pôle + à travers l'enroulement de RI, passant à un contact du relais RC et retrouvant le pôle — à un plot du commutateur C*ag*. Quand on tire la poignée P du levier d'itinéraire, le taquet *t* de T*d* fait basculer le balancier B; le commutateur C*ag* ouvre les contacts de gauche du circuit de transmission et ferme les contacts de droite, le pôle — alimentant précédemment le rupteur RI par le contact du relais RC est coupé; le rupteur RI s'est désexcité et a établi les contacts fermant le circuit de transmission du moteur.

Le moteur d'aiguille est alors alimenté par les contacts D+ et D— du commutateur C*ag*, le distributeur se déplace aussitôt, coupe le circuit de contrôle et provoque la désexcitation du relais de contrôle RC; le voyant V devient inerte. L'aiguille se déplace vers la position donnant la voie à droite. Lorsque l'aiguille aura terminé sa course et sera contrôlée « voie à droite », les interrupteurs des organes de commande, de calage et de contrôle du mécanisme du moteur d'aiguille seront fermés; le relais RC sera excité par le courant fourni par le transformateur T, circulant en sens inverse de celui où il circulait lorsque l'aiguille était « voie à gauche ». Les deux contacts de ce relais fermeront, l'un le circuit du voyant de contrôle optique V, l'autre le circuit du relais rupteur RI, qui s'excitera et ouvrira ses contacts, coupant ainsi l'alimentation du moteur.

La commande et le contrôle pour la « voie à gauche » s'effectueront d'une manière identique, par un levier d'itinéraire portant sur sa barre T*g* un taquet *t* au droit du balancier B.

VII. AIGUILLES ACCOUPLÉES

Un premier mode d'accouplement consiste à solidariser deux aiguilles par une barre d'attelage et à les commander et contrôler par un seul moteur. C'est la disposition prévue pour les aiguilles des traversées-jonctions doubles :

elle ne présente aucune particularité, les circuits électriques de distribution restant les mêmes que pour une aiguille simple.

Le second mode d'accouplement, employé pour les deux aiguilles d'une communication, consiste à disposer un moteur auprès de chaque aiguille. Chaque moteur possède, du départ de la cabine à l'arrivée au moteur, son circuit propre d'alimentation. Les circuits de transmission sont groupés en parallèle, en cabine; et alimentés par un commutateur C*ag* unique et un seul rupteur RI.

Le circuit de contrôle comporte deux fils, un transformateur et un seul relais de contrôle. Ce circuit passe par les contacts connectés en série des deux moteurs.

VIII. CONTRÔLE D'ITINÉRAIRE ET COMMANDE DES SIGNAUX

Les circuits de contrôle d'itinéraire sont constitués en local par l'assemblage purement géographique de deux circuits élémentaires types correspondant, l'un au cas de l'aiguille simple, l'autre au cas de deux aiguilles accouplées ou diagonales. Le cas particulier des traversées-jonctions n'est pas à considérer à ce point de vue spécial : si les quatre aiguilles sont indépendantes ou accouplées en croix, elles sont traitées comme aiguilles simples ou diagonales, si les aiguilles 1 et 2, 3 et 4 sont commandées par un seul moteur, il suffit de remplacer le tracé réel de la voie (figure 13*a*) par un tracé équivalent (figure 13*b*) constitué par deux aiguilles simples placées pointe à pointe.

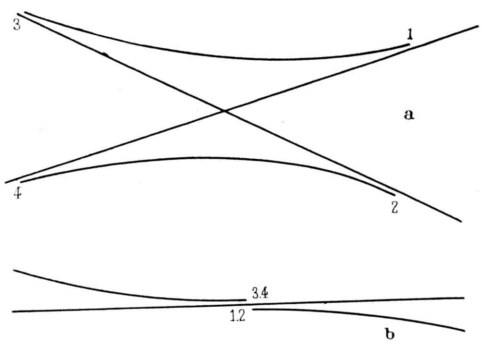


Fig. 13. — Schémas d'aiguilles : a, tracé réel; b, tracé équivalent.

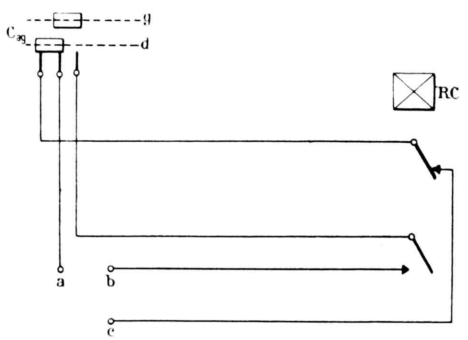


Fig. 14. — Schéma du circuit relatif à une aiguille simple.

Pour une aiguille simple, le circuit comprend (fig. 14) deux contacts *d* et *g* sur le relais de contrôle d'aiguille RC et un interrupteur à deux directions disposé sur le commutateur de commande de l'aiguille considérée. Chaque contact est connecté en série avec la branche correspondante du circuit de l'interrupteur à deux directions.

On voit facilement sur la figure que, pour l'une quelconque des positions de l'aiguille, le circuit est complet dans l'une des branches *ab* ou *ac* si l'aiguille est contrôlée pour la position concordant avec celle du balancier, tandis que

la deuxième branche, correspondant à un itinéraire convergent, est complètement isolée. Pour une diagonale, il y a sur le commutateur C*ag* deux interrupteurs à deux directions agissant ensemble avec les contacts du relais RC, d'où trois branches de circuit : deux peuvent être établies simultanément, *ab* et *df*, qui correspondent aux deux directions compatibles; la troisième contrôle la communication établie entre les deux voies parallèles, ainsi que le montre la figure 15 représentant le schéma du circuit relatif à une diagonale.

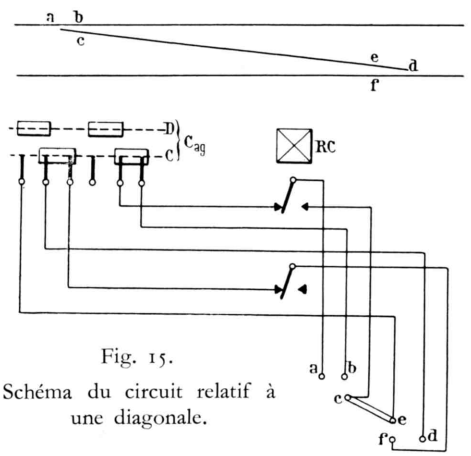


Fig. 15.
Schéma du circuit relatif à une diagonale.

Dans l'application, on supprime sur le diagramme des voies toutes les traversées-jonctions doubles en les remplaçant par des aiguilles pointe à pointe; les circuits élémentaires dont il a été question ci-dessus sont ensuite embrochés entre eux par un montage exactement semblable à celui qui est utilisé pour les aiguilles sur la voie.

Aux Postes I et II de la gare de Paris, II de celle de Dijon-ville, I, II et III de celle de Lyon-Perrache, III, IV et V de celle de Lyon-Guillotière, étant donné les nombreuses transformations que ces postes ont dû subir pour suivre les travaux auxquels conduisaient le remaniement et l'extension des voies avant d'arriver à l'état définitif, ledit montage a été prévu et effectué au moyen d'un tableau à bornes dit « tableau géographique de groupement des circuits de contrôle ». Sur ce tableau, chaque aiguille, soit provisoire, soit définitive, a été représentée par trois bornes telles que *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, des figures 11 et 12, reliées dès le début à leurs relais et commutateurs de commande et entre lesquelles furent établies les liaisons voulues au fur et à mesure que se poursuivait l'avancement des travaux.

Le passage d'une phase à l'autre consista donc en l'addition ou la suppression des taquets sur les barres T*d* et T*g* (fig. 12) des leviers d'itinéraires intéressés et en l'établissement ou la suppression de connexions sur le tableau géographique de groupement.

La figure 16, concernant le schéma des circuits de contrôle d'itinéraires avec relais différé à courant alternatif, montre l'application des dispositions qui précèdent à un itinéraire complet comprenant : une communication n° 1 « voie à droite », une aiguille simple n° 2 « voie à droite », et une aiguille n° 3 « voie à gauche ».

Le levier d'itinéraire est figuré tiré et la poignée verticale. Le circuit de contrôle établi entre les lames + et — du combinateur de contrôle d'itinéraire provoque l'excitation du relais RD, commun à tous les itinéraires ayant leur origine à la pointe de l'aiguille 1*p*, qui met sous tension le circuit d'ouverture des signaux.

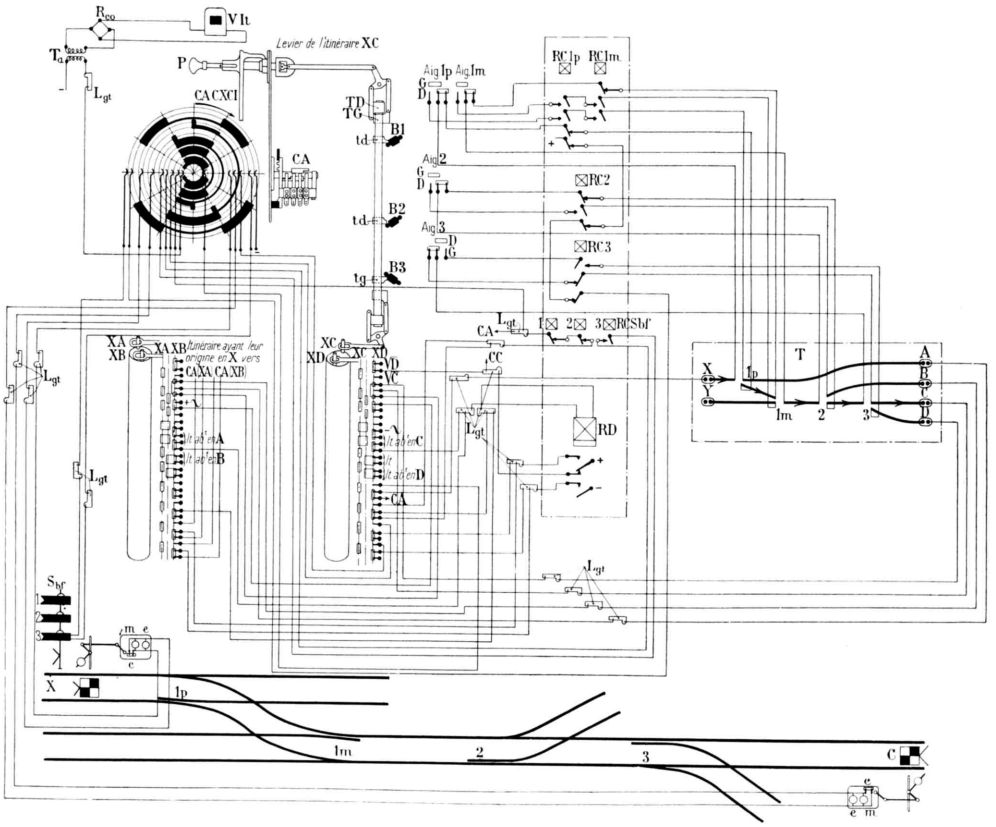


Fig. 16. — Schéma des circuits de contrôle d'itinéraire avec relais différé à courant alternatif. Pour la table de manœuvre : B_1, B_2, B_3, balanciers individuels d'aiguille ; CA, commutateurs auxiliaires de commande des signaux ; CC, combinateurs de contrôle d'itinéraire solidaires du mouvement de translation des leviers ; DG, contacts locaux du contrôle de concordance effectués sur le commutateur de commande d'aiguille ; It, itinéraire ; *Itab* en C, itinéraire aboutissant en C ; *Itab* en D, itinéraire aboutissant en D ; L_{gt}, lames de groupement ; P, poignée de manœuvre ; R_{co}, redresseur à oxyde de cuivre ; S_{bf}, sémaphore de bifurcation ; TG, TD, barres de commande d'aiguille ; tg, td, taquets de manœuvre d'aiguille ; VI_t, voyant de contrôle d'itinéraire ; T_a transformateur abaisseur. — Pour le tableau d'entrée : 1 p, 1 m, 2, 3, contacts locaux de commande d'aiguille ; RC, relais de contrôle d'aiguille ; RC 1 p, RC 1 m, RC 2, RC 3, contacts locaux de contrôle d'aiguille ; RD, relais de contrôle d'itinéraire, différé, à courant alternatif ; RCSbf, relais de contrôle de sémaphore de bifurcation ; T, tableau géographique des circuits de contrôle. — Pour le moteur du signal : c, interrupteur du circuit de force motrice ; e, embrayage ; m, moteur.

Si l'on tourne la poignée vers la droite au premier degré, le voyant V I*t* de contrôle d'itinéraire apparaît, puis au deuxième degré, le signal de gauche est mis en position d'ouverture.

En tournant la poignée du levier d'itinéraire en sens inverse, on obtient le même effet sur le voyant et l'ouverture du signal de droite.

Avec ces dispositions, il est facile de voir que si l'on veut, dans cet itinéraire, supprimer l'aiguille n° 2, il suffit d'enlever le taquet *td* au droit du balancier B2 au tableau géographique, de relier la borne « pointe » à la borne « voie à droite » de l'aiguille n° 2, et d'isoler la connexion de la borne « voie à gauche ».

L'opération inverse serait à faire si, partant de cette dernière situation préparée à l'avance, on voulait au contraire réaliser la mise en service de l'aiguille n° 2.

IX. MANŒUVRE DU LEVIER D'ITINÉRAIRE

1. *Constitution d'un itinéraire.* — Pour constituer l'itinéraire, l'aiguilleur tire à lui la poignée A (fig. 9) et dès que ce mouvement est terminé, il incline immédiatement la poignée vers la droite ou vers la gauche suivant le sens dans lequel l'itinéraire doit être parcouru.

Le mouvement de translation a pour effet, par l'intermédiaire des pièces décrites, de faire tourner les commutateurs de commande des aiguilles intéressées par l'itinéraire, pourvu toutefois qu'aucun essieu ne les occupe, et par conséquent d'amener ces aiguilles dans la position convenable. En même temps, le combinateur de contrôle d'itinéraire T tourne et dispose ses contacts de façon à constituer un circuit qui totalise les contrôles des aiguilles intéressées.

Quand les aiguilles ont tourné et envoyé chacune leur courant de contrôle à leurs relais respectifs, ce circuit de totalisation se ferme, dès que la poignée est inclinée de 30°, sur une source et sur une lampe blanche qui avertit que l'itinéraire sur les voies est effectivement et correctement réalisé. Quand la position de la poignée atteint l'inclinaison de 60° ce circuit se ferme, en outre, sur un relais totalisateur qui branche la source de courant sur les circuits d'alimentation des signaux. Ceux-ci s'ouvrent alors, le premier pour l'inclinaison de 60°; les autres, s'il y en a, de 30° en 30° au-delà, chacun ne s'ouvrant que si l'ouverture du précédent est contrôlée effective. En même temps, les moteurs qui désarment les appareils détonants pour l'appui des signaux d'arrêt absolu, les relais qui suppriment la tension sur les crocodiles appuyant les signaux d'annonce et enfin les relais de commande de tableaux lumineux placés sur les trottoirs des voies à voyageurs, indiquant la destination de l'itinéraire donné, reçoivent leur alimentation aux angles convenables et avec les conditions de contrôle des signaux correspondants.

De même, les relais qui arment les fermetures automatiques des signaux et ceux qui assurent l'enclenchement dit « de transit » sont alimentés aux angles voulus.

Tout l'ensemble des opérations ci-dessus décrites s'effectue en un temps de 3 à 5 secondes.

2. *Contrôle de l'itinéraire.* — Le courant électrique qui alimente les appareils moteurs est continu pour les aiguilles, les signaux mécaniques à cocardes ou à ailes, et les appareils détonants. Le courant d'alimentation des signaux lumineux de jour et de nuit est alternatif.

Le courant qui alimente les circuits de contrôle des appareils en campagne et les sections de rails isolés (calage d'aiguilles, transit, fermetures automatiques) est alternatif dans les postes suivants : Postes I et II de la gare de Paris, II de la gare de Dijon-Ville, I de la gare de Lyon-Perrache, III, IV, V et VI (ce dernier à leviers individuels) de la gare de Lyon-Guillotière. Au contraire, ce courant est continu dans les postes de construction antérieure : Postes I, II, III de la gare de Melun, Postes II et III de la gare de Lyon-Perrache, Postes IV et V (à leviers individuels) de la gare de Villeneuve-Saint-Georges.

En cabine, les circuits de contrôle d'occupation des rails isolés et de fermeture automatique des signaux sont alimentés, à partir des relais répétant l'occupation de ces rails isolés en campagne, en courant continu ainsi que les relais rupteurs du courant d'alimentation des moteurs d'aiguilles.

Le tableau géographique de groupement des contrôles (fig. 17) est constitué par un panneau en matière isolante sur lequel le tracé des voies commandées par le poste est matérialisé par des bandes de maillechort reproduisant schématiquement ce tracé. Les aiguilles, au point de divergence de deux barres, y sont représentées par une courte interruption du tracé, limitée par trois bornes en triangle. A l'arrière du tableau, les bornes de chaque triangle sont réunies, par un câblage approprié, aux contacts des positions « à droite » et « à gauche » du relais de contrôle et aux plots correspondants du commutateur de commande de l'aiguille intéressée.

Le tableau géographique porte, à son avers, des inscriptions schématiques qui renvoient, pour chaque triangle d'aiguille, au relais et au commutateur contrôlés, ainsi qu'une lampe témoin alimentée d'une part par la source d'entrée au tableau géographique et d'autre part par un fil souple qu'on peut promener sur les barres du tracé pour l'explorer, en cas de manque de contrôle accidentel d'un itinéraire. L'ensemble de ces dispositions rend particulièrement rapide la localisation des dérangements.

Les relais de contrôle à courant alternatif sont des moteurs à champ tournant dont la course du rotor est limitée à un angle restreint. Ce type se prête particulièrement à la réalisation de relais à trois positions, puisqu'en

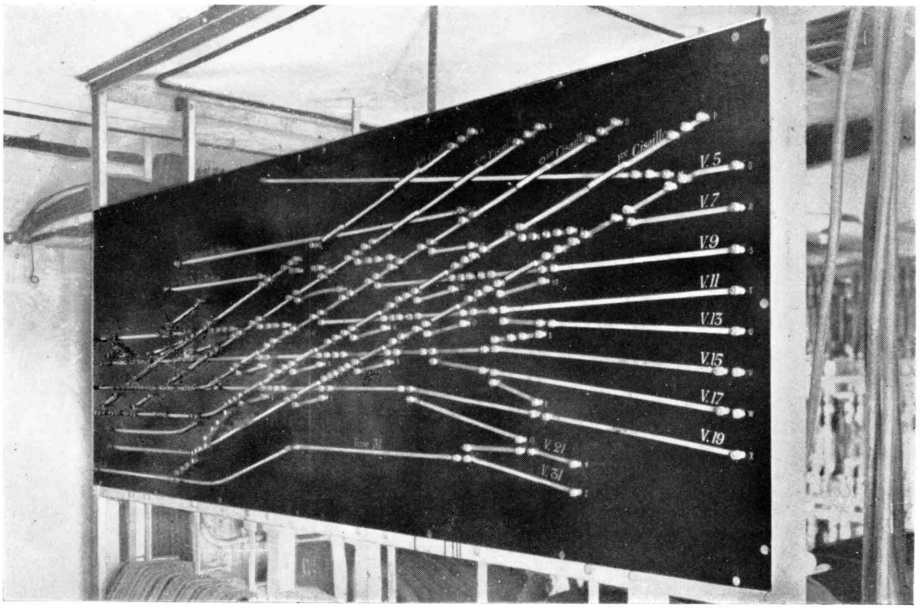


Fig. 17. — Vue du tableau géographique installé dans le nouveau poste II de la gare de Paris de la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

inversant le déphasage dans le fil de ligne, on provoque la rotation du rotor dans un sens ou dans l'autre. Ces appareils sont plombés et tout relais dérangé est remplacé par un relais de réserve, la réparation se faisant en usine.

En ce qui concerne les relais totalisateurs du contrôle d'un itinéraire, il y a lieu de prévoir qu'une lame d'aiguille, sous le passage d'un train, peut transmettre ses trépidations à son interrupteur de contrôle et donner, à ce moment, des manques de contrôles brefs et intermittents, qui ne correspondent d'ailleurs à rien de dangereux pour la sécurité. Pour éviter que ces interruptions de contrôle ne fassent clignoter le voyant de contrôle de l'itinéraire et les signaux lumineux, le fonctionnement du relais totalisateur est différé à la rupture, par un dispositif entièrement mécanique, de quelques secondes.

3. *Destruction de l'itinéraire.* — La fermeture des signaux est obtenue simplement en ramenant la poignée de manœuvre à la position inclinée à 30° sur la verticale. On est arrêté en ce point par l'action du verrou V (fig. 9) qui ne libère la barre verticale que si tous les signaux ouverts ont bien été refermés et contrôlés dans cette position. Il est nécessaire aussi, pour que le verrou se retire, que les crocodiles des disques rouges et des annonciateurs, si de tels signaux étaient intéressés par l'itinéraire, soient remis en charge et que les désengageurs qui autorisent la manœuvre de certains signaux appartenant à d'autres postes soient redevenus inertes.

4. *Commande individuelle.* — La commande individuelle des aiguilles s'effectue par une clef solidaire du commutateur de commande d'aiguille de chaque balancier (fig. 9). L'ensemble des balanciers étant normalement immobilisé par les doigts de bronze qu'on écarte en appuyant sur la pédale située devant la façade de la table, on a ajouté, le long de chaque rangée de clefs, une barre verticale à laquelle on peut imprimer un déplacement de translation, ce qui équivaut à l'appui sur la pédale et évite d'avoir recours à l'aide d'une personne placée dans la cabine des aiguilleurs.

Les clefs de commande individuelle des aiguilles portent chacune une plaque émaillée indiquant le numéro de l'aiguille qu'elle manœuvre et un repère « droite » et « gauche » permettant de conclure la position de l'aiguille en campagne d'après la position de la clef. Les clefs sont placées en deux rangées verticales de cinquante chacune, et chaque rangée est enfermée, en temps normal, sous une porte métallique plombée, garnie d'une vitre à l'avant. Ainsi, en service normal du poste, l'accès des clefs est interdit, mais on peut suivre, à travers la vitre, leurs diverses positions sous l'action des leviers d'itinéraires, ce qui peut être utile en cas de dérangement.

La commande individuelle des signaux et des moteurs de pétards est groupée sur un tableau qui occupe la dernière travée de gauche de la façade de la table.

Ce tableau consiste en une série de commutateurs placés chacun derrière une entrée de serrure. Il y a un commutateur et une entrée de serrure par signal et par désengageur. Si l'on introduit une clef appropriée dans une

serrure, on peut provoquer la rotation du commutateur correspondant, soit dans un sens, si le signal en cause est placé sur une voie parcourue dans un seul sens, ou ne possède pas de pétards, soit dans les deux sens. Dans ce dernier cas, un sens de rotation (le haut de la clef se déplace dans le même sens que le mouvement sur le terrain) provoque l'ouverture du signal et le désarmement de l'appareil détonant, l'autre sens désarme seulement le pétard.

Chaque entrée de serrure est fermée normalement par un opercule plombé, et l'ensemble du tableau de commande individuelle des signaux est fermé à son tour sous un panneau vitré plombé.

Il est à noter que, lorsque l'on ouvre un signal à l'aide de sa commande individuelle, on coupe du même coup la commande de la table d'itinéraires sur ce signal, mais sur ce signal seulement. Si donc l'on est amené à se servir de la commande individuelle pour un ou plusieurs signaux d'une région déterminée de la gare, on peut (et l'on doit, par raison de sécurité) continuer à se servir de la table d'itinéraires pour les autres signaux.

X. TABLEAU SCHÉMATIQUE DE CONTRÔLE PERMANENT

A la table de manœuvre est adjoint un tableau schématique de contrôle permanent qui comprend un tableau métallique vernis noir mat épousant une forme cylindrique, sur lequel le tracé des voies est représenté schématiquement par des traits de peinture claire. Pour chaque aiguille, signal, désengageur ou rail isolé, le tracé de peinture est interrompu et fait place à un voyant lumineux.

Le voyant lumineux de contrôle d'aiguille est constitué par un boîtier contenant des lampes et portant à sa face avant un verre douci avec cache métallique, pour désigner, par un trait lumineux assurant la continuité du tracé fixe en peinture claire, la direction donnée par l'aiguille. Chaque voyant peut indiquer trois états différents de l'aiguille sur le terrain : 1° par un trait lumineux à droite, contrôle de la position « à droite » de l'aiguille; 2° par un trait lumineux à gauche, contrôle de la position « à gauche » de l'aiguille; 3° absence de trait lumineux, l'aiguille ne contrôle pas, ses lames sont en position intermédiaire.

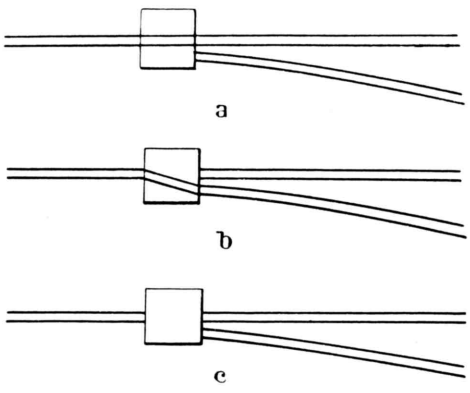


Fig. 18. — Schémas montrant l'indication du voyant dans les cas suivants : a, aiguille contrôlée à gauche; b, aiguille contrôlée à droite; c, aiguille non contrôlée.

Si l'aiguille est disposée sur le terrain « voie à gauche » dans les conditions requises par la sécurité, c'est-à-dire dans les limites de tolérance fixées à l'avance pour l'application de la lame, le contrôle de cette position fait apparaître le trait lumineux particulier à cette position (fig. 18*a*). Pour

la position « voie à droite », le trait lumineux du voyant indique dans les mêmes conditions la direction donnée par l'aiguille (fig. 18*b*). Quand l'aiguille occupe une position intermédiaire, c'est-à-dire pendant son mouvement, ou bien si elle ne s'applique pas parfaitement au rail contre-aiguille, ou encore si elle est écartée de sa position partiellement ou même jusqu'à s'appliquer en position inverse, aucun trait lumineux n'apparaît (fig. 18*c*).

Pour les aiguilles des traversées-jonctions doubles, le tracé a été reproduit sous la forme la plus facile à lire de deux aiguilles simples pointe à pointe, représentée par conséquent comme il a été indiqué précédemment.

Les sections isolées sont, en principe, représentées au tableau schématique par un voyant lumineux pouvant donner deux indications : feu rouge pour la voie occupée, feu blanc pour la voie non occupée.

Pour les aiguilles pourvues d'une section isolée de protection, afin de simplifier le tableau et pour en faciliter la lecture, le voyant lumineux de la section isolée est confondu avec celui de l'aiguille correspondante, de sorte que pour chaque ensemble formé par une aiguille et une section isolée, les indications données par le voyant sont les suivantes :

a) Aiguille voie à droite, section libre, trait lumineux blanc à droite.
b) Aiguille voie à droite, section occupée, trait lumineux rouge à droite.
c) Aiguille voie à gauche, section libre, trait lumineux blanc à gauche.
d) Aiguille voie à gauche, section occupée, trait lumineux rouge à gauche.
e) Aiguille intermédiaire, quel que soit l'état de la section, voyant obscur.

Les signaux ont un voyant lumineux qui présente sur le trait figurant la voie la forme même du pavillon du signal, s'il s'agit de signaux mécaniques. Cette fenêtre peut présenter deux états différents : le signal ouvert donne une indication lumineuse blanche, le signal fermé donne une indication lumineuse de couleur et de forme appropriées à celles du signal.

Pour les signaux lumineux de jour et de nuit, leur répétiteur au tableau schématique a l'aspect du panneau lumineux sur le terrain, avec autant de feux et la même disposition et les mêmes couleurs. Les feux répétiteurs au tableau schématique s'allument et s'éteignent en concordance avec les feux réels sur les voies. Enfin, les signaux des postes voisins dont la manœuvre est placée sous la dépendance du poste électrodynamique considéré sont figurés au tableau schématique par des voyants conventionnels : croix de Lorraine, croix grecque, croix de Saint-André, carrés ou cercles striés, lesquels passent du blanc au rouge ou au vert suivant l'état de la commande du poste électrodynamique (désengageur) sur le signal en cause du poste voisin.

En outre, le tableau schématique porte certains voyants répondant à des besoins spéciaux : croix de Malte indiquant la fin du passage d'un train dans la zone du poste, étoiles indiquant que l'itinéraire accordé est en train de se parcourir et que le levier ne peut être remis en position normale (enclenchement de transit).

Il est prévu d'ajouter encore des voyants lumineux sur les traits figurant les voies à trottoirs, donnant à l'aiguilleur l'avertissement que ces voies

sont occupées par des trains en stationnement, et également des voyants dits « de concordance », confirmant qu'un mouvement commandé sur une de ces voies a bien été préparé sur la voie choisie, par manœuvre du levier d'itinéraire approprié.

Le tableau schématique lumineux du Poste I de la gare de Paris devant subir de très nombreuses modifications en conséquences des phases de travaux, a été réalisé en deux exemplaires qui ont été montés, câblés et installés en même temps, dès le début de la mise en service. Les deux tableaux ont été placés l'un devant l'autre. Celui d'avant, préparé pour représenter l'état de la gare au début des travaux, a subi tous les remaniements imposés par les modifications de la gare, et lorsque ces travaux ont été complètement achevés, il a suffi de démonter ce tableau provisoire pour laisser apparaître le tableau définitif établi pour donner la représentation de la gare dans son état terminal.

Avec les dispositions qui précèdent, tout mouvement normal ou anormal d'un appareil de voie quelconque se trouve reproduit aussitôt sur le tableau schématique. Dans la manœuvre normale des leviers d'itinéraires, le mouvement des voyants suit immédiatement celui des appareils; le déplacement des aiguilles s'accuse, en particulier, jusqu'à la manifestation du contrôle de la nouvelle position; si l'une d'elles est arrêtée, le tableau l'indique.

A un moment quelconque, et alors même qu'aucun itinéraire n'est constitué, l'entre-baîllement d'une aiguille par une cause quelconque, notamment par un mouvement anormal la prenant en talon en fausse position, appelle aussitôt l'attention par le voyant, puis par un signal acoustique, l'aiguilleur prend alors les mesures nécessaires, en avertissant le personnel d'entretien.

XI. SECTIONS DE RAILS ISOLÉES

1. *Relais à courant alternatif.* — Ce type de relais, auquel il a déjà été fait allusion plus haut, est utilisé pour le contrôle de la position des aiguilles, pour le contrôle de la fermeture des signaux et pour le contrôle de l'état d'occupation des sections isolées. Il peut être, suivant le cas, à deux ou trois positions. C'est, en fait, un petit moteur asynchrone diphasé commandant par une came de forme appropriée six groupes de contacts translateurs qui seront utilisés pour les circuits locaux afin de réaliser toutes les fonctions dépendant en cabine de l'état ou de la position des appareils en campagne : aiguilles, signaux et sections isolées.

La partie mobile du relais est constituée par un tambour en aluminium monté sur roulement à billes, tournant dans un stator à huit pièces polaires, dont quatre constituent l'élément local du relais, et les quatre autres l'élément ligne.

L'élément local est relié directement à la source d'énergie à courant alternatif à 120 volts, l'élément ligne reçoit l'énergie du circuit de contrôle; c'est dans ce dernier circuit que le courant est inversé lorsque l'appareil commandé nécessite l'emploi d'un relais à trois positions : pour les aiguilles

contrôlées voie à droite et voie à gauche, et pour certains signaux contrôlés ouverts et fermés.

Lorsque les deux éléments sont excités, le tambour ou rotor du relais est entraîné et actionne les contacts; si le circuit de contrôle n'est pas établi normalement en fin de course de l'appareil, ou accidentellement par suite d'un défaut quelconque, le relais est maintenu en position neutre, avec ses contacts ouverts pour les relais à trois positions, ou en position de repos pour les relais à deux positions.

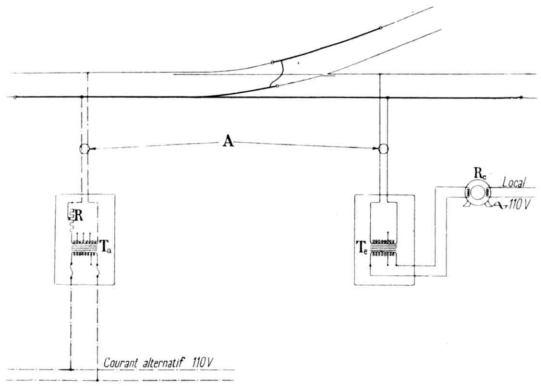


Fig. 19. — Schéma des circuits d'alimentation et de contrôle d'une section isolée : A, têtes d'extrémité; R, résistance; R_c, relais de contrôle en cabine; T_a transformateur abaisseur de tension; T_e, transformateur élévateur de tension. Les traits accentués figurent la section isolée.

2. *Schéma des sections isolées.*— Le schéma général de l'équipement d'une section isolée est donné sur la figure 19. Cette disposition est appliquée à toutes les aiguilles; elle assure la protection nécessaire et rend impossible la manœuvre d'un levier d'itinéraire et par suite la manœuvre d'une aiguille dont la section est occupée par un véhicule, locomotive ou wagon.

Le transformateur d'alimentation est connecté à une des extrémités de la section isolée; une résistance de réglage et un fusible sont interposés dans le circuit.

Des éléments analogues sont connectés à l'autre extrémité, mais le transformateur est de puissance moindre, puisqu'il ne fonctionne que comme transformateur élévateur fournissant le courant d'alimentation du relais placé en cabine.

Les deux transformateurs sont à prises multiples ou secondaires; le transformateur d'alimentation porte, en particulier, des prises permettant toutes les combinaisons de tension, volt par volt, de 1 à 12. Cette dispo-

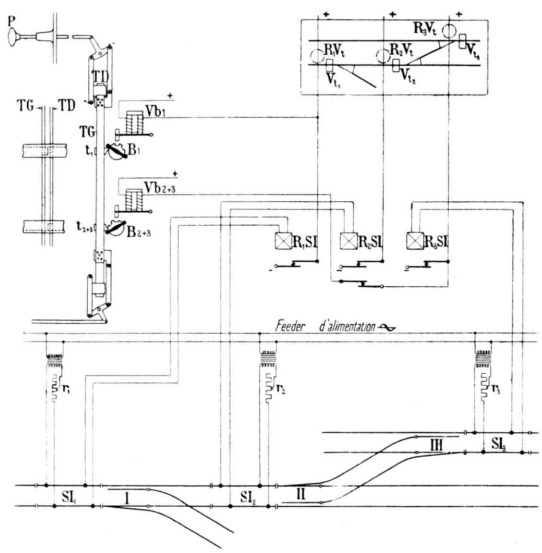


Fig. 20. — Schéma des circuits d'enclenchement par rail isolé : B_1, B_{2+3}, balanciers individuels d'aiguille; P, poignée de manœuvre du levier d'itinéraire; r_1, r_2, r_3 rhéostats; R_1SI; R_2SI, R_3SI, relais de section isolée; R_1V_t, R_2V_t R_3V_t, relais de voyant de section isolée; SI_1, SI_2, SI_3, sections isolées; TD, TG, barres de commande des aiguilles donnant 1, voie à droite, 2, voie à gauche; t, taquets de manœuvre d'aiguille; V_{b1}, V_{b2+3}, verrous de balancier; V_{t1}, V_{t2}, V_{t3}, voyants de section isolée; I, II, III, aiguilles.

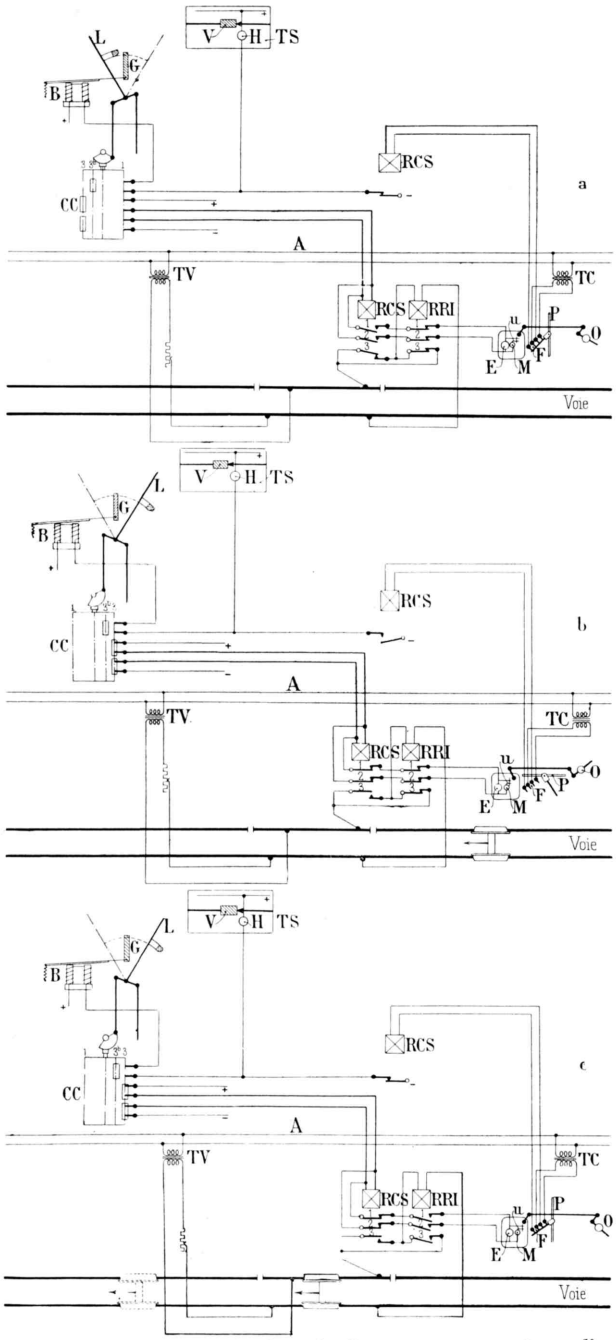


Fig. 21. — Schémas relatifs à la fermeture automatique d'un signal au passage du premier essieu : schéma a, signal fermé par le poste; schéma b, signal ouvert par le poste; schéma c, fermeture du signal par le train; B et G, électro-aimant et verrou de contrôle; CC, combinateur de contrôle; E, embrayage; F, commutateur de contrôle; H, électro-aimant du voyant de contrôle; L, levier de signal; M, moteur; O, contrepoids de rappel; P, pavillon; RCS, relais auxiliaire de commande du signal; RRI, relais de rail isolé; TC, transformateur d'alimentation de contrôle; TV, transformateur d'alimentation de voie; u, coupure.

sition, combinée avec les résistances, permet un réglage convenable du circuit de voie de façon à avoir en cabine le courant de puissance nécessaire avec le déphasage optimum pour le bon fonctionnement du relais.

Lorsque la section isolée est libre de tout véhicule, le courant circulant dans les deux rails de la section isolée alimente et excite le relais de voie; si la section isolée est occupée, les files de rails sont mises en court-circuit et le relais devient inerte.

3. *Enclenchement individuel des aiguilles par rails isolés.* — Ce dispositif d'enclenchement s'obtient en immobilisant le balancier individuel de commande d'aiguille dans l'une ou l'autre de ses positions par un verrou électrique commandé de la manière bien connue par le relais de voie.

La figure 20 montre l'application au balancier B_1 d'une aiguille et au balancier B_{2+3} d'une communication avec rail isolé à chaque aiguille.

4. *Contrôle impératif de fermeture des signaux.* — Le contrôle impératif de fermeture des signaux et, d'une manière plus générale, toutes les conditions d'enclenchement en position renversée d'un levier d'itiné-

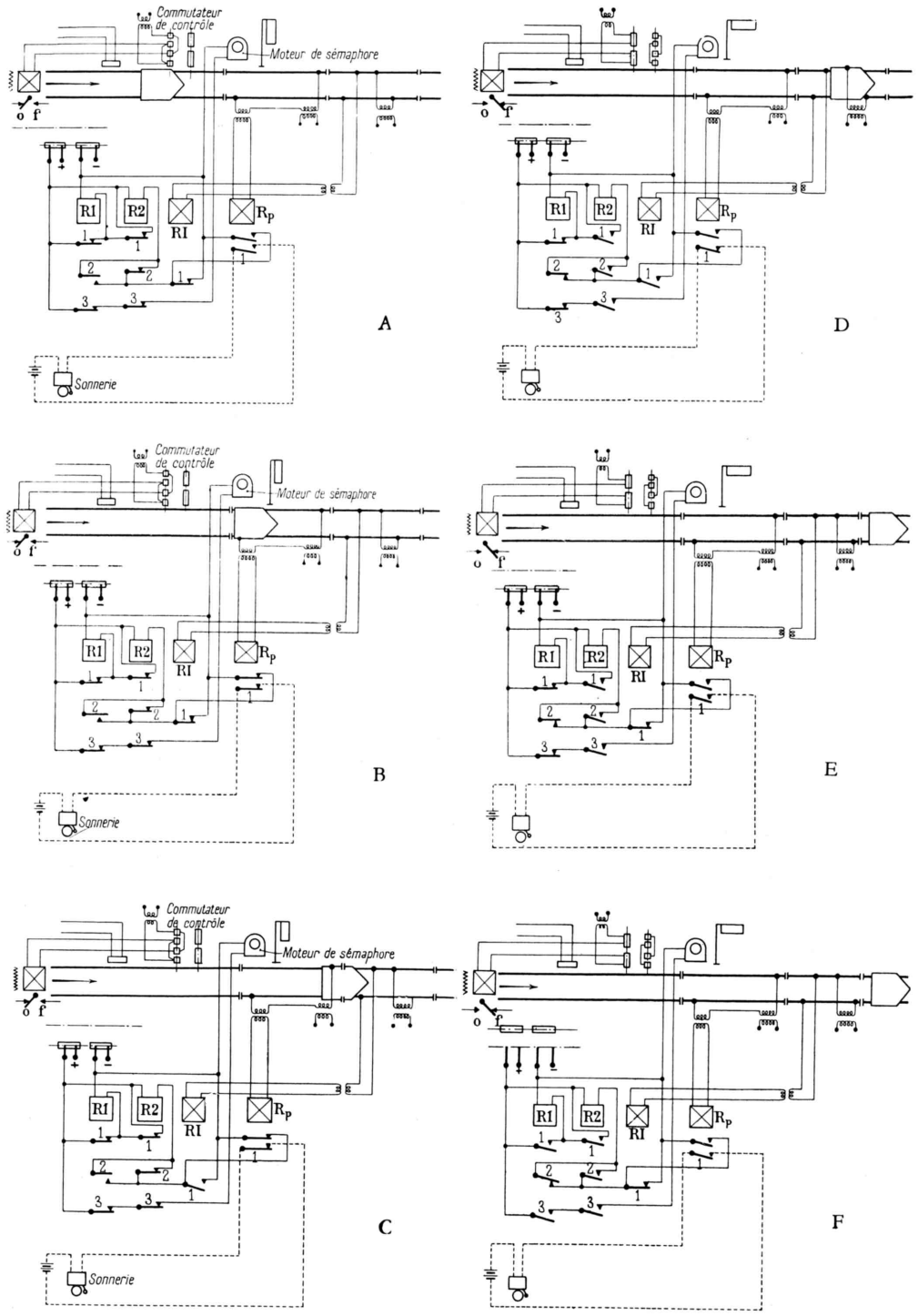


Fig. 22. — Schémas de fermeture d'un sémaphore au passage du dernier essieu : a, le signal est ouvert par le poste; b, le train aborde la pédale; c, le train aborde la section; d, le train quitte la pédale; e, le train quitte la section; f, le poste a confirmé la fermeture; R_1, R_2, relais auxiliaires; RI, relais de section isolée; R_p, relais de pédale.

raire, s'obtiennent en appliquant un verrou électrique sur la barre de commande du commutateur auxiliaire, munie à cet effet des entailles nécessaires pour s'opposer au redressement de la poignée tant que le verrou n'est pas excité.

5. *Fermeture automatique d'un signal au passage du premier essieu.* — Le dispositif prévu est celui qui est indiqué par la figure 21. Dans la situation pour laquelle le signal est fermé par le poste, la section isolée est alimentée et le relais correspondant RRI est excité. Le moteur de signal est débranché de la source d'énergie et inerte, de même que son relais de commande RCS.

Quand le levier est mis en position d'ouverture, le relais RCS s'excite : le relais RRI est maintenu à l'état d'auto-excitation par son propre contact 3 ; le relais RCS, par ses contacts 1 et 2, met le moteur sous tension et le signal s'ouvre.

Le train abordant le rail isolé rend RRI inerte par mise en court-circuit des rails; ce relais coupe l'alimentation du moteur et le signal se ferme. Cette situation subsiste d'ailleurs quand le train quitte le rail isolé, le contact 3 de RCS étant maintenu ouvert; le signal ne peut être ouvert de nouveau que si le poste confirme préalablement la fermeture, ce qui rétablit la situation initiale.

Pour les signaux lumineux le schéma électrique est le même, l'alimentation du moteur étant remplacée par l'alimentation des feux de voie libre.

6. *Fermeture automatique d'un signal au dernier essieu.* — Le dispositif prévu est celui qui est représenté par la figure 22; il comporte une pédale et une section isolée.

Dans la situation relative à la figure 22*f* « signal fermé par le poste », le relais de pédale R*p* est inerte et celui de la section isolée RI est excité. Le circuit du moteur de signal est débranché de la source d'énergie et inerte, de même que ses relais auxiliaires de commande R_1 et R_2.

Quand le levier est mis en position d'ouverture (fig. 22*a*), R_2 s'excite, puis R_1, lequel est maintenu à l'état d'auto-excitation par son propre contact 1. Par les contacts 3 des deux relais le moteur est mis sous tension et le signal s'ouvre. Le train abordant la pédale (fig. 22*b*), le relais R*p* s'excite et ferme son contact 1.

Quand le train aborde ensuite la section isolée (fig. 22*c*), il rend le relais RI inerte et le contact 1 de ce relais s'ouvre.

Lorsque le train dégage la pédale (fig. 22*d*), le relais R*p* redevient inerte et ouvre son contact 1. Le circuit du relais R_2 se trouve ainsi coupé et l'ouverture de son contact 3 coupe l'alimentation du moteur et le signal se ferme.

Le train quitte ensuite la section isolée (fig. 22*e*), le relais RI s'excite de nouveau et ferme son contact 1, mais le signal reste fermé, le contact 3 de R_2 étant maintenu ouvert. Le signal ne peut être ouvert de nouveau que si le poste confirme la fermeture, ce qui rétablit la situation correspondant à la figure 22*f*.

Pour ce schéma également, il suffit de remplacer la ligne d'alimentation du moteur de signal par la ligne d'alimentation des feux de voie libre d'un panneau pour obtenir la représentation de la fermeture automatique au dernier essieu d'un signal lumineux de jour et de nuit.

XII. LES NOUVEAUX POSTES DE LA GARE DE PARIS DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE

1. *Généralités.* — La gare de Paris de la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée comprenait, dans la situation telle qu'elle existait au début des travaux, huit voies principales venant du large ou s'y dirigeant qui s'épanouissaient en un éventail de vingt-deux voies, dont quinze étaient réunies par quatre cisailles (fig. 23).

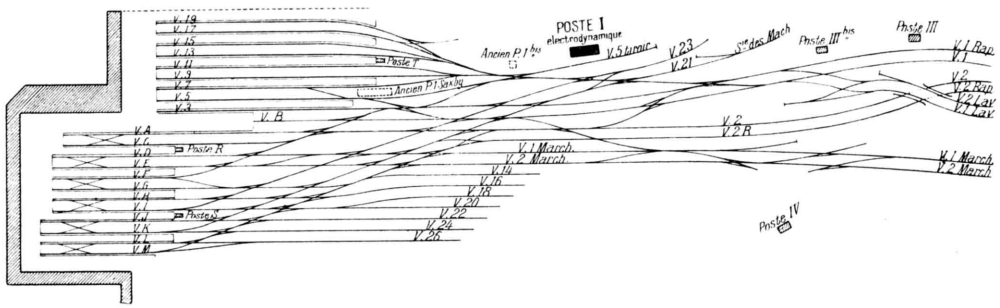


Fig. 23. — Schéma des voies à la gare de Paris de la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée (situation de transfert).

Les aiguilles et les signaux de ces quinze voies et de leurs quatre cisailles étaient commandés par un poste mécanique système Saxby-P.L.M., désigné sous le nom de « Poste I ». Les sept autres voies constituaient un faisceau dont le tronc commun se greffait sur les voies du Poste I. Les appareils de ces sept voies étaient sous la dépendance d'un poste mécanique, système Vignier, de seize leviers, dénommé « Poste I *bis* ».

Le Poste I comportait deux cents leviers, deux rangées de grils d'enclenchements et donnait la possibilité d'effectuer trois cent dix passages. Il commandait cent vingt-trois paires de lames d'aiguilles, trente-huit signaux et treize indicateurs de départ.

Le Poste I *bis* commandait six aiguilles et huit signaux, permettant quatorze passages.

La disposition de la gare, telle qu'elle vient d'être décrite, présentait de grands inconvénients pour l'exploitation. Il fut donc décidé de la remanier entièrement, de manière à lui apporter, en particulier, les améliorations suivantes (fig. 24) :

Raccordement direct des voies 5 à 19 aux voies 1, 1 R, 1 Lavage, 2 Lavage, et aux voies de sortie du dépôt des locomotives.

Nombre des cisailles portées de quatre à cinq, les quatre cisailles principales étant raccordées aussi bien aux voies 5 à 19 qu'aux voies desservies

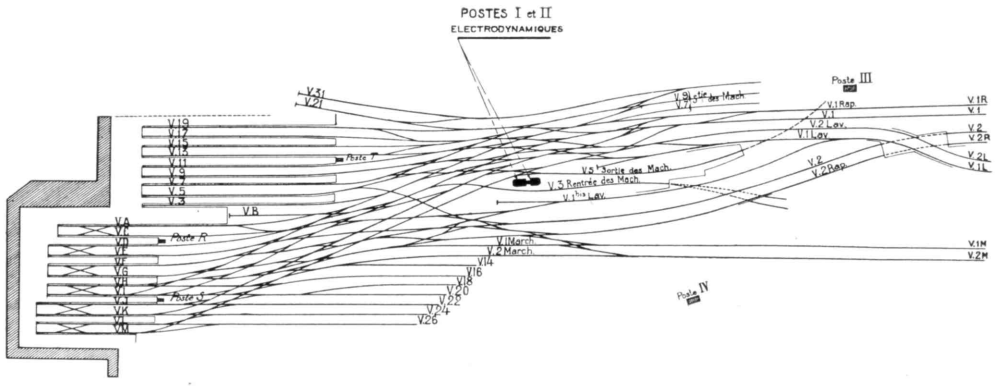


Fig. 24. — Schéma des voies à la gare de Paris de la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée (situation définitive).

antérieurement par le Poste I Saxby seul, et une cinquième cisaille, dite « Cisaille Messagerie », réunissant les voies 5 à 19.

Allongement de certaines voies à trottoirs.

Création d'une voie 1 *bis* Lavage permettant d'envoyer au lavage les rames situées sur les voies de l'ancien Poste I, sans pénétrer dans la zone des voies 5 à 19.

Création d'une rentrée au dépôt par une voie 3 nouvelle passant sous les voies paires.

Fig. 25. — Vue des voies de la gare de Paris, du haut d'un pylône.

De ces nouvelles dispositions devaient résulter la possibilité d'effectuer en gare un beaucoup plus grand nombre de mouvements simultanés et une plus grande souplesse dans l'exploitation; en résumé elles apportaient la possibilité de tirer un meilleur rendement des voies à trottoirs et des voies venant du large ou des installations annexes (dépôt des locomotives, chantier de lavage, etc.).

Afin de commander la gare ainsi refaite, il fut arrêté qu'on aurait recours à deux postes d'aiguillages, un Poste I, commandant à peu de chose près la zone dévolue antérieurement au Poste I Saxby, et un Poste II, destiné à avoir sous sa dépendance les issues des voies 5 à 19. Les départs se feraient par le Poste II et les arrivées par le Poste I.

Ces deux postes seraient électrodynamiques à leviers d'itinéraires, et leurs deux cabines seraient réunies dans un même bâtiment, à construire.

Les quatre cisailles principales s'étendant aussi bien dans la zone du Poste I que dans celle du Poste II, de nombreuses dépendances électriques entre les deux postes étaient nécessaires pour assurer la sécurité des mouvements passant d'un poste à l'autre sur les cisailles.

Afin de passer de la situation ancienne à la situation définitive sans troubler l'exploitation de la gare, il fut établi un programme de phases de travaux, au nombre de trente et une, groupées en quatre périodes. Certaines de ces phases ont dû, d'ailleurs, être scindées en plusieurs sous-phases afin d'en faciliter l'exécution. La durée totale de ces travaux devait s'étendre sur deux années environ.

Il va de soi qu'il ne pouvait être question de réaliser ce programme avec des postes d'aiguillages à commande mécanique, dont les transmissions rigides et funiculaires n'auraient pu suivre le déplacement des appareils de voie et des signaux. Un système à commande électrodynamique s'imposait donc. Par ailleurs, un appareil d'enclenchement à leviers individuels, avec ses modifications délicates d'enclenchements à chacune des phases ou sous-phases, aurait entravé la marche des travaux. C'est pour cette raison que le choix de la Compagnie des Chemins de fer P.L.M. se porta sur le système électrodynamique à leviers d'itinéraires système Bleynie-Ducousso, exploité par la Compagnie française Thomson-Houston, dont elle avait déjà expérimenté l'emploi dans ses gares de Melun, Lyon-Perrache, Lyon-Guillotière et Dijon, sur des installations d'une échelle, il est vrai, sensiblement moindre.

Pour un équipement tel que celui de la gare de Paris, remplaçant un poste mécanique à leviers individuels de 200 leviers, le gain de temps pour établir un itinéraire atteint dans certain cas la proportion de 1 à 9. La longueur comparée des tables de commande est de 32 mètres pour l'ancien Poste, contre 6 m. 40 pour le nouveau Poste I. La sécurité se trouve augmentée par le contrôle permanent des appareils de voie et des signaux.

2. *Préparation du transfert des commandes du Poste mécanique au Poste électrique.* — Le bâtiment devant abriter les Postes I et II électrodynamiques fut construit (fig. 26) dans un espace laissé libre par les voies dès la situation ancienne,

Fig. 26. — Vue du bâtiment des postes I et II.

et dès son achèvement, le montage de la table du Poste I et de tout son appareillage annexe (relais, etc.) fut entrepris. La table de commande du Poste I fut prévue d'une importance suffisante pour pouvoir admettre un nombre de leviers d'itinéraires correspondant à la gare tout entière. A cet effet, sa capacité fut fixée à 320 leviers. Ainsi, au moment du point de départ des travaux, le Poste I était en mesure de recevoir la succession des Postes I Saxby et I *bis*, à lui seul, le Poste II n'étant pas encore monté, et son rôle ne devant commencer que plus tard.

La commande des appareils du Poste I Saxby avait été préalablement électrifiée, c'est-à-dire qu'à la place des transmissions rigides attelées d'une part aux leviers d'aiguilles, d'autre part aux lames d'aiguilles, avaient été installés des moteurs électriques d'aiguilles commandés par des commutateurs manœuvrés par les leviers Saxby. Le contrôle de la position des aiguilles s'opérait au moyen de verrous empêchant le levier Saxby d'achever son mouvement angulaire si le contrôle n'était pas acquis. Pour les signaux, on avait opéré la substitution aux signaux mécaniques à pavillons, de signaux lumineux de jour et de nuit dont les panneaux donnaient leurs diverses indications sous l'action de commutateurs placés sur le mât de chaque panneau, et manœuvrés par fils, comme les anciens signaux mécaniques. Lorsque le câblage du nouveau Poste I électrodynamique s'exécuta, on prit soin de faire passer les circuits de commande des aiguilles de ce nouveau poste par l'ancien poste Saxby, où ces circuits

aboutissaient à des inverseurs, à raison d'un par aiguille, dont le rôle consistait à connecter les circuits des moteurs de chacune des aiguilles, soit aux commutateurs des leviers Saxby de l'ancien poste, soit aux commutateurs des balanciers de la table d'itinéraires du nouveau poste.

Les sections isolées de calage d'aiguilles étaient, par les mêmes inverseurs, contrôlées à l'un ou à l'autre poste.

Enfin, pour les signaux, dans une boîte d'alimentation en fonte située au pied de chaque signal, se trouvaient des bornes reliées les unes aux feux du panneau, les autres aux circuits provenant du Poste I nouveau. Lorsque des barrettes conductrices étaient mises en position convenable dans ces boîtes, les feux se trouvaient coupés de la dépendance des commutateurs à commande funiculaire de l'ancien poste, et réunis aux circuits de commande provenant du nouveau poste.

Seules les aiguilles du Poste I *bis* restaient à commande mécanique. Par ailleurs, certaines traversées-jonctions doubles du Poste I Saxby avaient leurs lames d'aiguilles groupées autrement qu'elles ne devaient l'être en situation

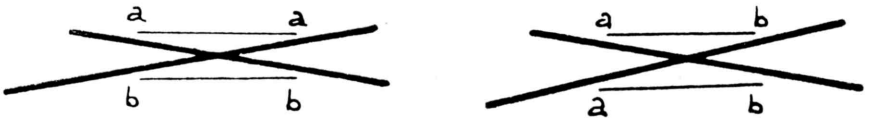


Fig. 27. — Schéma d'attelage des aiguilles d'une TJD.

électrodynamique (fig. 27). Les aiguilles du Poste I *bis* et ces aiguilles particulières du Poste I Saxby durent faire l'objet d'essais d'attelages à leurs futurs moteurs. A cet effet, les moteurs futurs, câblés et installés, furent raccordés, dans des intervalles de la circulation, aux lames d'aiguilles qu'ils devaient avoir à manœuvrer, par des tringles d'attelage forgées et ajustées d'avance. En faisant manœuvrer les moteurs depuis le nouveau poste, on s'assura que les mouvements des lames se faisaient avec l'aisance nécessaire, que les positions extrêmes de la course des lames correspondaient bien avec les positions « voie à droite » et « voie à gauche » commandées et qu'en écartant d'une quantité fixée d'avance, et matérialisée par une cale, les lames de leurs positions extrêmes, on supprimait bien le contrôle de l'aiguille en cabine. L'essai fait, les aiguilles en cause furent de nouveau raccordées à leurs anciennes transmissions, et les tringles, munies d'étiquettes métalliques numérotées, remises en magasin jusqu'au jour de la mise en service.

3. *Essais avant le transfert.* — Le Poste I électrodynamique à leviers d'itinéraires subit des essais approfondis avant d'être mis en service. Ces essais consistèrent notamment en :

— Concordance de la position des lames d'aiguilles avec la position des balanciers, des relais de contrôle et des voyants au tableau schématique.

— Manœuvre des signaux à la commande individuelle, manœuvre des désengageurs et des pétards à la commande individuelle, concordance avec

les voyants au tableau schématique, essai du contrôle de mise en charge des crocodiles, essai de fonctionnement des fermetures automatiques des signaux. Essai des fonctionnements des commandes multiples pour les signaux manœuvrés par plusieurs postes.

— Vérification de l'enclenchement des balanciers par les sections isolées, vérification du passage au rouge des voyants du tableau schématique. Vérification de l'enclenchement de transit et du fonctionnement des voyants de fin de passage.

— Essai du combinateur mécanique. Chaque levier étant tiré, lecture au tableau schématique des aiguilles prévues au tableau d'enclenchement, essai de rotation de tous les balanciers, enclenchés et non enclenchés. Essai de traction de tous les leviers d'itinéraires, enclenchés et non enclenchés. Vérification de l'allumage et du non clignotement des voyants d'itinéraires. Vérification des taquets de rappel en position normale.

— Vérification du contrôle d'itinéraire, par coupure du contrôle de chacune des aiguilles intéressées successivement pour chacun des leviers d'itinéraires. Cette coupure étant faite d'abord aux interrupteurs d'essai, c'est-à-dire à l'alimentation des relais de contrôle, puis (hormis pour les aiguilles ne servant qu'à la protection, et non parcourues) aux plots de contrôle des commutateurs de commande d'aiguilles. On doit constater, pour chaque coupure, l'extinction du voyant d'itinéraire, puis, après quelques secondes correspondant à la temporisation du relais différé totalisateur du contrôle des itinéraires faisant partie du groupe essayé, la remise à l'arrêt, sur le tableau schématique, des signaux ouverts par le levier qu'on a tiré. Pour les coupures aux relais, le voyant d'aiguille, au tableau schématique, s'éteint au moment de la manœuvre de l'interrupteur d'essai, ce qui permet de vérifier que la coupure est effectivement faite sur l'aiguille que l'on désire couper.

— Vérification du fonctionnement du contrôle de fermeture des signaux. Chaque levier doit être tiré puis tourné à droite et à gauche. On s'assure que les signaux prévus s'ouvrent bien, et aux angles voulus, par l'examen de leurs voyants au tableau schématique. On fait couper alors successivement le contrôle de fermeture de chaque signal et on constate que la poignée ne peut être remise en position verticale.

— Essai de l'indépendance des circuits de contrôle des itinéraires, et de l'indépendance des circuits d'ouverture des signaux.

Il va de soi que toutes les vérifications effectuées sur chacun des circuits de contrôle d'itinéraires et sur chacun des circuits d'alimentation des signaux pourraient être satisfaisantes et montrer que toutes les conditions de coupures ont bien été réalisées et fonctionnent parfaitement, sans pour cela que la sécurité de fonctionnement de l'installation soit complète.

Il suffirait en effet qu'il existât des points communs soit entre circuits de contrôle d'itinéraires de deux leviers d'itinéraires compatibles, soit entre circuits d'alimentation des feux de voie libre des signaux de deux leviers

d'itinéraires également compatibles, pour qu'une partie, sinon la totalité, des conditions de contrôles de l'un des leviers se trouvât mise en dérivation et, par conséquent, annulée par la manœuvre de l'autre levier. Une ou plusieurs aiguilles de l'un des leviers pourraient ainsi manquer de contrôle, sans que le voyant d'itinéraire du groupe le décelât, et sans que les signaux se remissent à l'arrêt, du seul fait que les circuits intéressés par ce premier levier recevraient une alimentation électrique intempestive par le point commun fortuit qu'ils auraient avec ceux d'un autre levier, dont le contrôle serait bon, et qui se trouverait tiré en même temps.

Afin de s'assurer qu'il n'existe dans l'installation aucun de ces points communs, chaque levier d'itinéraire est tiré puis tourné à droite et à gauche, son contrôle d'itinéraire étant volontairement coupé, tandis qu'un aide tire et tourne successivement à droite et à gauche chacun des leviers d'itinéraires compatibles avec le premier. On examine soigneusement le voyant d'itinéraire du premier levier et les voyants de ses signaux au tableau schématique, pour s'assurer qu'au moment de l'allumage du voyant d'itinéraire, d'une part, et des voyants de signaux, d'autre part, de chacun des autres leviers compatibles tirés, ces premiers voyants ne s'allument pas ou ne se mettent pas à voie libre.

On se rendra compte du travail considérable que demandent tous ces essais en constatant que l'essai d'enclenchement des leviers entre eux demande à lui seul, dans le Poste I de la gare de Paris, situation de départ, plus de 55.000 coups de leviers, et que l'essai d'indépendance des circuits demande un nombre encore supérieur (environ 70.000) d'inspections des voyants du tableau schématique.

Tous ces essais furent effectués de nuit, entre une heure du matin et quatre heures du matin, de façon à réduire au minimum la gêne imposée à la gare.

4. *Exécution du transfert des commandes du Poste I Saxby et du Poste* 1 *bis Vignier au Poste I électrodynamique à leviers d'itinéraires.* — Toute circulation ayant été interrompue dans la gare de Paris, le 18 juin 1933, à une heure du matin, les équipes du Service de la Voie dételèrent les aiguilles qui avaient à changer de moteur de leur ancien moteur et attelèrent aux nouveaux moteurs ces aiguilles et les aiguilles à commande mécanique du Poste 1 *bis*. Puis les inverseurs de toutes les autres aiguilles furent retournés définitivement et les barrettes des boîtes d'alimentation des signaux mises en place. Un dernier essai de manœuvre de chaque aiguille et de chaque signal ayant été fait, le nouveau Poste se trouva mis en service à l'heure précise fixée, deux heures du matin, le même jour.

Il ne resta plus, dans la période qui suivit,qu'à supprimer pour chaque commande d'aiguille le passage aux inverseurs du vieux poste et à assurer la communication directe entre les moteurs d'aiguilles et le nouveau poste. On put alors démolir promptement les anciens postes dont l'emplacement était nécessaire pour assurer le passage des nouveaux tracés de voies.

5. *Description du nouveau Poste I électrodynamique.* — Le nouveau poste a été installé dans un bâtiment en béton armé (fig. 26) prévu pour abriter également le futur Poste II électrodynamique et le poste de commande du chef de circulation de la gare de Paris.

La construction offre un étage en sous-sol, un rez-de-chaussée et trois étages dont le premier et le troisième s'avancent en encorbellement. La toiture présente une forte saillie au-dessus des baies du troisième étage, où se trouve placée la cabine des aiguilleurs et crée dans la partie supérieure de la cabine une pénombre favorable à la bonne visibilité des voyants du tableau schématique lumineux.

Au rez-de-chaussée sont installées les arrivées de câbles des circuits extérieurs. Les circuits de commande et de contrôle occupent des câbles armés sous plomb à circulation d'air sec où les conducteurs sont isolés au papier. Ces câbles aboutissent à des têtes hermétiques où se raccordent les fils des circuits intérieurs. La production de l'air sec est assurée par un compresseur à moteur électrique, un dessécheur d'air et quatre réservoirs d'air d'une capacité de 700 litres chacun. Un manomètre indique à tout instant la pression dans les câbles, laquelle ne doit pas descendre au-dessous de 2 kg. par cm^2. Cette installation occupe également le rez-de-chaussée. Enfin, les câbles conduisant les feeders d'alimentation des contrôles et des signaux lumineux sont également des câbles armés sous plomb, mais l'isolement est fait au papier imprégné.

En outre, aboutissent à ce rez-de-chaussée les câbles d'alimentation en énergie électrique à 220 volts triphasés et en courant continu à 120 volts, provenant de la sous-station; ces câbles sont également armés et isolés au papier imprégné sous plomb.

Toutes les têtes de câbles sont disposées sur des charpentes métalliques verticales.

Sur d'autres charpentes voisines, sont fixés des tableaux de marbre supportant les interrupteurs d'essai de chacun des circuits.

Un interrupteur comprend une lame de laiton à laquelle est soudée une pointe d'argent appuyant fortement sur un méplat d'une tige de laiton. En introduisant une lame isolante entre le méplat et la pointe, on crée, pour les besoins des essais (essais d'isolement, par exemple) la discontinuité passagère nécessaire.

Le premier étage du bâtiment est aménagé en salle des relais. Des charpentes métalliques supportent des rayonnages horizontaux sur lesquels sont disposés les relais d'aiguilles, de sections isolées, de signaux et de contrôle d'itinéraires. Des panneaux de marbre verticaux portent les relais rupteurs d'aiguilles et les relais auxiliaires.

Enfin, cet étage abrite encore le tableau géographique des voies, les panneaux des fusibles de chacun des circuits élémentaires et les rhéostats ainsi que les disjoncteurs thermiques des circuits de commande des aiguilles.

Les rhéostats ont pour but de régler la tension à l'arrivée au moteur d'aiguille, quelle que soit la distance de l'aiguille au poste, et les disjoncteurs thermiques servent à protéger les circuits contre un débit trop grand, en cas de non contrôle, par exemple; les fusibles restant chargés de protéger ces circuits contre un court-circuit franc.

Au deuxième étage du bâtiment se trouve un jeu de trois transformateurs monophasés ayant pour objet de recevoir le courant alternatif triphasé à 220 volts émanant de la sous-station et de restituer trois circuits de courant monophasé à 120 volts entre lesquels sont répartis tous les appareils du poste alimentés en courant alternatif (feeders de contrôle et d'alimentation des signaux lumineux). Au voisinage immédiat de ces transformateurs se trouve un panneau de marbre supportant les relais et contacteurs d'enclenchement entre les alimentations en courant continu des moteurs d'aiguilles et les alimentations des contrôles en courant continu et en courant alternatif.

En effet, pour des raisons de sécurité, il est nécessaire que le courant continu des moteurs ne puisse être envoyé sur les aiguilles si le courant continu de contrôle (appareils de contrôle intérieurs au poste) et le courant alternatif de contrôle (appareils de contrôle extérieurs au poste) viennent l'un ou l'autre à manquer. De plus, d'après le schéma de fonctionnement d'un moteur d'aiguille, on voit aisément que le courant d'alimentation d'un moteur d'aiguille est coupé par le relais rupteur en cabine au moment où l'induit du moteur d'aiguille est en court-circuit pour le freinage, c'est-à-dire au moment où sa valeur atteint environ 9 ampères alors que la consommation du moteur en rotation, avec l'inducteur en série avec l'induit, est de l'ordre de 3 ampères. Or les relais rupteurs agissent sous l'action des courants de contrôle. Si le courant de contrôle vient à manquer, non du fait que l'aiguille occupe une position défectueuse, mais par suite de panne d'alimentation des circuits de contrôle à leur source commune, tous les relais rupteurs retombent et envoient dans leurs moteurs d'aiguilles respectifs des courants d'alimentation de 9 ampères chacun.

Cet incident s'étendant au poste entier serait la cause d'une pointe considérable d'appel de courant continu sur la sous-station et pourrait causer des perturbations.

Pour l'ensemble de ces raisons, le tableau d'enclenchement électrique entre les alimentations mentionné plus haut réalise les conditions suivantes : le courant continu d'alimentation des moteurs d'aiguilles n'est connecté aux installations du poste que si, à la fois, le courant continu de contrôle et le courant alternatif de contrôle sont sous tension. De plus, en cas d'interruption totale des trois sortes de courant, le courant continu d'alimentation n'est reconnecté qu'après un délai de quelques secondes suivant le moment où les courants de contrôle sont revenus sous tension; ceci pour donner aux relais rupteurs le temps de se réexciter.

Pratiquement, ce programme est réalisé au moyen d'un contacteur du courant continu d'alimentation dont le bobinage ne reçoit son alimentation

qu'à travers les contacts hauts de cinq relais : un relais triphasé sur le courant alternatif à 220 volts, trois relais monophasés à 120 volts sur les courants alternatifs sortant des trois transformateurs mentionnés plus haut (en vue de se prémunir contre un accident arrivant à l'un d'eux, alors que le relais triphasé a surtout pour but de contrôler la non inversion des phases) et enfin un relais à courant continu sur le courant continu de contrôle.

Les installations susdites (transformateurs et panneau d'enclenchement électrique), n'occupent qu'une faible partie du deuxième étage. La plus grande surface en est occupée par le pied de la table d'itinéraires, ou combinateur mécanique, comportant deux nappes verticales de cinquante balanciers d'aiguilles, les barres d'enclenchements correspondant à 320 leviers d'itinéraires, ainsi que les commutateurs d'aiguilles, les commutateurs auxiliaires de commande des signaux et les combinateurs électriques de contrôle.

L'ensemble, habillé de panneaux de tôle ouvrants, normalement fermés à clef et plombés, englobe également une charpente métallique verticale qui supporte les lames de groupement des circuits. Trois rues, éclairées par des lampes fixes et des balladeuses, desservent l'intérieur et la rue centrale est pourvue d'une échelle roulante.

Enfin, le troisième étage constitue la cabine des aiguilleurs et est occupé principalement par la façade de la table de manœuvre (fig. 28). Cette table,

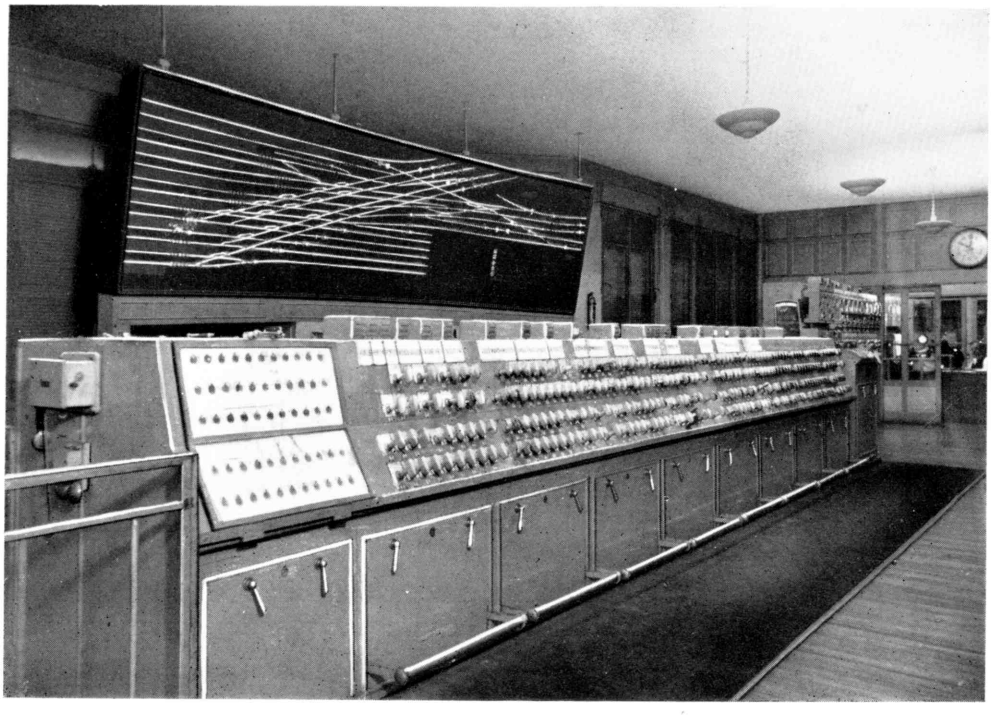


Fig. 28. — Vue de la façade du combinateur du poste I de nuit.

à quatre rangées de poignées, offre une capacité de 320 leviers d'itinéraires, dont 203 étaient en service au moment du transfert du poste Saxby. Au-dessus de la table, sont placés les voyants de contrôle d'itinéraire. Sur la gauche de la table est le panneau de commande individuelle des signaux, désengageurs et pétards, dont les entrées de clefs et les clefs sont abritées sous un panneau vitré plombé, trois clefs étant en service.

Sur la droite de la table d'itinéraires est placée la table de commande à leviers individuels de certains signaux et notamment des carrés de reddition de voie libre.

En effet, ces signaux, afin d'assurer le fonctionnement du block-system manuel ne se mettent à voie libre que si le levier d'itinéraire intéressé est en position d'ouverture de ce signal, et si, en plus, le levier individuel, attelé à la serrure de block-system, est renversé. Les sémaphores de cantonnement sont également commandés, pour la même raison, par un levier individuel.

Quant à certains disques rouges, ils ont une commande dédoublée et peuvent être mis à voie libre soit par la table d'itinéraires, soit par leur levier individuel, pour faciliter certains mouvements.

Enfin, plus à droite encore, sont installés les appareils à cadran servant à l'échange de communications entre postes de la gare.

Derrière la table d'itinéraires est placé un tableau de marbre supportant l'appareillage de connexion des arrivées d'énergie de la sous-station avec les circuits d'utilisation. Ces arrivées se font par six câbles : deux pour le courant continu d'alimentation des moteurs d'aiguilles, deux pour le courant continu de contrôle (appareils intérieurs) et deux pour le courant alternatif de contrôle (appareils extérieurs).

Pour les raisons décrites antérieurement, qui ont motivé l'enclenchement électrique entre les arrivées de courant, situé au deuxième étage, les volants manœuvrant les commutateurs de chacun des câbles en question sont enclenchés mécaniquement entre eux par une table Stevens, donnant les enclenchements suivants : les volants des commutateurs de courant continu d'alimentation ne peuvent être manœuvrés que si préalablement les volants des commutateurs des deux natures de courant de contrôle sont (au moins un volant par nature de courant de contrôle) en position « circuit fermé ». Le passage d'un câble sur l'autre, dans chaque espèce de courant de contrôle, et le jumelage des deux câbles de chacune des espèces ne peut se faire que si l'on a préalablement remis en position « circuit ouvert » les deux volants du courant continu d'alimentation.

A côté de ce panneau sont placés les transformateurs à plusieurs prises, commandés par des manettes à plots, alimentant, d'une part, les signaux lumineux de la gare, et d'autre part les lampes des voyants du tableau schématique lumineux. Ainsi, tant pour les signaux que pour les voyants, on a la possibilité de faire varier l'éclat des foyers lumineux suivant l'heure du jour, l'état du ciel, et la chute de la nuit.

Enfin, au-dessus de la table d'itinéraires est placé le tableau schématique

lumineux des voies, avec les voyants d'aiguilles, de sections isolées, d'arrêts mobiles, de signaux, de désengageurs, d'occupation des voies, de concordance, de fin de passage et de transit. Derrière lui se trouve le signal acoustique qui retentit lorsque le contrôle permanent d'une aiguille vient à faire défaut depuis un délai dépassant quelques secondes (temporisation nécessaire pour éviter que ce signal soit affecté par les brefs manques de contrôle dus au passage des trains sur les aiguilles battant légèrement).

Quelques chiffres donneront une idée de l'importance du poste qui vient d'être décrit. Le nombre des lampes du tableau schématique lumineux s'élève à cinq cent soixante-douze; les contacts mobiles à l'intérieur de la table sont au nombre de neuf mille trois cents; les relais sont au nombre de six cent quatre-vingt-dix-neuf. La longueur totale des conducteurs du câblage intérieur au poste est de deux cent soixante-neuf kilomètres et la longueur totale des conducteurs des canalisations extérieures, se rendant aux appareils commandés est de six cent vingt-trois kilomètres.

Il est à noter que l'éclairage de tous les locaux du bâtiment est alimenté par des circuits tout à fait indépendants de ceux du poste électrodynamique, recevant leur énergie de sources entièrement distinctes. Ces circuits n'entrent pas dans les chiffres ci-dessus.

6. *Phases de travaux.* — Le poste ci-dessus décrit a subi, du 18 juin 1933 au 12 avril 1935, toute une série de transformations nécessitées par les trente et une phases de travaux qui ont amené la gare à sa situation définitive.

Tout d'abord, il a été nécessaire de pouvoir utiliser simultanément les voies 1, 1R, 1 Lavage et 2 Lavage anciennes, en même temps que les voies 1, 1R, 1 Lavage et 2 Lavage nouvelles dont la mise en place venait d'être faite et qui étaient appelées à subsister seules dans la situation définitive. A cet effet, un poste électrodynamique à leviers d'itinéraires provisoire, ayant reçu le nom de Poste M, fut monté pour commander les aiguilles et les signaux provisoires provenant de la co-existence des voies anciennes et nouvelles.

C'était un poste à combinateur mécanique horizontal, ce qui en diminue l'encombrement et permet à la table d'itinéraires de tenir tout entière dans la cabine des aiguilleurs, sans avoir besoin d'un prolongement vertical occupant tout un étage situé au-dessous. Il manœuvrait douze aiguilles et vingt signaux et donnait la possibilité d'effectuer treize passages. Il avait neuf leviers d'itinéraires disposés en deux rangées horizontales et trois leviers individuels de signaux pour les besoins du block-system. Il était muni également d'un tableau schématique lumineux et d'un tableau de commande individuelle des signaux. La cabine des aiguilleurs occupait un étage en bois construit sur un rez-de-chaussée en maçonnerie, qui abritait la salle des relais et des têtes de câbles.

D'autre part, le Poste II, dont la description dans sa situation définitive sera donnée ci-après, fut monté, câblé et essayé. Il était prêt désormais à recevoir la commande de la zone de la gare qui lui est dévolue.

Les phases consistèrent à faire passer, les unes après les autres, les voies 5 à 19, de la dépendance du Poste I à celle des Postes II et M. Puis, chacune des cisailles nouvelles, avec ses aiguilles et ses signaux, fut posée et mise en service, à la place de la cisaille ancienne de même numéro. Enfin, des installations nouvelles, telles que la voie 1 *bis* Lavage, la nouvelle transversale se rendant sur le Poste IV, etc., furent posées et mises en service.

Toutes les installations nouvelles étant ainsi en service, les voies 1, 1 R, 1 Lavage et 2 Lavage anciennes purent être déposées et le Poste provisoire M démonté.

Pour chacune des phases, certaines divisées en sous-phases pour la commodité de la mise en service, les essais complets des Postes électrodynamiques I, II et M, tels qu'ils ont été précisés plus haut, ont été exécutés avant la mise en service, généralement de nuit. Pendant un délai qui variait de quinze nuits à une seule, suivant l'importance de la modification apportée par la phase, les postes étaient abandonnés au Service des Enclenchements et au Constructeur pendant deux ou trois heures, durant lesquelles on commençait par rendre effectives les modifications préparées; puis on procédait aux essais et, une demi-heure avant la fin du délai accordé, on mettait provisoirement hors-circuit les modifications, de façon à revenir à la situation alors en service.

Ainsi, la nuit de la mise en service une fois venue, à part quelques vérifications qu'il était véritablement impossible de faire à l'avance, et qui étaient exécutées dans les instants qui suivaient immédiatement la mise en service, la mise en service elle-même s'effectuait à coup sûr, ne laissant pratiquement de place à aucun aléa fâcheux, comme l'expérience plus de trente fois répétée l'a d'ailleurs confirmé.

7. *Postes définitifs.* — *a*) Poste I. Le Poste I, par suite de la présence du Poste II, a perdu de son importance du début, mais ses installations se sont compliquées. En effet, les arrivées de voies 2 et 2 R ont été scindées en deux itinéraires successifs, les relations avec le Poste II ont donné naissance à des commandes multiples de ses signaux par le Poste II et le Poste I.

Le Poste I ne commande plus qu'à cent six paires de lames d'aiguilles, cinquante signaux, seize annonciateurs, et donne la possibilité d'effectuer deux cent trente-deux passages. Ses leviers d'itinéraires en service sont au nombre de cent trente-deux.

b) *Poste II.* — Le Poste II (fig. 29) occupe dans le bâtiment qui lui est commun avec le Poste I des locaux qui sont les homologues exacts de ceux qu'occupe le Poste I. Soit, au rez-de-chaussée, les têtes de câbles, les interrupteurs d'essai et le compresseur d'air avec ses réservoirs, au premier étage les relais et le tableau géographique, au second étage les transformateurs d'isolement et le pied de la table et au troisième étage la façade du combinateur et les leviers. La seule différence réside dans ce que la façade du combinateur

fait face au Nord-Est dans le Poste II, alors qu'elle fait face au Sud-Ouest dans le Poste I (fig. 30).

Les principes, le mécanisme et la réalisation du Poste II sont exactement semblables à ceux du Poste I. Les petites différences résident surtout dans l'importance moindre de la table du Poste II.

Fig. 29. — Vue des voies commandées par le poste II.

Ce poste commande à quatre-vingt-neuf paires de lames d'aiguilles, vingt-neuf signaux et vingt-sept annonciateurs. Il donne la possibilité d'effectuer cent dix-neuf passages. Ses leviers d'itinéraires sont au nombre de 160, dont quatre-vingt-un sont en service.

L'enclenchement de transit, qui a pour effet d'empêcher de remettre en position normale un levier d'itinéraire à partir du moment où le premier essieu a attaqué l'entrée du passage, jusqu'au moment où le dernier essieu a quitté l'extrémité du passage est appliqué à dix-neuf leviers d'itinéraires; ce sont ceux dont les mouvements aboutissent dans les postes voisins.

Fig. 30. — Vue de la façade du combinateur du poste II.

8. *Protection contre l'incendie.* — Toute l'installation électrique intérieure des Postes I et II est protégée contre l'incendie par un réseau de canalisations d'anhydride carbonique munies d'ajutages de projection aux points particulièrement exposés. Ce réseau est alimenté par quatre bouteilles contenant 32 kg. de gaz chacune sous une pression de 80 kg/cm². L'ouverture des bouteilles est instantanée et est provoquée par la traction sur des poignées situées dans l'escalier, près de la porte de chacun des locaux. Ces poignées sont abritées, en temps normal, sous des capots vitrés à fermeture plombée. Des détecteurs électriques d'élévation anormale de la température sont situés de place en place et agissent sur une sirène d'alarme placée dans le bureau du Chef de Circulation, pièce vitrée située entre les cabines des Postes I et II. Les détecteurs agissent également sur un tableau lumineux à voyants placé dans le même bureau, qui permet, à la simple inspection, de déterminer dans quel local il s'est produit un début d'incendie.

En outre, des extincteurs Pyrène et des masques sont fixés aux murs dans la plupart des locaux et notamment dans les cabines des aiguilleurs.

Pour écarter les conséquences d'un échauffement des conducteurs électriques, tous les conducteurs sont revêtus d'une double tresse enduite du produit « Acicalor », résistant aux acides et au feu, et les dérivations, où ces tresses sont interrompues, ont été enveloppées d'un ruban d'amiante.

9. *Réseau des galeries.* — Des galeries souterraines (fig. 31) réunissent les deux postes à leur sous-station d'alimentation en énergie électrique et se répartissent sous les voies de façon à permettre aux câbles d'être accessibles presque jusqu'aux aiguilles et aux signaux.

La section de ces galeries est telle qu'un homme y circule aisément malgré les deux rangées de rayonnages en fibrociment qui se trouvent fixées à chaque paroi et supportent les câbles. Les galeries sont éclairées à l'électricité et comportent, de place en place, des orifices par où les câbles sortent pour alimenter les appareils qu'ils desservent; elles sont fermées et interrompues par des cloisons métalliques ouvrantes destinées à empêcher la propagation et l'aération d'un incendie.

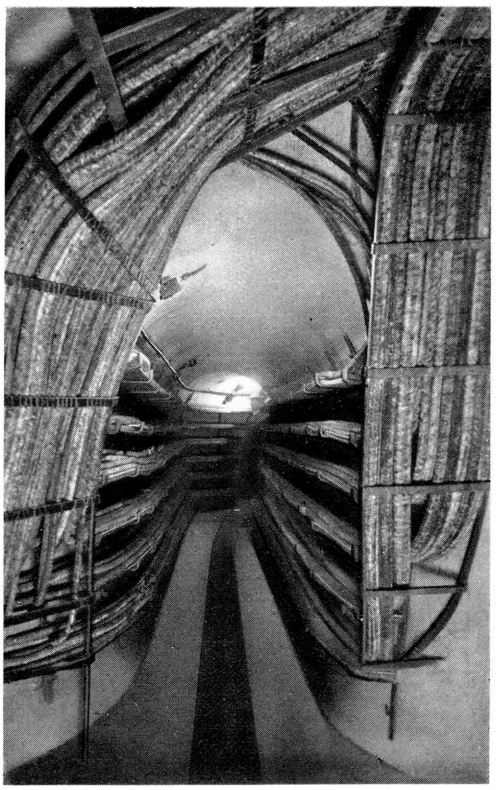


Fig. 31. — Vue d'une galerie.

XIII. ALIMENTATION DES POSTES EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Il est de toute nécessité, pour l'exploitation de la Gare de Paris, que les postes électrodynamiques fonctionnent en permanence, les interruptions acceptables, en aussi faible nombre que possible, ne doivent pas dépasser une durée de quelques secondes.

Ce programme a été réalisé en faisant appel, pour la fourniture de l'énergie électrique, à deux secteurs distincts, capables de se suppléer l'un l'autre. En outre, pour parer à une interruption simultanée des deux secteurs, il a été prévu des groupes électrogènes à départ automatique et immédiat. Enfin, en vue d'obvier à une avarie possible d'un groupe électrogène, et pour permettre l'entretien et les réparations d'un groupe sans risquer d'en avoir besoin à ce moment, un autre groupe électrogène identique à celui qui est appelé à démarrer est installé pour constituer un ultime secours.

La réalisation s'est faite de la manière suivante. Dans de vastes locaux situés en sous-sol du bâtiment de la Messagerie-Départ, ont été aménagés deux salles de haute tension, une salle de basse tension et des locaux annexes.

1. *Alimentation par les secteurs.* — Les arrivées des deux secteurs se font chacune dans une des salles de haute tension. Le premier secteur : Union d'Electricité fournit du courant triphasé à 5.000 volts. La salle qui lui est affectée est divisée en cellules qui abritent des transformateurs de 65 KVA abaissant la tension à 220 volts, les appareils d'interruption et les appareils de comptage. Le jeu de transformateurs est en double, afin que l'avarie d'un jeu n'entraîne pas l'impossibilité de se servir du secteur Union d'Electricité.

Le second secteur : Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité amène dans l'autre salle du courant diphasé à 12.000 volts. Des transformateurs Scott de 65 KVA le transforment en courant triphasé à 220 volts. Le jeu de transformateurs est également doublé d'un jeu identique.

Un appareillage entièrement automatique assure les conditions suivantes : l'alimentation normale se fait par le secteur U.D.E. En cas de panne de ce secteur, il est déconnecté à la haute tension, au primaire des transformateurs, et le secteur C.P.D.E. est connecté, également en haute tension, au primaire des transformateurs Scott. Dès le retour de la tension normale sur le réseau U.D.E., la situation normale est immédiatement rétablie.

Le courant triphasé 220 volts produit par l'un ou l'autre secteur est alors dirigé vers l'utilisation.

Pour l'alimentation des circuits des postes en courant alternatif, le courant ci-dessus est connecté aux barres de départ sur les postes. Il reste, pour l'alimentation en courant continu, à le convertir en courant continu.

A cet effet, il est envoyé dans un groupe convertisseur constitué par un transformateur abaissant la tension à 80 volts et une commutatrice. Ce groupe assure au poste sa consommation en courant continu à 120 volts, qui est normalement de 30 à 40 ampères, mais peut atteindre des valeurs théo-

riques de 1.200 ampères pendant une seconde, dans le cas où de nombreux itinéraires donnés à la fois font tourner et freiner un nombre considérable de moteurs d'aiguilles.

Deux autres groupes convertisseurs identiques au précédent sont installés, mais un seul est en service à la fois. Un appareillage entièrement automatique assure le démarrage de l'un d'eux, et lorsqu'il a atteint sa vitesse et fourni la tension voulue, il est connecté automatiquement aux barres de départ du courant continu vers les postes. Le fonctionnement du transformateur et de la commutatrice sont contrôlés en permanence par l'appareillage automatique : tension, vitesse, débit, température de l'huile et des paliers, etc. En cas de défaut d'une des conditions de contrôle, la commutatrice en marche est déconnectée des barres de départ et son transformateur séparé de l'alimentation en triphasé, et un appareillage automatique semblable est mis en marche immédiatement pour assurer la connexion, la mise en route et le débit du second des groupes convertisseurs.

Enfin, le troisième groupe convertisseur, dit de réserve, est à mise en service manuelle. L'usage des trois groupes est prévu ainsi : l'un fonctionne, l'autre, en état de marche, est prêt à le suppléer, le troisième est en révision, entretien ou réparation. Bien entendu, un inverseur permet de faire jouer à volonté à chacun des trois groupes, l'un des trois rôles précités (fig. 32).

2. *Alimentation par les groupes électrogènes.* — Dans le cas où les deux secteurs viendraient à manquer à la fois, des groupes électrogènes ont été prévus séparément pour le courant continu et pour le courant alternatif.

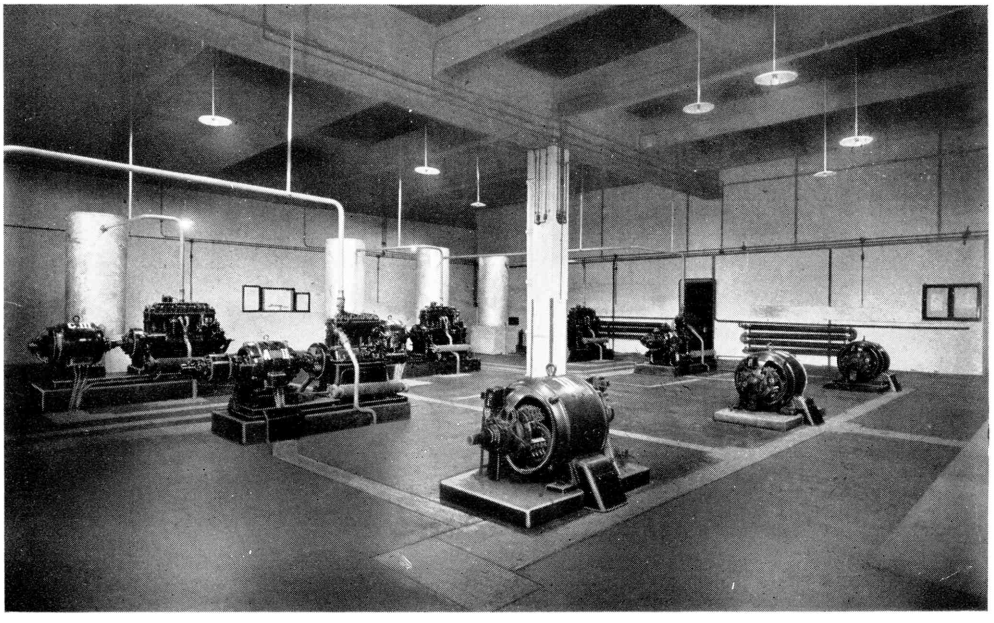


Fig. 32. — Vue de la salle des machines de la sous-station.

Un groupe électrogène à courant continu comprend un moteur à essence à six cylindres de 80 CV, à démarrage électrique alimenté par une batterie au cadmium-nickel, elle-même chargée par un redresseur Tungar, et une génératrice à courant continu.

Il y a trois de ces groupes électrogènes. Pour assurer la consommation normale des postes, un seul suffirait, mais, en vue des pointes théoriques, ils fonctionnent deux par deux, leurs génératrices groupées en parallèle.

Un appareillage entièrement automatique, qui est déclenché par la panne commune des deux secteurs ou bien par la défaillance de la dernière commutatrice, assure le démarrage de deux des groupes ci-dessus et les connecte aux barres de départ dès qu'ils ont atteint leur tension de régime. Si l'un des deux groupes vient à avoir une défaillance de fonctionnement, il est automatiquement éliminé, arrêté, et le troisième groupe mis en marche et connecté automatiquement. Le fonctionnement de chacun des trois groupes électrogènes est contrôlé en permanence par l'appareillage automatique, et leur rôle peut être permuté à volonté.

Un groupe électrogène à courant alternatif comporte un moteur à essence à six cylindres, de 40 CV, à démarrage électrique alimenté par une batterie au cadmium-nickel, chargée par un redresseur Tungar, entraînant un alternateur de 30 KVA et une excitatrice.

Il existe deux groupes électrogènes semblables.

Un appareillage entièrement automatique, déclenché par une panne commune aux deux secteurs, assure le démarrage de l'un d'eux, contrôle l'excitation de l'alternateur, la tension du courant et le sens de rotation des phases et le connecte aux barres de départ en courant alternatif. Le fonctionnement est contrôlé automatiquement en permanence, et en cas de défaillance un appareillage automatique exactement semblable est déclenché pour la mise en route et la connexion du second groupe à courant alternatif, le premier étant automatiquement retiré du circuit. Le rôle des deux groupes, dans la priorité du démarrage, peut être inversé à volonté.

Tout l'appareillage automatique de démarrage, de contrôle de fonctionnement et de connexion des groupes commutateurs et des groupes électrogènes ainsi que celui qui commande la connexion de l'un ou de l'autre secteur, est groupé sur un tableau de marbre de 2 m. 24 de hauteur sur 8 m. 50 de longueur. Il porte également les appareils de mesure et de comptage, les fusibles et les interrupteurs de mise en route volontaire de chacune des machines automatiques (fig. 33).

Un tableau auxiliaire muni d'un appareillage purement manuel, peut être substitué au précédent par le jeu d'un inverseur, de façon à mettre temporairement hors de tension l'appareillage automatique et d'en permettre le nettoyage et l'entretien sans interrompre l'alimentation des postes et le recours à tous les secours existants.

Les commutatrices, les groupes électrogènes et les tableaux sont groupés

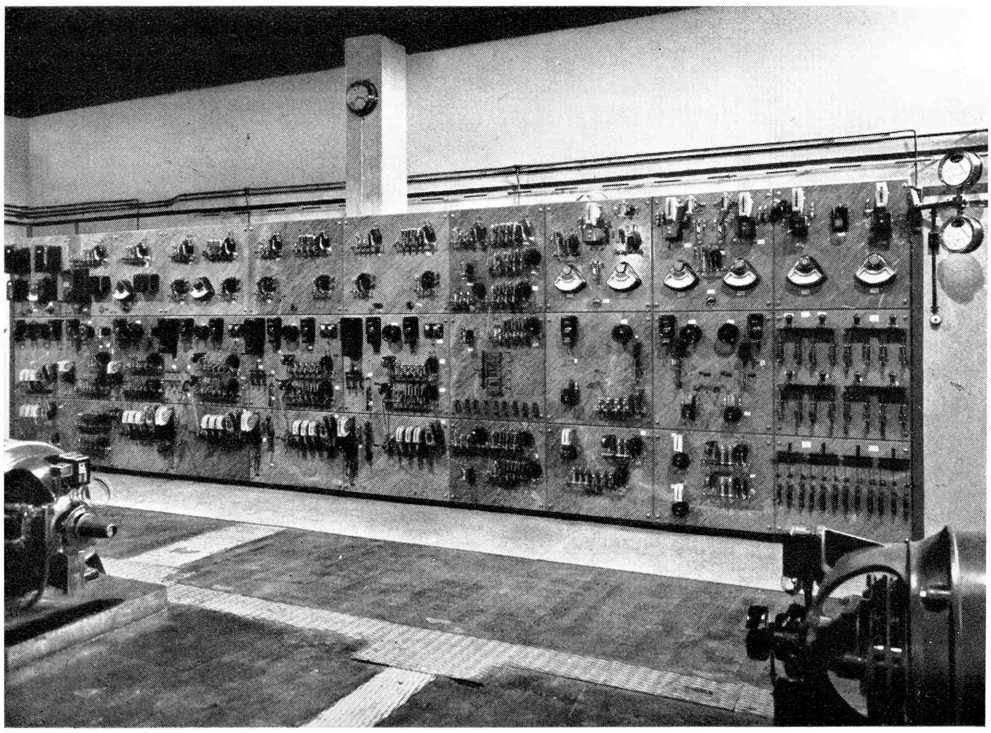


Fig. 33. — Vue du tableau automatique de la sous-station.

dans la salle de basse tension. Des locaux annexes abritent les batteries de démarrage au cadmium-nickel (celles-ci en plus grand nombre que les groupes électrogènes, afin d'assurer une réserve de secours), les redresseurs Tungar qui les chargent, et les provisions d'essence des moteurs.

L'installation de haute tension et celle de basse tension sont protégées contre l'incendie par un réseau de distribution d'anhydride carbonique semblable à celle des postes eux-mêmes.

Telle est l'installation d'une importance exceptionnelle, tant par son ampleur que par le souci de pousser au maximum les diverses sécurités, dont la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée et les constructeurs qui ont collaboré à cette œuvre sont fondés à se prévaloir.

Jean BOILLOT,

ancien élève de l'École Polytechnique,
Inspecteur divisionnaire à la Compagnie P.L.M.

LA

PRÉSENTE BROCHURE

A ÉTÉ ÉDITÉE PAR

LES SOINS DE LA

COMPAGNIE FRANÇAISE

THOMSON-HOUSTON

PRINTEL

102, faub. Poissonnière

PARIS

N° 372