BnF Gallica

Revue générale des chemins de fer (1924)

Source gallica.bnf.fr / Ecole nationale des ponts et chaussées

{BnF Gallica

Revue générale des chemins de fer (1924). 1927/07.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter **reutilisationcommerciale@bnf.fr**.

REVUE GÉNÉRALE

DES

CHEMINS DE FER

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

ÉCOLE DES PONTS & CHAUSSÉES BIBLIOTHÈQUE

CONCERNANT

L'ÉTABLISSEMENT, LA CONSTRUCTION

ET

L'EXPLOITATION TECHNIQUE ET COMMERCIALE

DES VOIES FERRÉES

Tome XLVI^e. — 1927. — 2^e Semestre.

PARIS

DUNOD

92, RUE BONAPARTE (VI)

Tous droits réservés.

ENPC-PER-P 301-1927-2

46e Année. Juillet 1927. REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER 2e Semestre. — N° 1.

LE BLOC AUTOMATIQUE

sur Lignes électrifiées

DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU MIDI

Par M. G. GILLES,

INGÉNIEUR PRINCIPAL DU SERVICE ÉLECTRIQUE DE LA VOIE

INTRODUCTION

La Compagnie des Chemins de fer du Midi a été en Europe la première de toutes les Administrations de Chemins de fer à adopter le bloc automatique.

Dés l'année 1902, elle équipait des sections d'essai (Bordeaux-Langon d'abord, puis Bordeaux-Lamothe) avec des signaux automatiques Banjo, mais ayant reconnu la trop grande délicatesse de réglage de ces signaux, elle poursuivait la mise au point d'un nouveau type de signal, le signal P. D., d'un fonctionnement beaucoup plus robuste.

Le signal P. D. comme le signal Banjo sont du type « signal enfermé ». Au début du 20e siècle, en effet, les piles n'avaient pas encore reçu les perfectionnements que nous avons vu apparaître ces dernières années et qui ont permis depuis lors d'utiliser des éléments de capacités et débits suffisants pour actionner économiquement des signaux mécaniques. On en était donc réduit à cette date à adopter des signaux constitués pár un voyant mobile très léger, nécessitant une faible dépense d'énergie (qui pût être fournie dans des conditions pratiques par les éléments de piles alors connus) et devant par conséquent se déplacer dans une cage complètement fermée, à l'abri du vent qui aurait pu contrarier son mouvement.

Le signal P. D. dont la cage est carrée pour le sémaphore, ronde pour le disque, vitrée sur toutes ses faces avec des glaces et verres armés, est constitué par deux demi-voyants en étoffe rouge, ou mieux en tôle d'aluminium extra-mince peinte en rouge, tendus sur une carcasse métallique et tournant autour d'axes voisins légèrement inclinés sur la verticale.

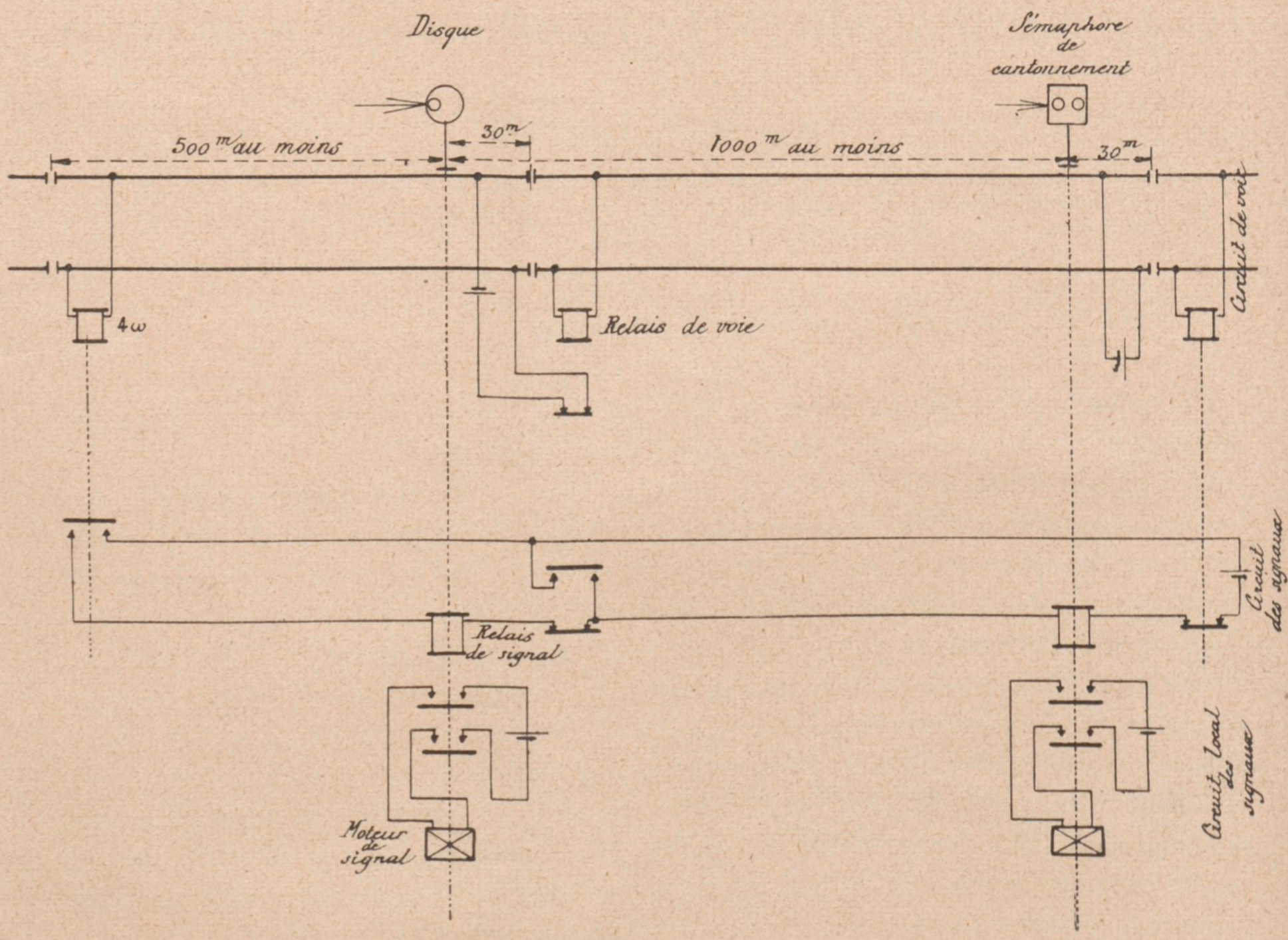
A la fermeture, les deux demi-voyants, grâce à leur poids et à l'inclinaison de leur axe viennent retomber en prolongement l'un de l'autre contre la glace arrière du signal.

A l'ouverture, les deux demi-voyants se replient l'un sur l'autre à la façon des ailes d'un papillon sous l'action du moteur de signal excité, et s'effacent par la tranche derrière le fer divisant en deux parties la glace avant du signal.

Le moteur de signal est un petit moteur série dont l'induit monté sur un axe avec roulements à billes, reçoit le courant de pile par l'intermédiaire de deux ressorts spiraux

et a sa course limitée à un quart de tour. Ce moteur est inséré dans un circuit local comprenant une pile de 8 éléments au sulfate de cuivre pour le disque, de 10 éléments pour le sémaphore. Le courant absorbé, sensiblement le même en position d'ouverture que pendant la manœuvre, est d'environ 150 milliampères pour le disque (puissance absorbée : 1 *W*), 180 milliampères pour le sémaphore (puissance absorbée : 1,5 *W*). Le déplacement des voyants est assez rapide malgrè le freinage dû à la résistance opposée par l'air, la durée d'ouverture est d'environ trois secondes pour le disque, 3,5 secondes pour le sémaphore.

Fig. 1. — Schéma d'un poste de pleine voie.



Le signal Banjo, dont le voyant se déplace par la tranche, nécessitait évidemment pour l'ouverture la consommation d'une énergie moindre et permettait d'éviter la complication d'un circuit local, l'électroaimant moteur pouvant être inséré directement dans le circuit de ligne. Toutefois cette complication du circuit local a été reconnue indispensable pour assurer la sécurité de fonctionnement des signaux Banjo eux-mêmes.

On peut voir au premier plan de la photographie (Fig. 5) les silhouettes de deux signaux P. D. ; à gauche un sémaphore fermé vu de l'avant, à droite un disque, lanterne abaissée, vu de l'arrière.

Ainsi en possession d'un signal électrique de fonctionnement irréprochable, la Compagnie du Midi poursuivit systématiquement l'éxécution du programme d'établissement du bloc

automatique sur les lignes à double voie de son réseau et, en 1921, elle avait terminé l'équipement de la ligne Bordeaux à Cette, des sections Toulouse à Portet-St-Simon et Empalot Toulouse-St-Cyprien sur les lignes de Toulouse à Bayonne et Toulouse à Auch, et de la section Bordeaux-Dax sur la ligne Bordeaux à Irun, soit une longueur de 638 k*m* de ligne à double voie.

A cette date, en raison de l'adoption du programme d'électrification qui comportait en premier lieu l'électrification de la ligne Toulouse à Dax, en second lieu celle de Bordeaux à Irun, le problème de l'adaptation du bloc automatique aux lignes électrifiées se posa avec une certaine urgence et la Compagnie du Midi en entreprit immédiatement l'étude en collaboration avec la Compagnie des Signaux et Entreprises Électriques pour chemins de fer, qui avait établi toutes les installations de bloc automatique en service sur son réseau.

Programme de fonctionnement du bloc automatique Midi

Rappelons que le bloc automatique Midi est un bloc à voie normalement fermée. La longueur moyenne des cantons est de 3,5 k*m*. En principe, les cantons vont de sortie de gare à sortie de gare. Si cependant la distance entre deux stations consécutives dépasse de beaucoup la longueur moyenne indiquée ci-dessus, cette distance est partagée en deux ou plusieurs cantons.

Chaque canton est protégé par un sémaphore P. D. précédé à 1.000 *m* au minimum d'un disque P. D. jouant le rôle de signal annonciateur. Le signal annonciateur du sémaphore de cantonnement placé à la sortie d'une gare joue d'ailleurs en même temps le rôle de disque d'entrée de la gare. La signalisation de chaque gare est complétée par un sémaphore d'entrée qui couvre la partie de voie principale comprise entre ce dernier sémaphore et le sémaphore de cantonnement établi à la sortie de la gare.

Le bloc automatique Midi comprend donc deux sortes de postes ; les postes de pleine voie et les postes de gare.

Le fonctionnement du poste de pleine voie, dont le schéma est donné figure 1 est le suivant :

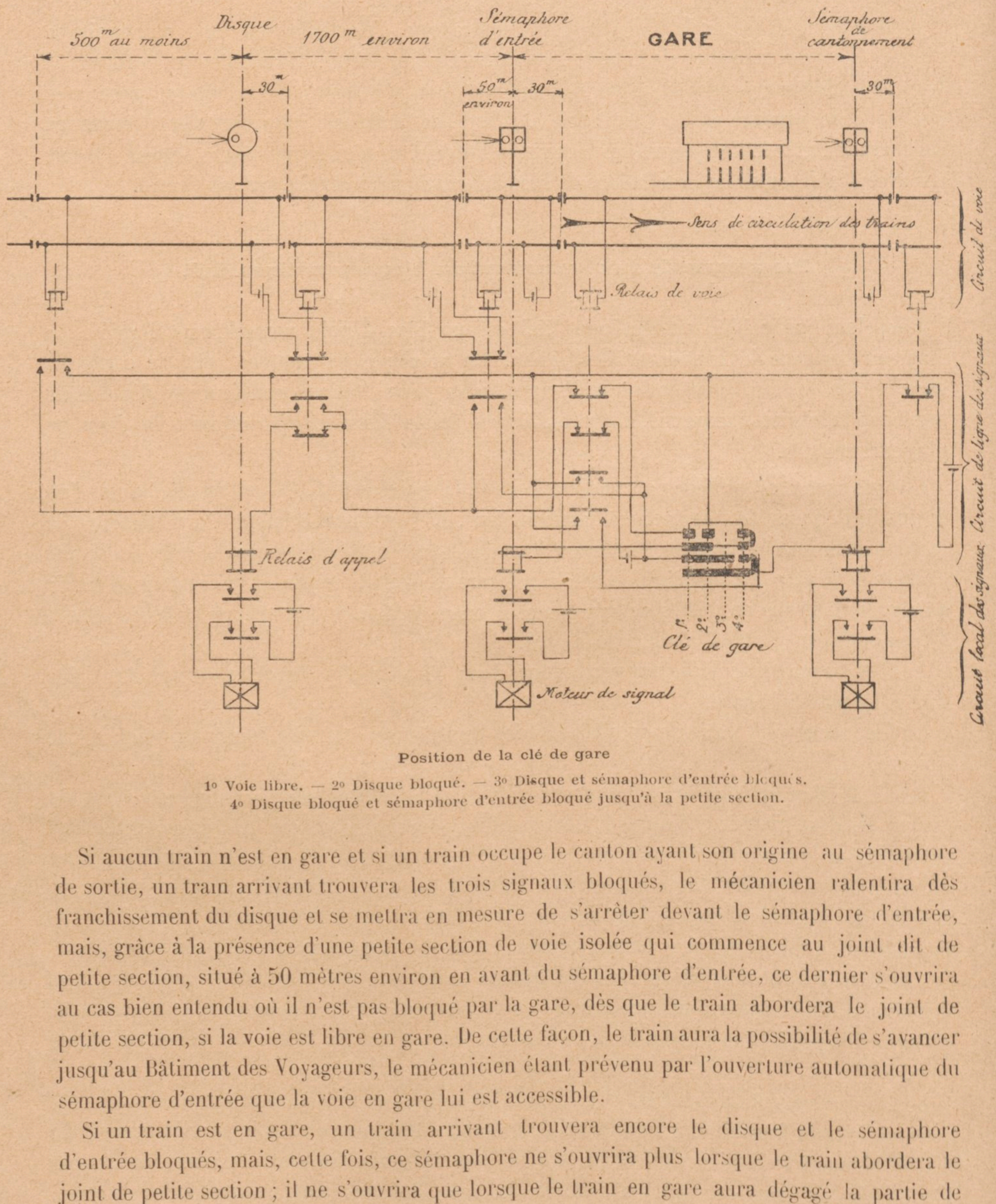
Quand le train franchit un joint annonciateur établi à 500 *m* au minimum en avant du disque, les deux signaux : disque et sémaphore s'ouvrent en même temps, pourvu, bien entendu, que le canton qu'ils couvrent soit libre ; ces signaux se bloquent successivement quand le premier essieu de la locomotive franchit les joints bloqueurs établis à 30 *m* en arrière de chacun d'eux (cette distance de 30 *m* ayant pour objet d'empêcher le mécanicien de voir le signal se fermer au moment de son passage, même en double traction) ; les signaux restent bloqués jusqu'à ce que le train ait complètement franchi un joint débloqueur qui coïncide d'ailleurs avec le joint bloqueur du sémaphore de cantonnement suivant, si le poste situé à l'origine de ce nouveau canton est lui-même un poste de pleine voie.

Le fonctionnement du poste de gare, dont le schéma est donné figure 2, est le suivant :

Quant le train franchit le joint annonciateur établi à 500 mètres au minimum en avant du disque, si aucun train n'est situé ni en gare, ni dans le canton suivant et si la gare n'a pas bloqué un ou deux des signaux d'entrée, les trois signaux : disque, sémaphore d'entrée,

sémaphore de cantonnement s'ouvrent en même temps. Chacun des signaux se bloque au moment où le train attaque son joint bloqueur, situé comme nous l'avons déjà dit à 30 mètres en arrière du signal.

Fig. 2. — Schéma d'un poste de gare.



Position de la clé de gare

1° Voie libre. — 2° Disque bloqué. — 3° Disque et sémaphore d'entrée bloqués.
4° Disque bloqué et sémaphore d'entrée bloqué jusqu'à la petite section.

Si aucun train n'est en gare et si un train occupe le canton ayant son origine au sémaphore de sortie, un train arrivant trouvera les trois signaux bloqués, le mécanicien ralentira dès franchissement du disque et se mettra en mesure de s'arrêter devant le sémaphore d'entrée, mais, grâce à la présence d'une petite section de voie isolée qui commence au joint dit de petite section, situé à 50 mètres environ en avant du sémaphore d'entrée, ce dernier s'ouvrira au cas bien entendu où il n'est pas bloqué par la gare, dès que le train abordera le joint de petite section, si la voie est libre en gare. De cette façon, le train aura la possibilité de s'avancer jusqu'au Bâtiment des Voyageurs, le mécanicien étant prévenu par l'ouverture automatique du sémaphore d'entrée que la voie en gare lui est accessible.

Si un train est en gare, un train arrivant trouvera encore le disque et le sémaphore d'entrée bloqués, mais, cette fois, ce sémaphore ne s'ouvrira plus lorsque le train abordera le joint de petite section ; il ne s'ouvrira que lorsque le train en gare aura dégagé la partie de

voie principale correspondante, soit que, continuant son chemin, il ait franchi entièrement le joint bloqueur du sémaphore de cantonnement, soit qu'il ait été garé sur une voie secondaire. On notera que le joint bloqueur du sémaphore d'entrée est en même temps débloqueur des signaux couvrant le canton précédent, de telle sorte qu'un train étant présent en gare, un autre train pourra s'approcher sans trouver bloqués les signaux couvrant le canton précédent. mais il trouvera, bien entendu, les signaux d'entrée de la gare bloqués.

La gare peut aussi utiliser les signaux d'entrée : disque et sémaphore pour se couvrir. A cet effet, elle dispose d'un organe de blocage appelé clé de gare qui peut occuper quatre positions correspondant respectivement aux effets suivants :

1° Voie libre ;

2° Disque bloqué ;

3° Disque et sémaphore d'entrée bloqués ;

4° Disque et sémaphore d'entrée bloqués, ce dernier signal jusqu'au joint de petite section seulement.

Enfin, des leviers de blocage disposés en campagne et enclenchés par serrures Bouré avec les leviers d'aiguille ou autres dispositifs de voie tels qu'arrêts mobiles, permettent d'effectuer des manœuvres diverses sous la protection des signaux d'entrée de la gare.

Adaptation du bloc automatique Midi aux lignes électrifiées. — Le circuit de voie à courant alternatif.

Les schémas donnés précédemment montrent que l'installation du bloc automatique se compose de deux sortes de circuits électriques bien distincts : les circuits de voie et les circuits de signaux. Les uns et les autres sont alimentés par des piles ; au début, c'étaient des piles au sulfate de cuivre ; à la suite d'essais de longue durée, la Compagnie du Midi a reconnu l'intérêt qu'il y avait, surtout en raison de l'allongement de la période d'utilisation des piles, à employer les éléments de pile A.D. fabriqués par la Société « Le Carbone », aussi bien pour les circuits de voie que pour les circuits de signaux.

Pour adapter le bloc automatique Midi aux lignes électrifiées, on n'est pas obligé de changer quoi que ce soit aux circuits de signaux, mais on ne peut évidemment maintenir les relais de voie à courant continu et l'alimentation des circuits de voie par piles, car les dérivations dans les relais du courant continu de traction revenant aux sous-stations par les rails troubleraient infailliblement le fonctionnement correct de ces relais.

La solution de ce problème, depuis longtemps connue, consiste à remplacer, dans le circuit de voie, le relais à courant continu situé à l'amont (pour le sens de circulation) par un relais sensible au courant alternatif seulement et la pile située à l'aval par un transformateur d'alimentation convenable. Pour assurer le retour du courant de traction par les deux files de rails, tout en maintenant l'indépendance des circuits de voie successifs pour le courant alternatif, on relie les sections de voie isolées consécutives par des dispositifs appelées ponts d'inductance constitués par un ensemble de deux « connexions inductives ».

Le problème résolu par les connexions inductives est tout à fait analogue à un problème abordé depuis longtemps par les Ingénieurs des télégraphes : celui de la superposition d'une communication télégraphique (courant pratiquement équivalent à un courant continu) sur un

ou plusieurs circuits téléphoniques disposés en série (courants téléphoniques d'appels ou de conversation pratiquement alternatifs). Ce problème avait été résolu de deux manières, d'abord par l'emploi d'un schéma par dérivation employant des bobines Cailho (schéma de la Fig. 3), puis par l'emploi d'un schéma par transformation avec utilisation de bobines toroïdales (schéma de la Fig. 4).

Fig. 3. — Superposition d'une communication télégraphique a un ensemble de deux circuits téléphoniques successifs disposés en série (montage par dérivation).

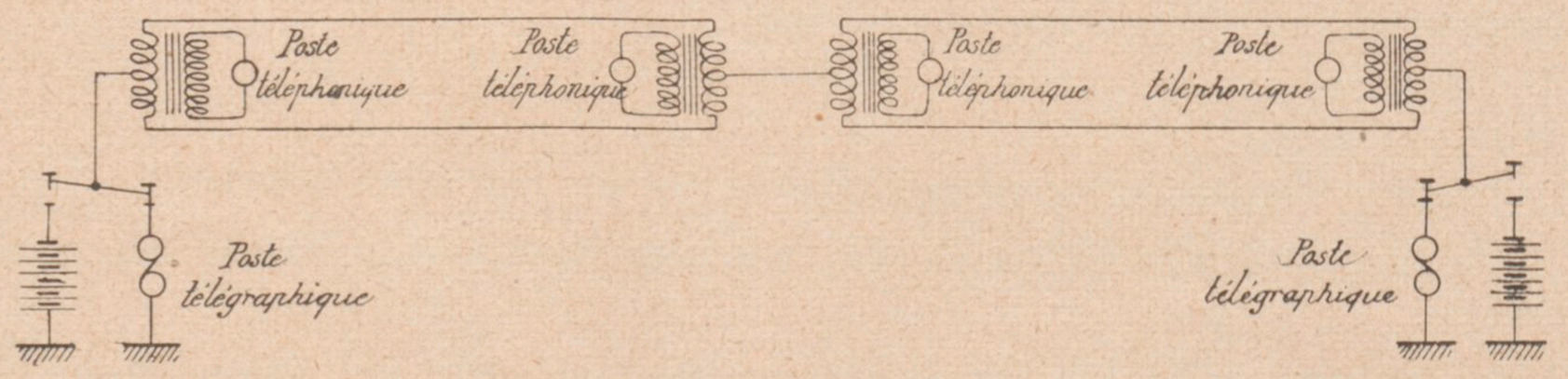
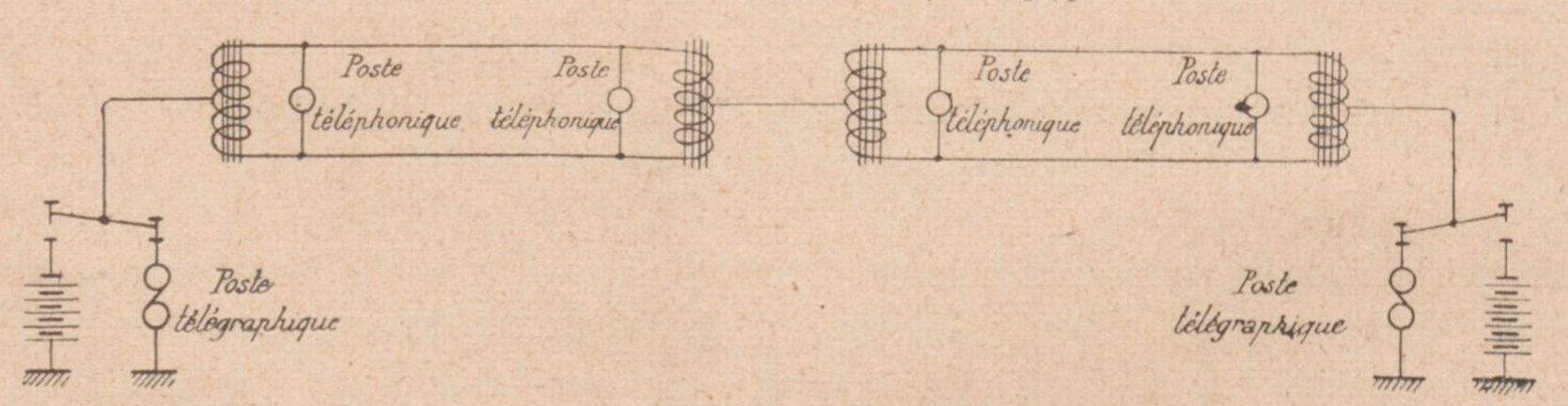


Fig. 4. — Superposition d'une communication télégraphique a un ensemble de deux circuits téléphoniques successifs disposés en série (montage par transformation).



Or, détail curieux à noter, alors que les Ingénieurs des Télégraphes avaient abandonné depuis longtemps le schéma par dérivation pour adopter définitivement le schéma par transformation reconnu nettement plus avantageux, les Ingénieurs des Chemins de fer américains, qui avaient cependant effectué de nombreuses installations de circuits de voie à courants alternatifs, en étaient restés, à notre connaissance du moins, au schéma par dérivation qui présente pourtant de sérieux inconvénients : d'une part, en effet, dans un tel schéma, le courant continu de retour aux sous-stations peut se dériver dans les relais de voie et les transformateurs d'alimentation et, comme ce courant peut à certains moments être très intense, on est obligé de protéger ces appareils par des limiteurs d'intensité ; d'autre part les dérivations du courant alternatif dans les connexions inductives sans effet utile, absorbent en pure perte une partie de l'énergie du courant alternatif de signalisation, ce qui ne fait qu'accroître la consommation d'énergie.

La Compagnie du Midi accepta donc avec empressement de mettre à l'essai le montage des circuits de voie avec connexions inductives à transformateur qui lui était proposé par la Compagnie des Signaux et Entreprises électriques ; l'essai eut lieu avec succès et ce montage fut définitivement adopté ; c'est là, croyons-nous, la première réalisation aux circuits de voie d'un principe bien connu, utilisé déjà en télégraphie et téléphonie.

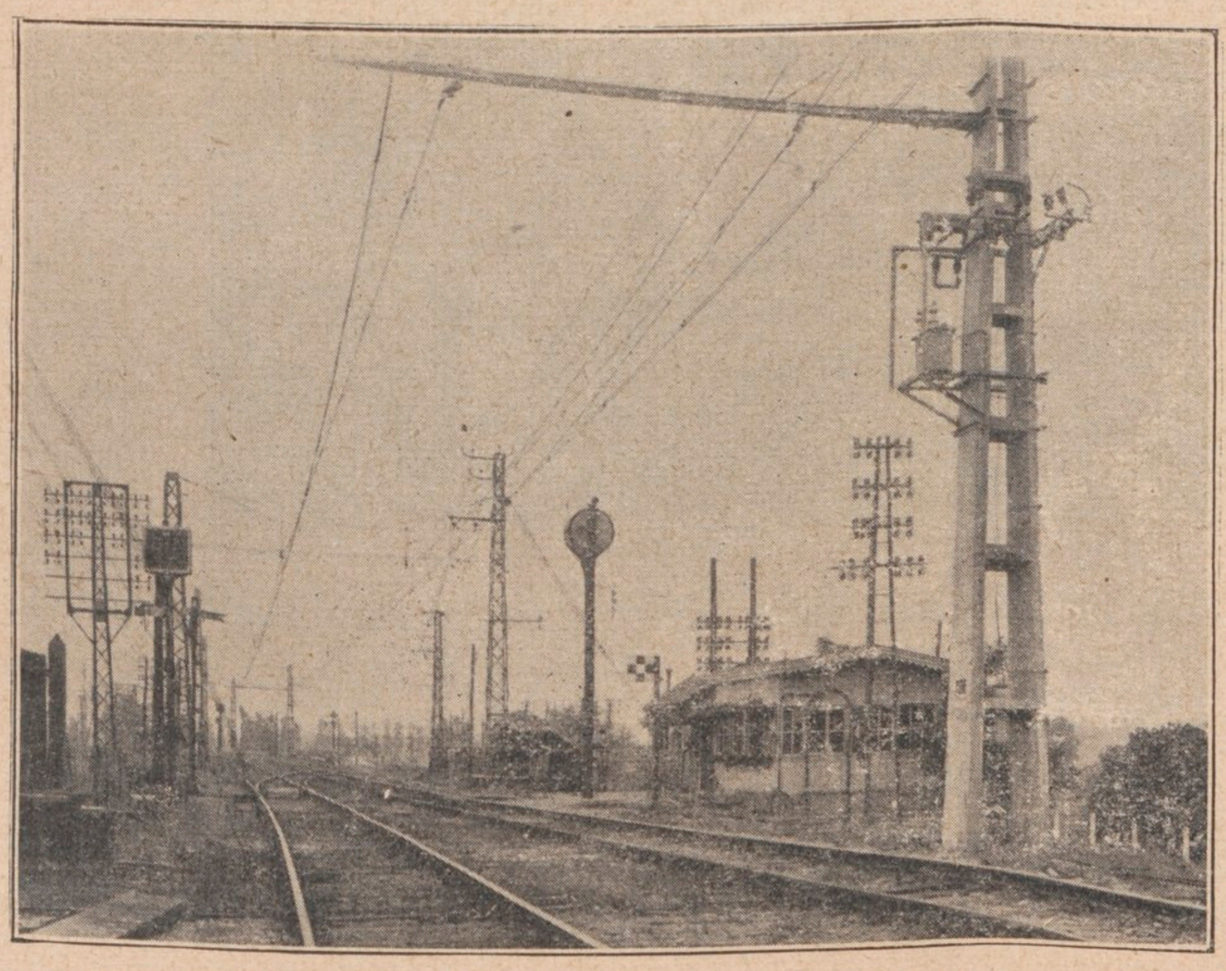
Les dispositions adoptées en définitive sont décrites ci-après ; il convient d'examiner en premier lieu d'où provient le courant alternatif de signalisation.

Les diverses sous-stations à courant continu espacées de 25 à 30 k*m* sont alimentées par des lignes triphasées à 60.000 *V* 50, périodes. L'énergie électrique provenant de ces lignes est transformée par des commutatrices ou des redresseurs à vapeur de mercure en courant continu 1.500 *V* distribué par les caténaires. Dans certaines des sous-stations sont installés des transformateurs triphasés 60.000 *V*/ 10.000 *V* qui permettent d'alimenter une ligne triphasée 10.000 *V* qui court tout le long de la voie ferrée et sert à distribuer l'énergie électrique, notamment pour l'éclairage des stations.

C'est sur une phase de cette ligne que se sont branchés les transformateurs de signalisation. Ces transformateurs monophasés 10.000 *V*/ 110 *V* de 1,5 kilovoltampère sont répartis tout le long de la ligne à raison de 1 par k*m* en moyenne en des points choisis de manière à diminuer le plus possible la longueur des lignes 110 *V* nécessaire à l'alimentation des divers points situés dans la zone que doit desservir ce poste.

On aperçoit un de ces postes de transformation monté sur le pylône en béton armé supportant des lignes à haute tension qui figure au premier plan et à droite de la photographie (Fig. 5). Cette photographie représente les abords du poste de la bifurcation d'Empalot. Chacun des postes de transformation est doté d'un sectionneur permettant de couper l'alimentation du transformateur par le courant 10.000 *V*, d'un amortisseur système Ledoux et de fusibles pour protéger les enroulements du transformateur contre les surtensions et les surintensités, et d'un interrupteur basse tension permettant de couper l'alimentation de la ligne à 110 *V* par le secondaire du transformateur.

Fig. 5. — Abords du poste de la bifurcation d'Empalot, près de Toulouse.



Ajoutons que, par mesure de précaution, les transformateurs de signalisation sont calculés pour pouvoir supporter une tension quadruple de la tension de service.

La photographie (Fig. 6) représente l'ensemble des deux connexions inductives situées de part et d'autre d'un joint isolé. Chaque connexion inductive est constituée par deux enroulements autour d'un circuit magnétique presque complètement fermé ; le premier est un enroulement de 10 spires en barres de cuivre de 180 mm^2 de section dont les extrémités sont reliées par câbles souples aux files de rails, et dont le milieu est relié au milieu de l'enroulement similaire de la connexion inductive voisine ; le second enroulement est formé de 4 bobines de 72 spires chacune, en fil de cuivre de 0 m*m*, 7 de diamètre, pouvant à volonté être connectées en série ou en parallèle. Les rapports de transformation du transformateur

constitué par la connexion inductive peuvent être ainsi pris égaux, selon les besoins, à 8, 16, 24 ou 32. Les bornes visibles sur la photographie de la figure 6 servent précisément à effectuer les connexions utiles dans ce but.

Les connexions inductives sont calculées pour assurer sans échauffement exagéré un retour de courant de 1.000 *A* par voie (en pratique, on peut en effet maintenir la main sans se brûler sur l'enroulement en barres). Le fonctionnement du circuit de voie n'est pas troublé par un déséquilibre inférieur à 20 % c'est-à-dire par une différence de 200 *A* entre les courants circulant dans les deux files de rails. Ce résultat s'obtient facilement en ménageant un entrefer de 1m*m* environ dans le circuit magnétique de la connexion inductive.

Fig. 6. — Ensemble de deux connexions inductives.

Les connexions inductives sont placées dans l'entre-voie pour ne pas gêner l'entretien de la voie.

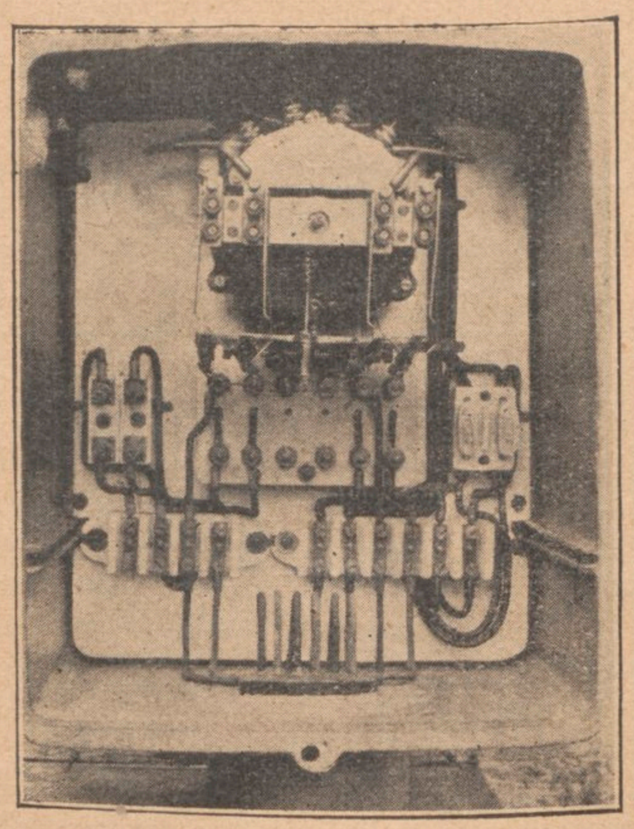
Le relais de voie à courant alternatif est du type à deux éléments ; l'avantage bien connu du relais de ce type sur celui à un seul élément est de ne nécessiter pour son actionnement qu'une énergie beaucoup moindre en provenance du circuit de voie, puisqu'une énergie supplémentaire indépendante de la longueur du circuit de voie peut être empruntée à une source locale.

Le relais utilisé par la Compagnie du Midi est constitué par un rotor à cage d'écureuil monté sur roulement à billes et un stator composé d'un enroulement « local » bobiné autour de quatre pôles principaux et alimenté à 110 *V* et d'un enroulement « voie » bobiné autour de quatre pôles auxiliaires et connecté directement à l'enroulement en fil fin de la connexion inductive.

L'ensemble : stator et rotor est enfermé dans un carter étanche visible dans la photographie (Fig. 7). Le rotor exerce par l'intermédiaire d'une chaîne s'enroulant sur un tambour fixé sur son arbre un effort de traction sur l'armature portant les doigts de contact ; le déplacement de cette dernière est limité par deux butées.

Le relais constitue en fait un moteur à champ tournant à course limitée ; il n'exerce un effort de traction suffisant pour soulever l'armature en position d'excitation qu'aux deux conditions suivantes :

Fig. 7. — Relais de voie à courant alternatif.



1° Si le voltage aux bornes de l'enroulement « voie » est suffisant ;

2° Si le courant dans l'enroulement « voie » est suffisamment décalé par rapport au courant circulant dans l'enroulement local du relais.

Pour réaliser la première condition, on adopte toujours 8 comme rapport de transformation de la connexion inductive connectée au relais et on adopte pour le rapport de transformation de la connexion inductive d'alimentation un nombre d'autant plus faible (32, 24, 16 ou 8) que le circuit de voie est plus long. Il faut, en effet, considérer le circuit de voie comme une très mauvaise ligne de transmission d'énergie électrique ; la résistance d'isolement entre files de rails d'un circuit de voie de 1 k*m* de longueur variant de 1 ohm par temps de pluie à 10 ohms par temps sec, le voltage entre files de rails du courant de signalisation s'affaiblit très rapidement par suite des pertes.

Pour obtenir un fonctionnement normal, la différence de potentiel aux bornes de l'enroulement « voie » du relais, doit être comprise entre 1,8 et 2,5 *V*.

Pour réaliser la seconde condition, il est nécessaire de donner une valeur convenable au rapport entre l'inductance et la résistance ohmique de la dérivation alimentant la connexion inductive d'alimentation ; dans ce but, la résistance additionnelle R à prise de courant variable (voir schéma Fig. 8) peut être réglée une fois pour toutes ; elle joue aussi un rôle de protection pour le transformateur d'alimentation qui, sans sa présence, pourrait être grillé par le courant trop intense absorbé par la mise en court circuit du secondaire par les essieux des trains occupant le circuit de voie.

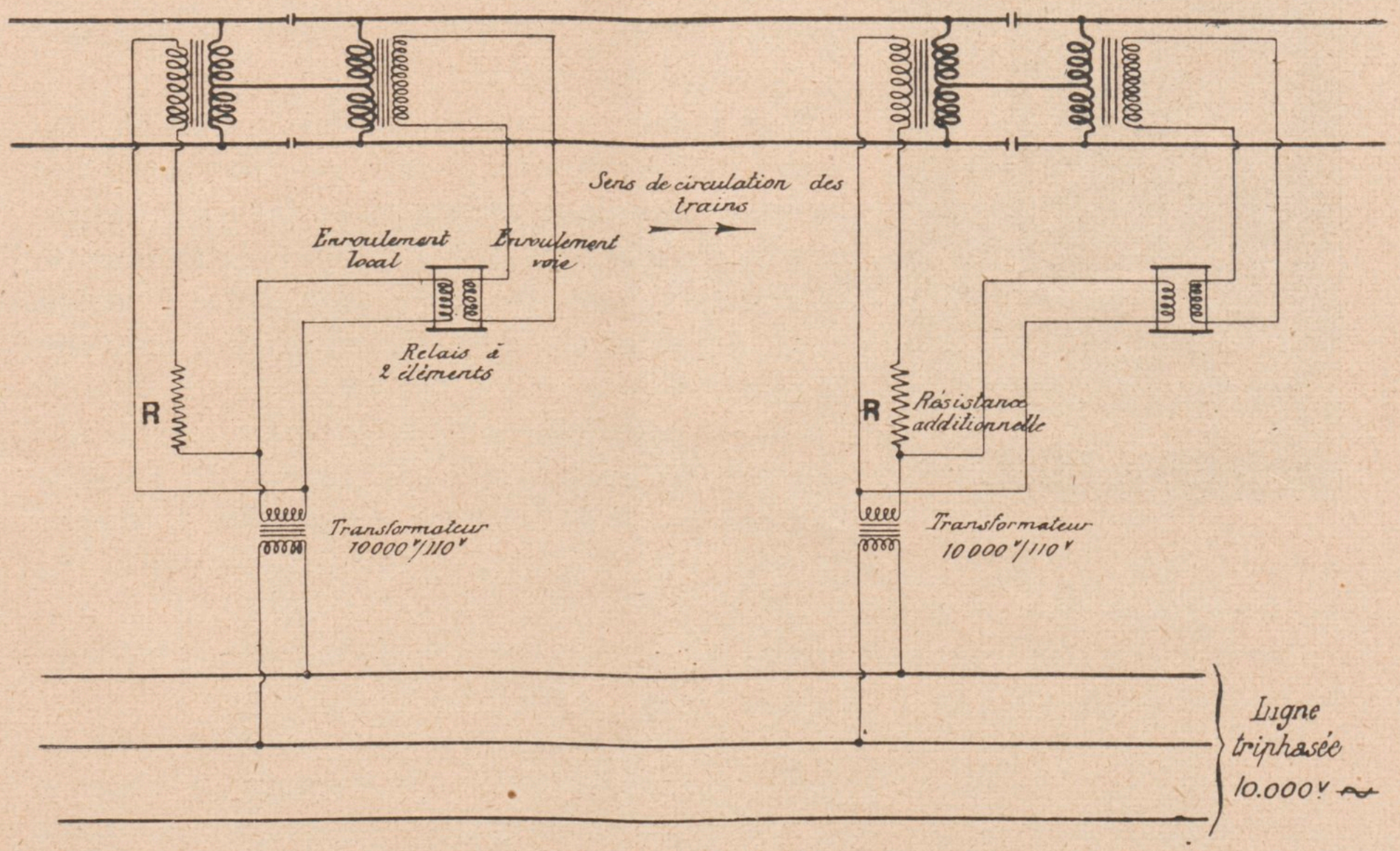
Les valeurs du rapport de transformation de la connexion inductive d'alimentation et de la résistance additionnelle à adopter selon la longueur du circuit de voie sont données dans le tableau suivant.

LONGUEUR du circuit de voie à alimenter	RAPPORT de transformation de la connexion inductive d'alimentation	VALEUR de la résistance additionnelle
0 à 300 m.	32	350 à 500 ohms
300 à 800 m.	24	125 à 250 ohms
800 à 1.200 m.	16	63 à 125 ohms
1.200 à 1.400 m.	8	42 ohms

Pour les circuits de voie de plus de 1.400 mètres de longueur, il est nécessaire d'intercaler en série avec l'enroulement local du relais un condensateur de quatre microfarads pour obtenir le décalage et le couple optimum.

Les nombres précédents supposent un éclissage électrique soigné des joints qui est d'ailleurs absolument indispensable non seulement pour assurer le retour du courant de traction, mais encore pour faire fonctionner un circuit de voie avec connexions inductives, dès que la longueur de ce circuit dépasse 500 mètres.

Fig. 8. — Circuit de voie a courant alternatif.



Quand il n'y a pas de limite de section isolée à proximité immédiate d'une sous-station, il n'est pas nécessaire de créer de section isolée supplémentaire pour assurer le retour du courant à la sous-station ; il suffit de disposer en face de la sous-station une connexion inductive spéciale ne comportant que le seul enroulement en barres en dérivation sur le circuit de voie et de relier par câble le point milieu de cette connexion inductive à la barre omnibus négative de la sous-station.

Il est bien évident que, sur les lignes à vapeur passant au voisinage immédiat des lignes électrifiées, il est nécessaire d'abandonner l'alimentation par piles des circuits de voie pour l'alimentation par du courant alternatif ; autrement, les dérivations du courant continu de traction dans le ballast pourraient être drainées par les rails des sections isolées de la ligne à vapeur voisine et entraîner des excitations intempestives des relais de voie à courant continu.

Comme il n'y a plus dans ce cas particulier à assurer la continuité de la liaison électrique entre sections isolées successives pour assurer le retour du courant de traction, il n'est plus nécessaire d'établir des connexions inductives ; il suffit de brancher directement aux rails à l'amont de la section isolée l'enroulement « voie » du relais à courant alternatif et à l'aval de la section isolée l'enroulement secondaire d'un petit transformateur d'alimentation 110 *V*/5 à 10 *V* en série avec une self réglable à noyau de fer, le but de cette self étant d'obtenir le

décalage convenable entre les courants circulant dans les deux enroulements du relais pour permettre le fonctionnement de celui-ci d'une part, et de limiter le courant en cas d'occupation de la section isolée par un train d'autre part.

On a soin d'inverser la polarité des circuits de voie contigus, de façon à obtenir une sécurité complète au cas de défectuosité des joints isolés ; avec un tel montage, en effet, même si les deux joints isolés sont défectueux et franchement court-circuités, le rotor du relais à deux éléments tourne bien sous l'influence du courant de voie provenant du circuit de voie contigu, mais il tourne en sens inverse du sens normal correspondant à l'attraction de l'armature ; cette dernière n'est donc point soulevée et les signaux restent bloqués.

Toutes les difficultés rencontrées dans les cas les plus complexes ont pu être levées avec l'emploi du courant alternatif pour les circuits de voie. C'est ainsi qu'un problème particulièrement difficile se présentait à la bifurcation à double voie d'Empalot dont le tronc commun et les deux branches de la bifurcation sont équipés en bloc automatique.

Dans le bloc automatique à courant continu, la solution adoptée consistait à munir chaque aiguille de la bifurcation d'un commutateur permettant d'établir la continuité du circuit de voie du tronc commun avec celui de l'une ou l'autre des branches de la bifurcation selon que l'aiguille était disposée pour donner l'une ou l'autre direction.

On se rend compte à l'examen du schéma (Fig. 9) que les aiguillages et les croisements de voie nécessitent l'emploi de nombreux joints isolés et relais de voie supplémentaires pour réaliser le programme de fonctionnement correspondant.

Dans le bloc automatique à courant alternatif, la nécessité d'assurer le retour du courant de traction ne permet plus d'envisager les coupures des deux files de rails ; les contacts de commutateurs destinés à shunter les joints isolés ne résisteraient pas, en effet, au passage des courants de retour qui peuvent être très intenses. On a donc adopté une file de rails éclissée électriquement pour assurer le retour du courant de traction, l'autre file étant convenablement isolée pour constituer des circuits de voie monorail, la liaison d'un circuit de voie monorail au circuit de voie double rail suivant, s'effectuant d'ailleurs très simplement en reliant le point milieu de la connexion inductive correspondant à ce dernier à la file de rails isolée du premier (voir schéma Fig. 10).

Le bloc automatique avec circuits de voie alimentés par du courant alternatif fonctionne sur 17 k*m* entre Coarraze Nay et Pau (ligne de Toulouse à Bayonne) depuis Janvier 1924, sur 12 k*m* entre Toulouse et Portet-St-Simon (ligne de Toulouse à Bayonne) depuis Avril 1925 et sur 147 k*m* entre Bordeaux et Dax (ligne de Bordeaux à Irun) depuis Mars 1927.

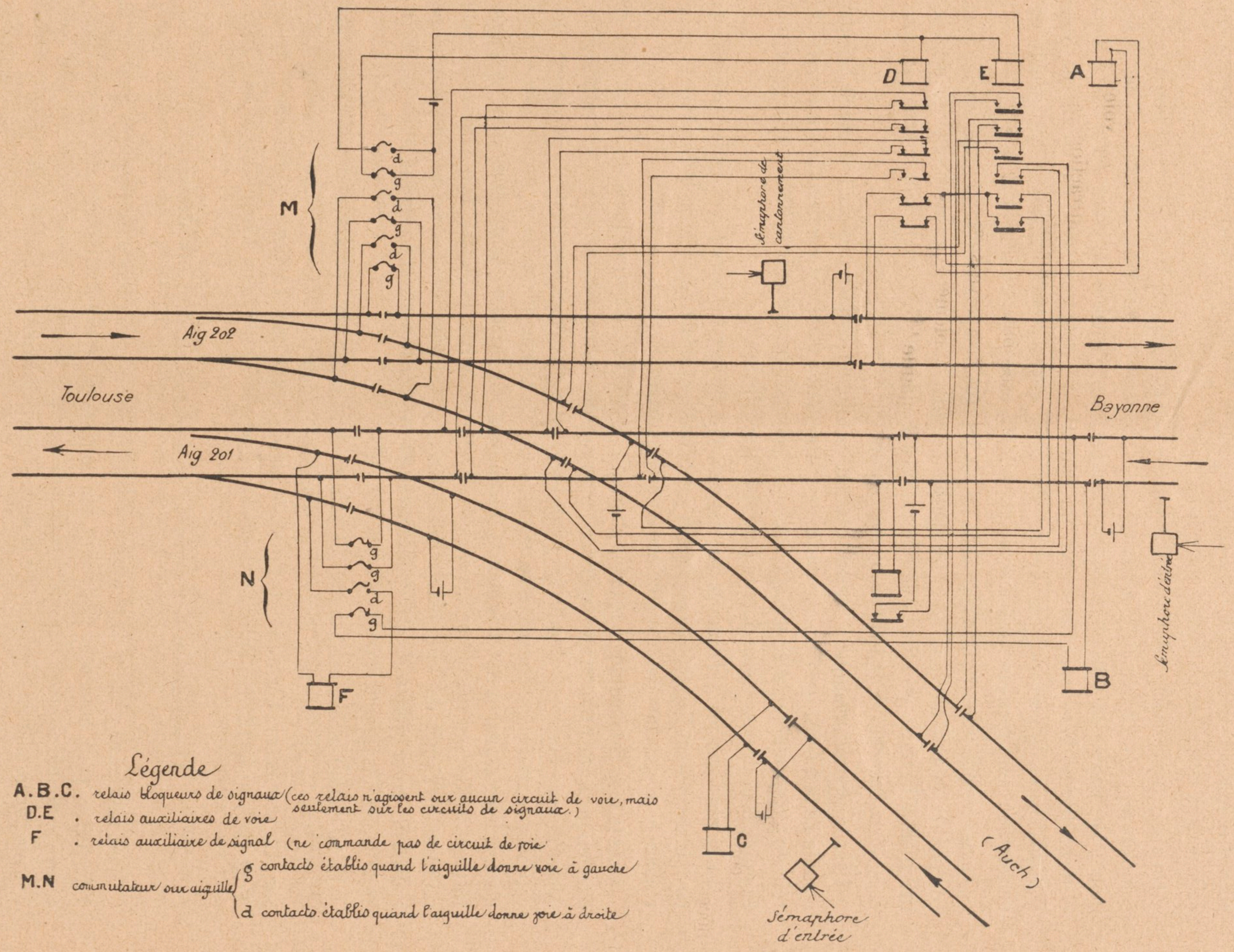
Alimentation des circuits de signaux en courant alternatif

Il est naturel de profiter de la présence de la distribution d'énergie électrique le long de la voie ferrée pour alimenter également en courant alternatif les circuits de signaux. On y trouve le double avantage d'utiliser ainsi une énergie beaucoup moins coûteuse que celle fournie par les piles et d'économiser la main-d'œuvre onéreuse de réfection des piles.

La Compagnie du Midi, à la suite d'un essai effectué en service courant sur un circuit de signaux depuis plus de deux ans, considère la question comme techniquement résolue. La

Fig. 9. — BLOC AUTOMATIQUE A COURANT CONTINU.

(Schéma des circuits de voie d'une bifurcation à double voie).



Légende

A.B.C. relais bloqueurs de signaux (ces relais n'agissent sur aucun circuit de voie, mais seulement sur les circuits de signaux.)

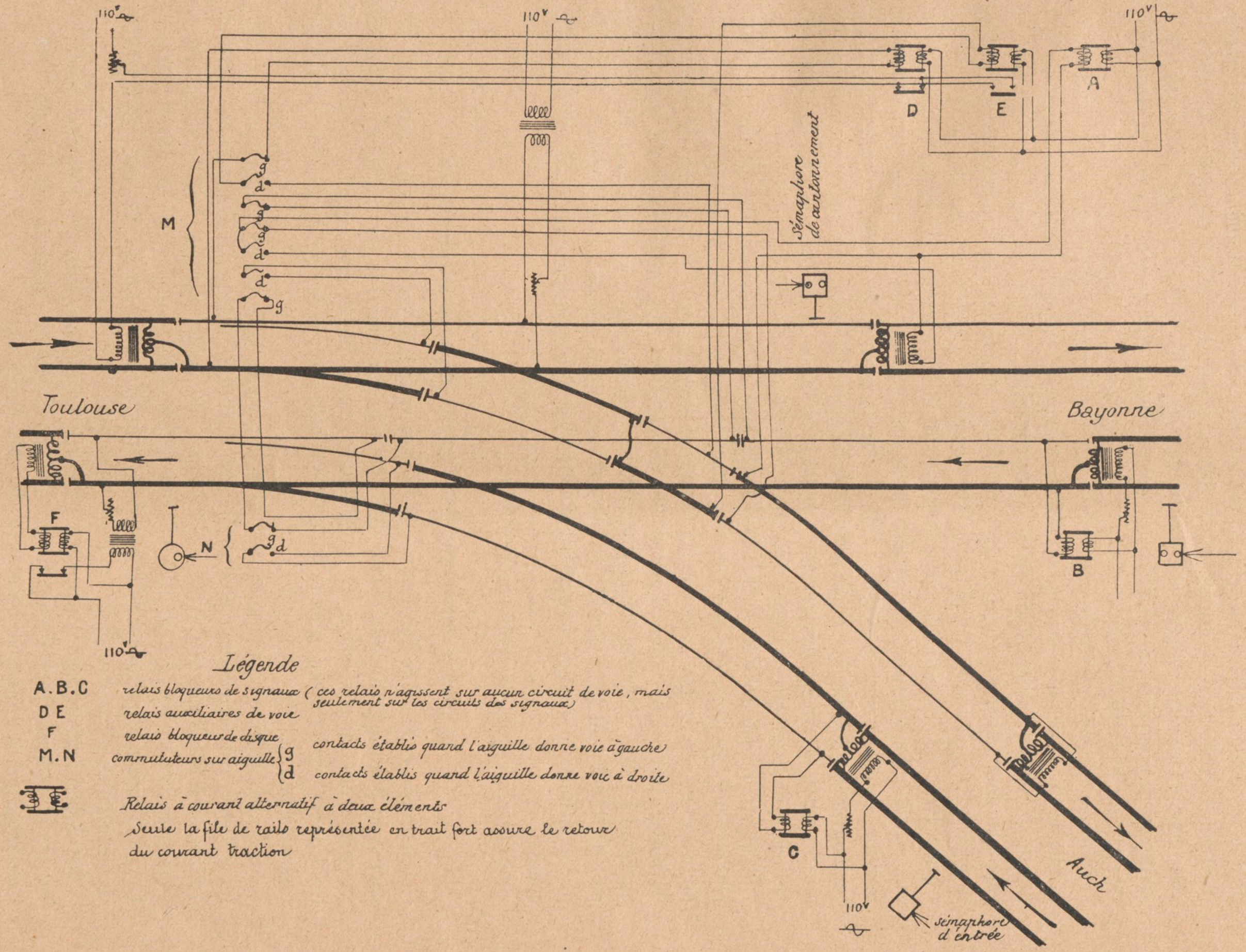
D.E . relais auxiliaires de voie

F . relais auxiliaire de signal (ne commande pas de circuit de voie

M.N commutateur sur aiguille { g contacts établis quand l'aiguille donne voie à gauche ; d contacts établis quand l'aiguille donne voie à droite

Fig. 10. — BLOC AUTOMATIQUE A COURANTS ALTERNATIFS.

(Circuits de voie d'une bifurcation à double voie).



Légende

A.B.C	relais bloqueurs de signaux (ces relais n'agissent sur aucun circuit de voie, mais seulement sur les circuits des signaux)
D E	relais auxiliaires de voie
F	relais bloqueur de disque
M.N	commutateurs sur aiguille { g contacts établis quand l'aiguille donne voie à gauche ; d contacts établis quand l'aiguille donne voie à droite

Relais à courant alternatif à deux éléments

Seule la file de rails représentée en trait fort assure le retour du courant traction

pile du circuit de signaux est supprimée et remplacée par un transformateur 110 *V* / 40 *V* dont le secondaire alimente le circuit des signaux. A chaque signal (disque, sémaphore d'entrée, sémaphore de cantonnement) un moteur à courant alternatif identique au relais de voie, dont le premier enroulement est alimenté sous 110 volts a son second enroulement embroché dans le circuit des signaux ; ce moteur attaque directement les bielles de voyants de sorte que les circuits locaux des signaux sont supprimés.

Cependant jusqu'ici la Compagnie du Midi n'a pas généralisé le système car elle estime qu'elle doit prendre au préalable des précautions pour se prémunir contre une panne de très longue durée de l'alimentation en énergie électrique. Il est certain qu'actuellement en supposant toute alimentation en énergie électrique de provenance hydraulique supprimée, la circulation sur la voie ferrée peut être assurée provisoirement par des locomotives à vapeur. Dans cette éventualité, tant que les circuits de signaux sont alimentés par des piles, une signalisation provisoire acceptable peut être réalisée très rapidement au moyen de quelques modifications très simples en supprimant le bloc automatique et en établissant le cantonnement télégraphique ou téléphonique, les postes de cantonnement, qui ne sont autres que les gares et quelquefois certaines haltes, continuant à se couvrir par la manœuvre électrique de leurs signaux d'entrée au moyen des clés de gare.

Il importe de conserver les mêmes facilités, le jour où les circuits de signaux ne seront plus actionnés par des piles, tout en admettant que les moyens de secours puissent être limités à une section dont l'étendue paraît pouvoir être fixée à une vingtaine de kilomètres de double voie, ce qui conduit à prévoir une douzaine de dispositifs produisant du courant alternatif à partir d'accumulateurs transportables, destinés à être substitués aux transformoteurs 110 *V* / 40 *V* des circuits de signaux, ou mieux encore à étudier des dispositifs d'actionnement de signaux pouvant fonctionner aussi bien en courant alternatif qu'en courant continu.

Ces derniers problèmes sont encore à l'étude.

Eclairage électrique des signaux du bloc automatique

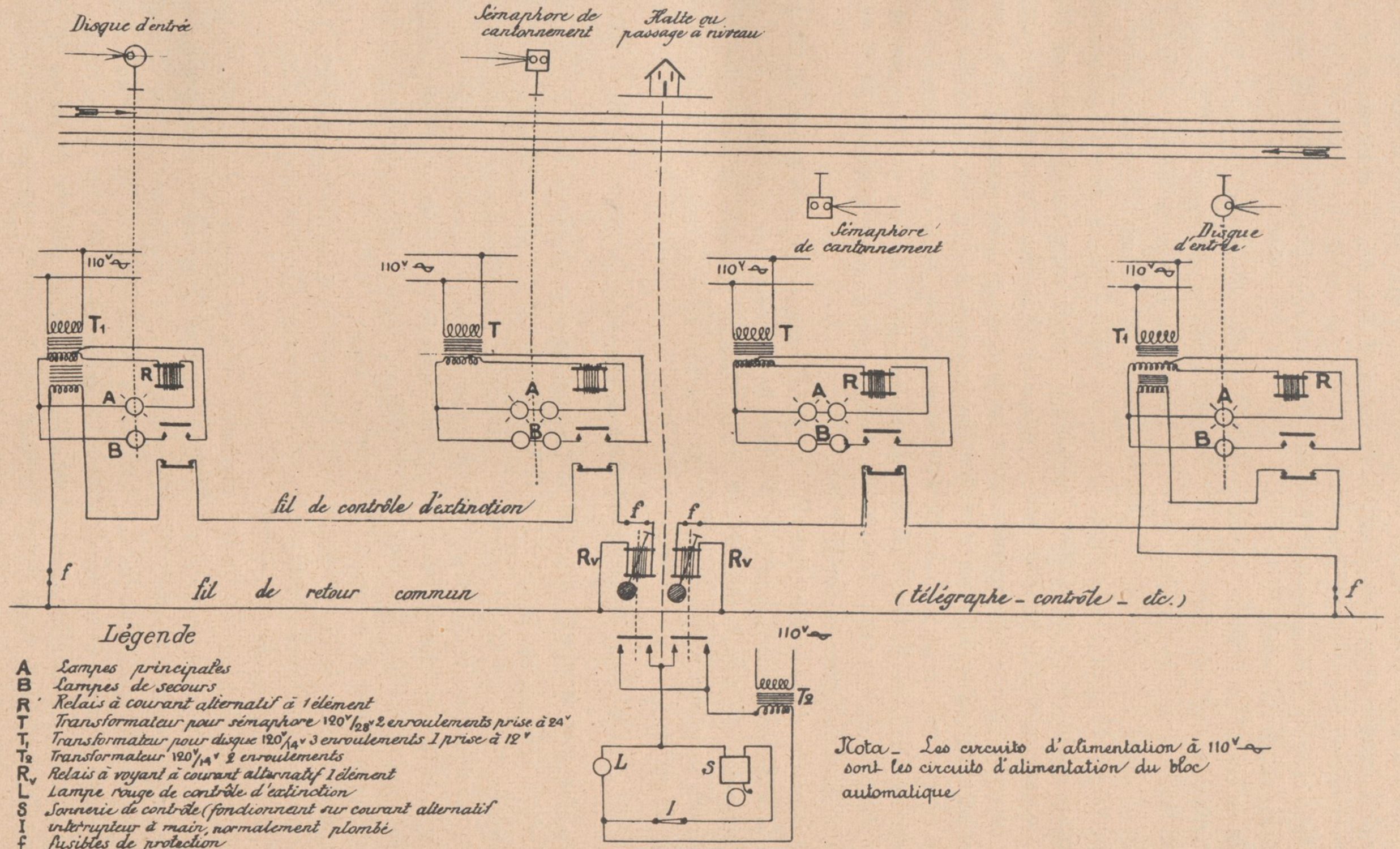
Les transformateurs de signalisation de 1,5 k*va* répartis le long de la voie ferrée ont été choisis de puissance suffisante pour qu'il soit possible dans l'avenir d'effectuer l'éclairage électrique des signaux selon le programme suivant dont une installation d'essai est d'ailleurs en service depuis plus de deux ans à la halte de Beaudreix et donne toute satisfaction (voir schéma Fig. 11).

Au disque, la lanterne à pétrole est remplacée par une lanterne électrique constituée par un réflecteur en verre argenté au foyer duquel se trouve une lampe à incandescence 12 volts 12 bougies à filament gros et court. Cette lampe, dite lampe normale, est branchée sur le secondaire d'un transformateur 120 volts / 14 volts en série avec un relais qui a pour fonction, lors de la rupture du filament de la lampe normale, de mettre en service par l'établissement d'un contact de désexcitation une ampoule de secours.

Des dispositions analogues sont adoptées pour le sémaphore, mais les ampoules normales des deux lanternes sont disposées en série ainsi que les ampoules de secours et le transformateur utilisé est par conséquent de 120 volts/28 volts.

Les lanternes électriques peuvent être montées et descendues au moyen du treuil monte lanternes et la prise du courant se fait par contacteur à plots de charbon à deux contacts

Fig. 11. — ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES SIGNAUX D'UN POSTE DE PLEINE VOIE.



Légende

A	Lampes principales
B	Lampes de secours
R	Relais à courant alternatif à 1 élément
T	Transformateur pour sémaphore 120v/28v 2 enroulements prise à 24v
T_1	Transformateur pour disque 120v/14v 3 enroulements 1 prise à 12v
T_2	Transformateur 120v/14v 2 enroulements
R_v	Relais à voyant à courant alternatif 1 élément
L	Lampe rouge de contrôle d'extinction
S	Sonnerie de contrôle (fonctionnant sur courant alternatif
I	interrupteur à main, normalement plombé
f	fusibles de protection

Nota - Les circuits d'alimentation à 110v ~ sont les circuits d'alimentation du bloc automatique

pour le disque, à trois contacts pour le sémaphore, lorsque la lanterne atteint la position qu'elle doit occuper en haut du signal. On évite ainsi l'emploi de conducteurs souples qui sont une source constante de dérangements.

Les lanternes à pétrole ordinaires peuvent être substituées sans difficultés aux lanternes électriques en cas de besoin.

Enfin un circuit de contrôle permet de faire contrôler par la gare (ou par le P.N. s'il s'agit de signaux de pleine voie) l'allumage des lampes normales des signaux. On groupe en série dans un même circuit de contrôle, tous les signaux situés d'un même côté de la gare (ou du passage à niveau). Le circuit de contrôle est alimenté par un troisième enroulement du transformateur d'éclairage du disque. Une lampe rouge s'allume au poste de contrôle et une sonnerie retentit lorsque le contrôle de l'allumage de la lampe normale n'est pas obtenu ; le relais à voyant indique immédiatement de quel côté de la gare (ou du passage à niveau) il y a lieu de rechercher le dérangement ou la lampe devenue défectueuse pour la changer. Un commutateur normalement plombé permet d'interrompre le fonctionnement de la sonnerie, mais la lampe rouge reste allumée jusqu'à ce que la réparation soit effectuée ou l'ampoule hors service changée. Le feu bleu que donne normalement vers l'arrière une lanterne de signal n'étant apparent que si la lampe normale est allumée a pour objet de faciliter la recherche du signal intéressé par le défaut.

On a intérêt à laisser les lanternes allumées jour et nuit. On économise ainsi la main-d'œuvre onéreuse nécessaire pour la montée et descente des lanternes soir et matin.

La puissance des transformateurs de signalisation est en outre suffisante pour assurer, si on le désire, l'éclairage extérieur des passages à niveau et des haltes et l'éclairage intérieur des maisons de garde.

Organisation de l'entretien.

Sur le réseau du Midi, l'entretien du bloc automatique est assuré par le « Service Electrique de la Voie », arrondissement spécial de la Voie, unique pour tout le Réseau, chargé en outre de l'entretien des postes d'enclenchement électriques, des appareils télégraphiques, avec ou sans fil, téléphoniques et des dispositifs électriques de toutes sortes faisant partie des installations fixes de la voie (cloches électriques, avertisseurs de P.N., pédales électriques d'aiguilles, contrôles impératifs d'aiguilles, contrôles de signaux, porte-pétards multiples à déclenchement électrique, crocodiles) et des appareils chronométriques.

Chaque section de bloc automatique d'une longueur moyenne de 90 k*m* environ est confiée à un Contrôleur du service électrique assisté de trois surveillants principaux, d'un aide-surveillant et de cinq cantonniers électriciens.

Un surveillant principal est désigné par roulement pour assurer le service des dérangements. C'est à cet agent dont le nom est donné au bureau télégraphique de la gare du centre d'entretien que ce bureau transmet les avis télégraphiques de dérangement qui lui parviennent sous la forme invariable suivante : « Train N°.... a trouvé signal.... bloqué, cause inconnue ». Le surveillant principal de service se rend immédiatement sur les lieux par les moyens les plus rapides (train, bicyclette etc..) en ayant soin de tenir au courant de ses déplacements le bureau télégraphique de sa résidence, de façon que lui soient répercutés sans retard les avis de dérangements qui parviendraient en son absence. Quant aux autres surveillants principaux disponibles, ils sont utilisés à l'entretien méthodique des installations.

L'aide-surveillant et les cinq cantonniers électriciens sont utilisés à l'entretien des piles et des lignes aériennes. L'aide-surveillant et un cantonnier électricien assurent normalement le petit entretien des lignes aériennes ; par équipes de deux, les autres cantonniers électriciens effectuent les tournées de piles qui ne les laissent disponibles qu'une huitaine de jours par mois pendant laquelle l'équipe entière des cantonniers peut sous la direction de l'aide-surveillant assurer le gros entretien de la ligne aérienne (changement de poteaux, par exemple).

Les cantonniers de la Voie n'interviennent que pour l'entretien des parties d'installations qui se trouvent incorporées dans la voie proprement dite, c'est-à-dire les joints isolés et les fils de liaison des rails. Le surveillant principal du Service Électrique doit donc aviser le Chef de canton ou son suppléant de tout dérangement dont la cause intéresse les organes précédents et fait effectuer les réparations utiles en sa présence autant que possible. Rentré à sa résidence, le surveillant principal établit une feuille de dérangement indiquant la cause du dérangement, la date et l'heure de sa réparation. Les feuilles de dérangement sont centralisées à l'Arrondissement Service Électrique et un double des feuilles de dérangement concernant les joints isolés et les fils de liaison sera adressé ultérieurement à l'Ingénieur de la Voie intéressé par les soins de l'Ingénieur du Service Électrique.

Le personnel est bien recruté par un examen sévère à l'entrée, bien encadré, les avancements en grade s'effectuant après concours, bien instruit, des notices diverses et, en particulier, une instruction sur la méthode à suivre pour la recherche des dérangements dans le bloc automatique, ayant été rédigées à son intention.

Grâce à cette organisation, le nombre de dérangements est relativement restreint (deux, trois, par kilomètre de ligne à double voie et par an) et chaque dérangement ne correspond pas, en moyenne, à plus de deux trains successifs rencontrant les signaux bloqués, soit quatre à cinq rencontres de signaux bloqués par dérangement.

Comparaison économique du bloc automatique Midi et du bloc manuel.

Pour effectuer la comparaison économique des blocs automatiques Midi pour lignes à vapeur et lignes électrifiées, soit entre eux, soit avec le bloc manuel, nous prendrons les prix correspondant à l'année 1924, qui nous permettront de dresser le tableau suivant :

	BLOC AUTOMATIQUE MIDI pour lignes à double voie à vapeur.	BLOC AUTOMATIQUE MIDI pour lignes à double voie électrifiées	BLOC MANUEL LARTIGUE avec les mêmes sections de cantonnements.
	fr.	fr.	fr.
Dépense d'établissement kilométrique approximative	25.000	45.000 (1)	6.000
Intérêt annuel (8 %) du capital d'établissement	2.000	3.600	480
Dépense annuelle kilométrique approximative d'exploitation, d'entretien et renouvellement du matériel :			
Matériaux	800	1.000	200
Personnel d'entretien	1.100	1.100	100
Personnel d'exploitation	—	—	7.800
TOTAL	1.900	2.100	8.100

(1) On ne tient compte, dans ce chiffre, ni de l'éclissage électrique des voies, nécessaire par ailleurs pour assurer dans de bonnes conditions le retour du courant de traction, ni de l'établissement de la ligne triphasée 10.000 volts qui, sur le Réseau du Midi, sert à distribuer l'énergie électrique dans les stations et le long de la voie et n'est pas réservée à l'alimentation exclusive du bloc automatique.

Les annuités à comparer pour juger de la valeur économique des divers systèmes sont donc.

2.000 + 1.900 = 3.900 fr. pour le bloc automatique Midi pour lignes à vapeur ;
3.600 + 2.100 = 5.700 fr. pour le bloc automatique Midi pour lignes électrifiés ;
480 + 8.100 = 8.580 fr. pour le bloc manuel.

On voit donc que le bloc automatique pour lignes électrifiées a un coût d'installation presque double de celui du bloc automatique ordinaire pour lignes à vapeur, mais malgré cela, étant donnés les hauts salaires actuellement payés, l'avantage économique du bloc automatique sur le bloc manuel reste encore grand sur les lignes électrifiées.

On doit cependant bien remarquer que cette conclusion n'est valable en toute rigueur que pour les lignes à circulation intensive.

En effet, sur les lignes où la circulation n'est pas tellement intense, qu'il puisse y avoir un inconvénient sérieux à porter la longueur des cantonnements à la distance moyenne entre stations successives, de façon à éviter autant que possible la création de postes sémaphoriques de pleine voie, où les postes sémaphoriques des stations sont desservis, au moins partiellement, par le personnel normal des stations occupé également à d'autres travaux, où les postes sémaphoriques de pleine voie, quand il en existe exceptionnellement entre deux stations consécutives, sont desservis par des gardes-barrières assurant en même temps le service des barrières, où les postes sémaphoriques, comme les stations correspondantes, peuvent s'effacer la nuit, au moins à raison de un sur deux, sauf au Service de l'Exploitation à espacer en conséquence la marche des trains la nuit pour tenir compte de l'accroissement de longueur des cantonnements, et à prendre des mesures spéciales pour le maintien des postes sémaphoriques en service dans les cas très exceptionnels où un afflux de trafic est prévu, il n'est pas douteux que le bloc manuel puisse reprendre l'avantage au point de vue économique, car le bloc automatique doit évidemment être prévu dès le début pour s'appliquer à la marche des trains la plus serrée possible aux moments de trafic chargé, aussi exceptionnelle que soit cette marche.

En résumé, l'établissement du bloc automatique a été poursuivi par la Compagnie du Midi avec continuité depuis 25 ans et lui a permis d'assurer la circulation sur les lignes à fort trafic dans des conditions de sécurité et d'économie tout à fait remarquables.