

Revue générale des chemins de fer et des tramways

Revue générale des chemins de fer et des tramways. 1908/01-1908/06.

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.

NOTE

SUR

LES SIGNAUX, ENCLENCHEMENTS ET APPAREILS DE SÉCURITÉ DES CHEMINS DE FER DES ÉTATS-UNIS

Par M. Ch. JULLIEN

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES, INGÉNIEUR CHEF DES SERVICES TECHNIQUES DE LA VOIE
A LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER D'ORLÉANS.

(Pl. IV).

I. — DES DIVERS MODES D'EXPLOITATION TECHNIQUE EMPLOYÉS.

1. — **Train Order-System.**

Les premiers chemins de fer construits aux Etats-Unis, après l'invention de la locomotive, furent établis à simple voie et exploités en navette. L'augmentation du trafic conduisit bientôt à admettre plusieurs trains sur une même section et à ménager des points de croisement. Mais, le croisement obligatoire en un point déterminé occasionnant de longs retards, on dut, dès que le télégraphe fut appliqué aux chemins de fer, admettre les changements de croisements. On eut recours, pour cela, au système du « train Order », qui consiste à faire parvenir à un train, en cours de route, des ordres tels, par exemple, que celui de croiser un autre train en un point différent de celui indiqué à la feuille de marche. Mais, tandis qu'en France, cet ordre est donné par le Chef de station après l'accomplissement des formalités réglementaires, cet ordre émane, aux Etats-Unis, du « train despatcher », qui règle le mouvement des trains sur une division plus ou moins étendue. Dans l'organisation américaine, le Chef de station ou de gare est uniquement un agent commercial ; il ne prend aucune part au mouvement. Cette partie du service incombe au « train despatcher », qui transmet ses ordres par le télégraphe à des agents appelés « division operators », dont les postes, munis de voies de garage, se trouvent fréquemment en pleine voie.

Le « train despatcher » est en relation télégraphique constante avec tous ces postes ; il note sur un graphique la marche des divers trains de sa division, et lance les ordres nécessaires pour les garages, les croisements ou les dépassements non prévus aux feuilles de marche. Sa tâche est particulièrement lourde en voie unique. Les postes de transmission d'ordres sont munis de signaux (Train order signals). Ces signaux indiquent voie libre, tant qu'il n'y a aucun ordre à

transmettre : ils marquent le ralentissement ou l'arrêt dans le cas contraire. Ils consistent soit en un drapeau, soit en une palette de sémaphore. Si le premier train qui se présente n'est pas celui auquel l'ordre est destiné, on remet au machiniste un bulletin appelé « Clearance Card », notifiant au chef de train et au machiniste qu'il n'y a pas d'ordre pour leur train, et indiquant le N° du train auquel est destiné l'ordre qui a motivé la fermeture du signal. Les ordres peuvent être de deux formes différentes : l'une appelée forme « 19 », dans laquelle la signature de l'agent qui reçoit l'ordre n'est pas exigée. Dans ce cas, le machiniste n'est pas obligé d'arrêter son train : il ralentit seulement pour prendre l'ordre au passage. Quelquefois, il le prend en pleine vitesse : l'ordre est alors attaché sur un cerceau de rottin et tendu au machiniste à l'aide d'un crochet. Celui-ci attrape le cerceau, en y passant le bras. L'autre forme est désignée sous le nom de forme « 31 » : elle est employée lorsque l'ordre comporte une restriction de ce qu'on appelle, aux Etats-Unis, les « droits » (the rights) du train, c'est-à-dire les droits qu'il tire des règlements généraux ou de la feuille de marche de précéder certains trains, de les dépasser à certaines stations, etc... Par exemple, on délivrera un ordre « 31 » à un train qui doit se garer à une station plus rapprochée qu'il n'est prévu à la feuille de marche, afin de laisser passer un autre train. L'ordre « 31 » doit être signé de l'opérateur et du chef de train : le train doit donc s'arrêter au poste pour le recevoir.

2. — Block system.

Le « train order system » était d'un usage presque exclusif aux Etats-Unis, il y a une vingtaine d'années ; bien qu'il y soit encore très employé, on lui substitue de plus en plus le block system, au fur et à mesure de l'augmentation du trafic. En 1890, le nombre de kilomètres exploités à l'aide de signaux de block était de 4.000 seulement ; en 1900, ce nombre avait décuplé. En 1904, il dépassait 60.000, et, à la fin de 1906 il était de près de 80.000, atteignant ainsi presque le quart de l'étendue du réseau, qui est de 350.000 kilomètres environ.

Les divers types de block en usage aux Etats-Unis se répartissent en deux grandes classes :

- 1° Le block non automatique (manual block) ;
- 2° Le block automatique (automatic block).

Le block non automatique se divise lui-même en deux catégories :

a) Le block non enclenché qui comprend uniquement le block par télégraphe (telegraph block system) ;

b) Le block enclenché (controlled manual block), qui comprend le bâton pilote enclenché (Staff system) et des appareils de block enclenché analogues à ceux qui sont employés en Europe.

Sur les 80.000 kilomètres exploités par le block system, 11.000 sont pourvus du block automatique, 3.000 du block manœuvré à la main et enclenché, 66.000 du block non enclenché.

1° BLOCK NON AUTOMATIQUE.

a) *Block non enclenché.* — Ce type de block, qui n'est autre que le « Telegraph Block System », est basé sur le principe suivant :

Si la voie est libre sur une section A B, à l'approche d'un train allant vers B, le signaleur A met son sémaphore à voie libre. Dès que le train est passé, il abandonne le levier et le sémaphore se ferme sous l'action de son poids. Quand le train est entièrement passé au poste B, le signaleur

de ce poste en avise le signaleur A qui pourra alors abaisser son sémaphore lorsqu'un autre train se présentera.

Les communications entre postes se font, soit à l'aide du télégraphe Morse, soit à l'aide de sonneries électriques. Certaines Compagnies préfèrent les sonneries, pour n'être pas obligées de recruter les signaleurs parmi des agents connaissant le maniement du télégraphe. Enfin, on complète quelquefois l'installation à l'aide du téléphone, mais celui-ci ne sert pas, en général, à la transmission des ordres.

Le code des communications par sonneries, tel qu'il est recommandé par l'Association des chemins de fer Américains, ne comprend pas moins de 22 signaux, dont certains comportent un grand nombre de coups de timbre. C'est ainsi qu'un groupe de 4 coups suivi d'un groupe de 6, et d'un groupe de 4, signifie :

Wagons en dérive dans le sens de la circulation normale se dirigent vers vous.

Ce code est employé, ainsi que nous le verrons plus loin, pour les communications entre les postes de block non automatique, quel que soit leur type, quand ces postes ne sont reliés entre eux que par sonneries.

Le block est souvent permissif. Dans ce cas, si le train qui se présente est un train de voyageurs, on lui fait marquer l'arrêt et on le prévient, soit verbalement, soit par la remise d'un bulletin, qu'un autre train de voyageurs est devant lui. S'il s'agit d'un train de marchandises, on lui indique à l'aide d'un signal vert qu'il peut continuer sa route, en marchant avec précaution. Dans d'autres cas, le block n'est permissif que pour les trains de marchandises. Enfin, sur l'Erié Railroad, le signal permissif ne peut être donné qu'avec l'autorisation du train despatcher.

Le block system par télégraphe est très largement employé, en particulier sur les lignes à voie unique. Il l'a été pour la première fois, en 1884, sur le Canadian Pacific, sous l'influence des idées anglaises. Le Chicago, Milwaukee et St-Paul l'a appliqué sur toutes les voies uniques de son réseau ; mais le « train order system » y conserve cependant toute sa force.

Il est à remarquer d'ailleurs que, sur certains réseaux, et notamment sur l'Erié, les signaux de block sont placés sous le contrôle absolu des « train despatchers » : c'est seulement sur l'ordre d'un de ces agents, qu'un signal de block peut être mis à voie libre.

b) Block enclenché. — Dans le block par télégraphe, une erreur des agents chargés de la manœuvre des signaux peut avoir les plus graves conséquences. Pour les éviter, on a été conduit à placer les signaux commandant l'extrémité amont d'une section sous le contrôle de l'agent qui se trouve à l'extrémité aval de cette section. C'est le principe du block enclenché, tel qu'il est également admis en Europe.

Deux types principaux sont en usage aux États-Unis :

Le Staff System, qui dérive de l'appareil anglais Webb et Thompson et qui est spécial à la voie unique ;

Le Block and Lock : parmi les appareils de cette catégorie, nous citerons l'appareil Coleman et l'appareil de l'Illinois Central Railroad.

Le Staff System n'est autre que le système du bâton pilote enclenché. Si l'on désigne par A et B deux postes consécutifs munis de l'appareil qui contient les bâtons pilotes, lorsqu'un bâton est pris en A, il ne peut plus être pris aucun bâton ni en A, ni en B, tant que le premier bâton retiré n'a pas été remis en place, soit en A s'il n'a pas été utilisé, soit en B dans le cas contraire. Pour concilier ce système avec le régime des trains à grande vitesse, on a disposé, d'une part, sur les machines, un support spécial, d'autre part, sur la voie, des montants avec bras constituant une

sorte de grue légère qui permette de faire en marche la transmission des bâtons pilotes. Lorsque la vitesse des trains ne dépasse pas 50 kilomètres, cette transmission se fait à la main, à l'aide de cerceaux de rottin, sur lesquels est attaché le bâton à délivrer ou à reprendre, comme nous l'avons vu faire dans le cas du train order system.

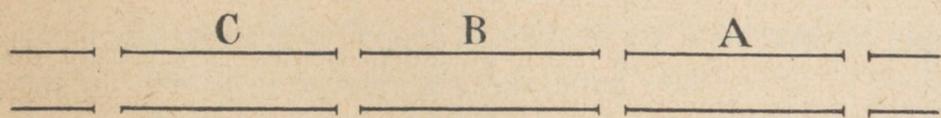
Le Block and Lock n'est autre que le block manœuvré à la main, avec enclenchement entre les signaux des postes successifs. De plus, il comporte souvent des combinaisons de circuits de voie qui le font bénéficier de tous les avantages du block automatique ; on le désigne alors sous le nom de block semi-automatique.

2° BLOCK AUTOMATIQUE.

PRINCIPE. — Le principe du block automatique est le suivant :

La voie étant divisée en un certain nombre de sections A, B, C...., (Fig. 1), l'entrée du train sur

Fig. 1



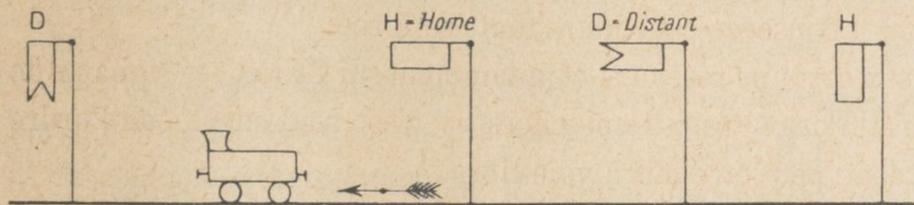
une de ces sections provoque la fermeture du signal ou des signaux qui assurent sa couverture en arrière.

DIVERS MODES DE COUVERTURE. — Les divers modes de couverture employés sont les suivants :

1° *Home et distant.* — Le train est alors couvert par deux signaux, l'un à faible distance,

Fig. 2

Home et distant sur montants séparés



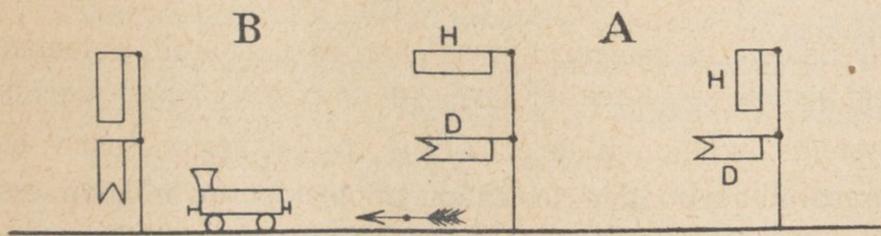
d'arrêt absolu, appelé *home signal*, l'autre, à plus grande distance, permissif, appelé *distant signal*. La palette du « distant » est terminée en oriflamme, et celle du « home » est terminée carrément.

Lorsque les sections de block ont une longueur de plus de 1.000 mètres, le « distant signal » est généralement placé sur montants spéciaux (Fig. 2).

La distance qui sépare le « distant signal » du « home signal » est d'ailleurs très variable : elle varie de 370 à 900 mètres suivant les réseaux. Il est considéré comme désirable de ne pas dépasser, pour cette distance, la

Fig. 3

Home et distant sur le même montant



distance de freinage d'un train quelconque admis à circuler sur la ligne.

Lorsque la longueur des sections de block le permet, le « distant signal » est placé sur le même montant que le « home signal » de la section précédente, et au-

dessous de ce « home signal » (Fig. 3). Un train, circulant dans la section B, est alors couvert par le « home » et le « distant » placés en tête de cette section, et par le « distant » placé en tête de la section A.

2° *Signal à trois positions.* — Le système du signal à trois positions dérive du système du « home » et du « distant » placés sur le même montant. L'unique palette qui se trouve alors sur le montant (Fig. 4) signifie :

Dans la position horizontale : « home » fermé ;

Dans la position à 45° : « home » à voie libre et « distant » fermé ;

Dans la position verticale : « home » et « distant » à voie libre. — Cette position correspond

Fig. 4
Signal à 3 positions

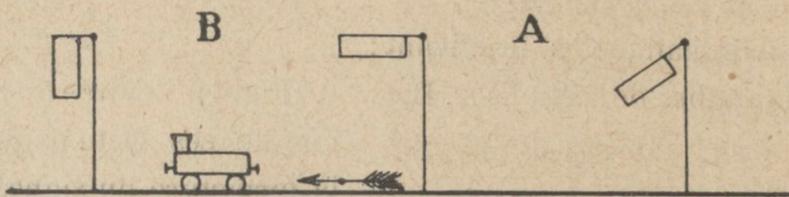
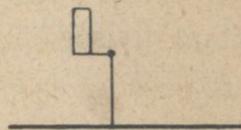


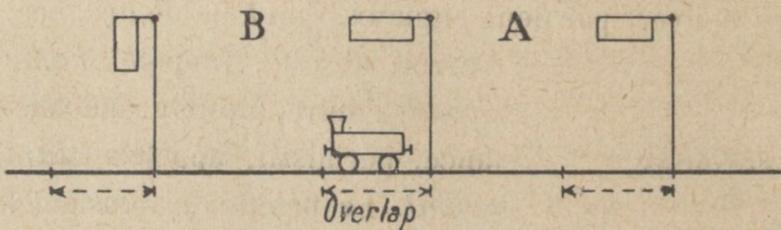
Fig. 5



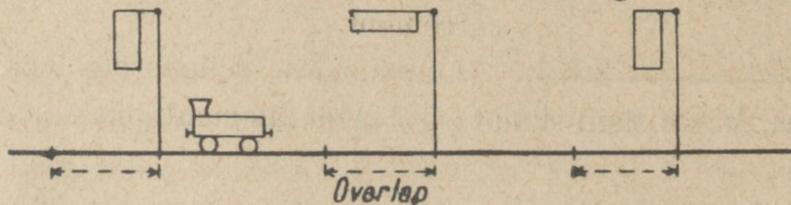
généralement à la chute de la palette. Néanmoins il y a tendance à adopter la pratique allemande

Fig. 6
Système de l'overlap

Train sur l'overlap



Train en dehors de l'overlap



qui consiste à relever la palette au lieu de l'abaisser (Fig. 5) pour donner le signal de voie libre. Les défenseurs de ce système, qui est actuellement expérimenté sur le Pennsylvania Railroad, mettent en avant les motifs suivants : plus grande netteté du signal de voie libre, et chute automatique de l'aile dans la position horizontale, en cas de dérangement.

3° *Système de l'overlap.* — Dans ce système qui ne comporte que le « home signal », un train qui s'est engagé sur la section A, ne cesse de provoquer le maintien à l'arrêt du signal commandant l'entrée de cette section, que lorsqu'il a

franchi une zone de longueur déterminée de la section B : cette zone porte le nom d'overlap (Fig. 6).

BLOCK A VOIE NORMALEMENT OUVERTE OU A VOIE NORMALEMENT FERMÉE. — Une autre question, fréquemment agitée, concerne la position que doivent occuper normalement les signaux de block : voie ouverte ou voie fermée.

Les partisans de la voie normalement fermée présentent en faveur de ce système les arguments suivants :

La batterie, ainsi que nous le verrons plus loin, n'est en circuit que pendant la période très courte d'ouverture du signal, tandis que dans le système de la voie libre, elle travaille, pour ainsi dire, en permanence. D'où économie de 60 % environ sur les matières de consommation.

Les grippages, occasionnés par la gelée, le verglas ou par toute autre cause, empêchent l'ouverture du signal, au lieu de l'immobiliser dans la position de voie libre.

Le système de la voie normalement fermée a l'avantage d'être en harmonie avec celui des signaux qui dépendent des postes d'enclenchements.

Il permet de donner au personnel de la ligne ou au public qui fréquente les passages à niveau, à l'aide de sémaphores placés près de ces passages, l'annonce de l'arrivée d'un train. Cette annonce peut être également donnée, à l'aide de sonneries, à tous les points où se trouvent des aiguilles, pour qu'on évite de les manœuvrer lorsqu'un train est attendu.

Les défenseurs de la voie normalement ouverte disent, au contraire :

L'économie d'exploitation est, en grande partie, compensée par la plus grande dépense d'établissement (moteur de signal et circuits plus compliqués).

Le plus grand nombre de contacts de relais et de fils de ligne, augmente les chances d'incidents, en particulier en cas d'orage. Le type de paratonnerre protégeant d'une manière certaine les appareils, est, en effet, encore à trouver.

Les défauts des circuits de voie ou de signal (aiguilles ne collant pas, rail brisé, contacts défectueux, etc...) sont immédiatement signalés par la mise à l'arrêt du signal, alors qu'aucun train n'est sur la section. Si la voie est normalement fermée, ces défauts ne se révèlent que par la non ouverture du signal et l'arrêt intempestif du premier train qui se présente.

La vérification du bon fonctionnement du block à voie ouverte se fait avec la plus grande facilité. Il suffit de se placer à l'arrière d'un train, de constater que les signaux de l'autre voie sont généralement ouverts, et de noter les trains qui passent sur cette voie pour s'assurer que les signaux trouvés fermés le sont à bon droit.

La construction très soignée des moteurs de signaux, et l'importance du contrepoids qui les ramène automatiquement dans la position de fermeture, rend improbable tout coincage dans la position d'ouverture, même par les plus grands froids. En fait, on obtient, aux États-Unis, un excellent fonctionnement des signaux automatiques, même pendant les périodes les plus froides, telles que celles de janvier 1904, où le thermomètre est descendu à -41° centigrades.

Le block à voie ouverte est actuellement de beaucoup le plus en faveur.

POSITION DES SIGNAUX. — La préoccupation de donner au machiniste l'assurance que le signal de block s'est bien fermé au passage de son train et que celui-ci est effectivement couvert, a conduit un certain nombre de Compagnies à placer le signal à l'aval du point dont le dépassement par le train provoque la mise à l'arrêt de ce signal. Cette distance varie de 55 à 75 mètres.

On fait, à ce mode de procéder, l'objection suivante :

D'une part, il est dangereux d'admettre qu'un machiniste doive franchir, dans certains cas, un signal fermé ;

D'autre part, si le signal est reporté en avant d'une longueur suffisante pour que le machiniste d'un train marchant à 100 kilomètres à l'heure puisse le voir se fermer, il y a de grandes chances pour qu'en temps de brouillard, il ne puisse le voir ouvert.

En fait, ce système est peu employé.

II. — DESCRIPTION TECHNIQUE DES DIVERS APPAREILS DE BLOCK.

1. — **Train order system.**

Ce mode d'exploitation ne comporte, au point de vue technique, aucune particularité digne d'être signalée.

2. — **Block system.**

a) BLOCK NON AUTOMATIQUE.

Nous avons vu que le block non automatique peut être non enclenché, ou enclenché.

Block non automatique et non enclenché. — (*Telegraph block system*). — Le block non enclenché repose sur l'emploi de communications électriques, telles que sonneries ou télégraphes. Nous n'avons rien à ajouter à son sujet.

Block non automatique enclenché. — (*Controlled manual block*). — Le block enclenché mérite, au contraire, qu'on s'y arrête. Il comporte l'emploi d'appareils intéressants et assez variés, parmi lesquels nous étudierons l'*Electric Train Staff* (Bâton pilote enclenché électriquement), de l'Union Switch and Signal C^o, le *block Coleman*, de cette même Compagnie, et le *block de l'Illinois Central Railroad*, construit par la General Railway Signal C^o.

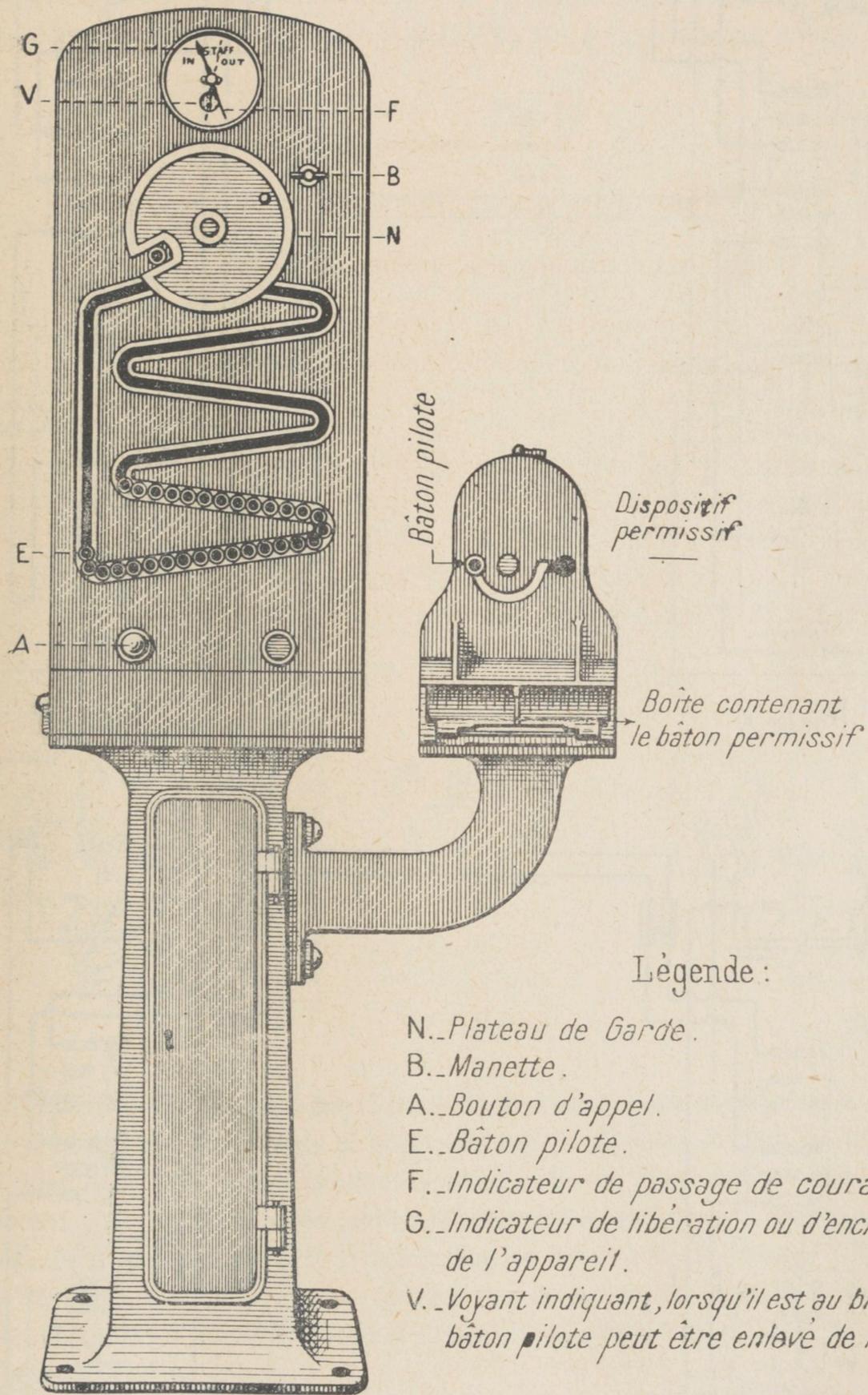
Electric Train Staff. — Le bâton pilote électrique constitue un véritable appareil de block enclenché. Il est en service sur 290 kilomètres de voie unique, et, en particulier, sur une section de 160 kilomètres du Southern Pacific. L'appareil actuellement en service aux États-Unis dérive d'ailleurs du bâton pilote électrique Webb et Thompson, qui a été employé tout d'abord sur les chemins de fer anglais, et qui a été décrit dans le numéro d'Octobre 1889 de la *Revue Générale*.

Le principe de cet appareil est le suivant :

Tout train, entrant dans un canton de block, doit transporter d'une extrémité à l'autre du canton, une barre de fer, munie de saillies annulaires qui varient avec chaque canton de block, constituant le bâton pilote et témoignant de l'autorisation donnée au train d'occuper le canton. Au début, il n'y avait par canton de block qu'un bâton, qui portait les noms des deux stations extrêmes. Dans ces conditions, lorsqu'un train s'était rendu de A à B et avait transporté cet unique bâton en B, si un deuxième train de même sens se présentait en A, ce dernier ne pouvait être expédié qu'après qu'un train de sens contraire avait rapporté en A le bâton pilote.

L'appareil actuel comporte l'emploi, pour un même canton de plusieurs bâtons-pilote, qui se trouvent répartis entre les deux appareils placés à chaque extrémité de ce canton. Ces appareils sont combinés de telle manière qu'un seul bâton puisse être disponible à la fois. Quand tous les bâtons sont emprisonnés dans les appareils, le poste A, par exemple, peut, avec le concours du poste B, enlever un bâton ; mais cette opération fait qu'aucun des deux appareils ne peut être libéré, tant que le bâton qui a été enlevé n'est pas, ou placé dans l'autre appareil, ou rapporté à l'appareil dont il a été extrait. Le bâton pilote constitue ainsi la clef du canton de block ; quand un train le détient, aucun autre train ne peut entrer dans la section, ni par l'une, ni par l'autre de ses extrémités.

Fig. 7
Bâton pilote électrique
Vue d'ensemble



Légende :

- N. Plateau de Garde.
- B. Manette.
- A. Bouton d'appel.
- E. Bâton pilote.
- F. Indicateur de passage de courant.
- G. Indicateur de libération ou d'enclenchement de l'appareil.
- V. Voyant indiquant, lorsqu'il est au blanc, qu'un bâton pilote peut être enlevé de l'appareil.

La Fig. 7 donne l'aspect extérieur de l'appareil et les Fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13 et 14 indiquent son fonctionnement au point de vue électrique.

Fig. 8

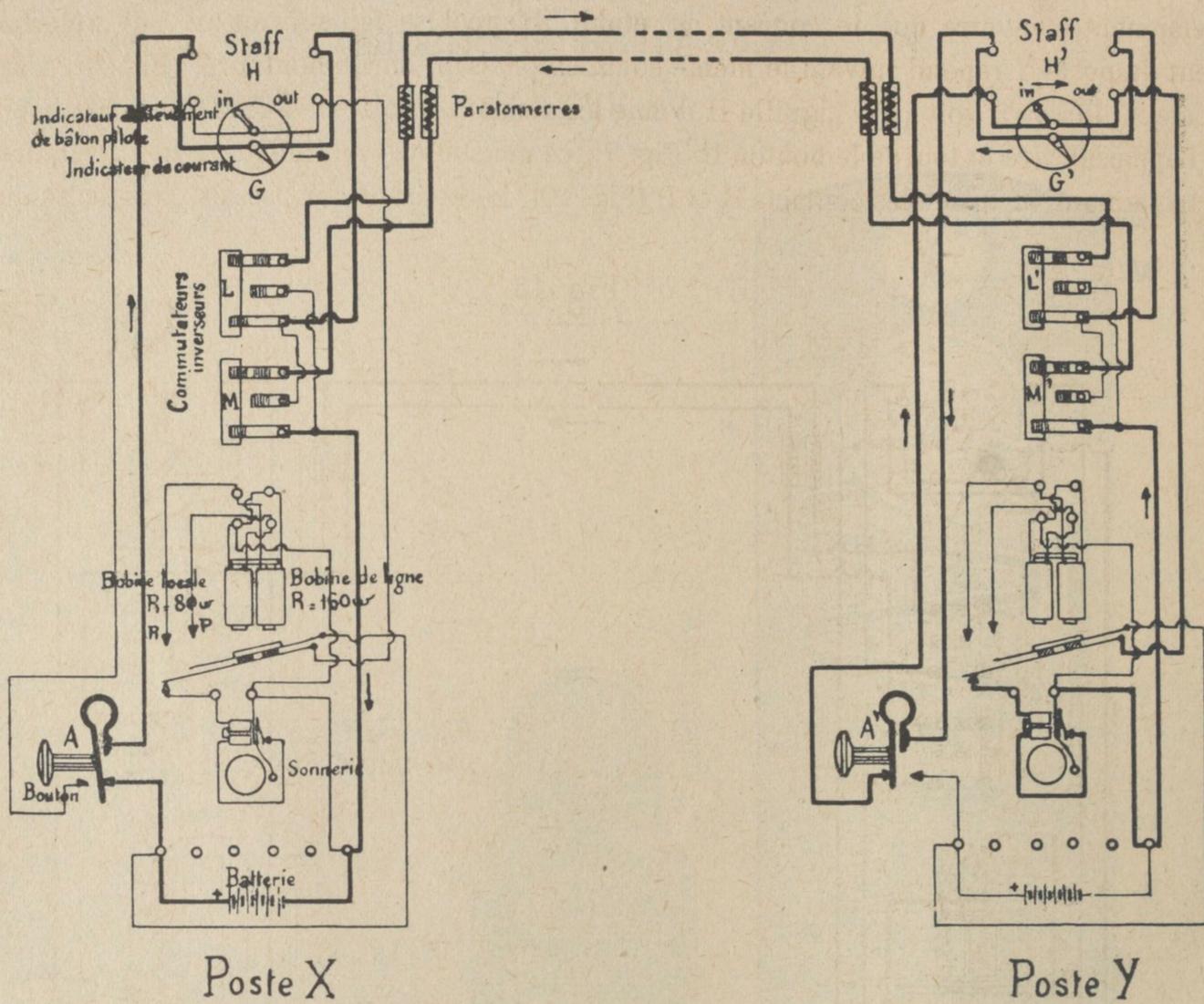
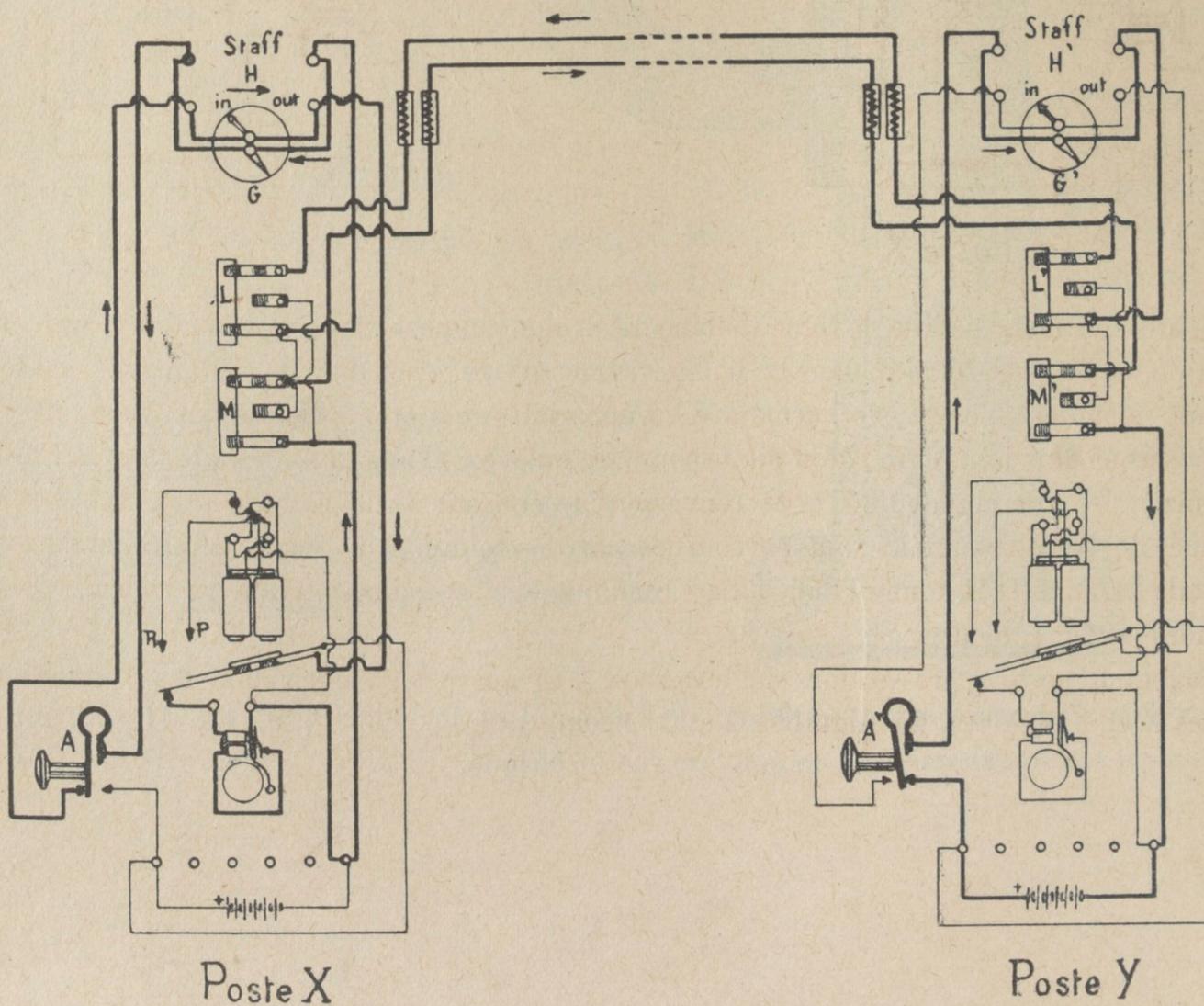
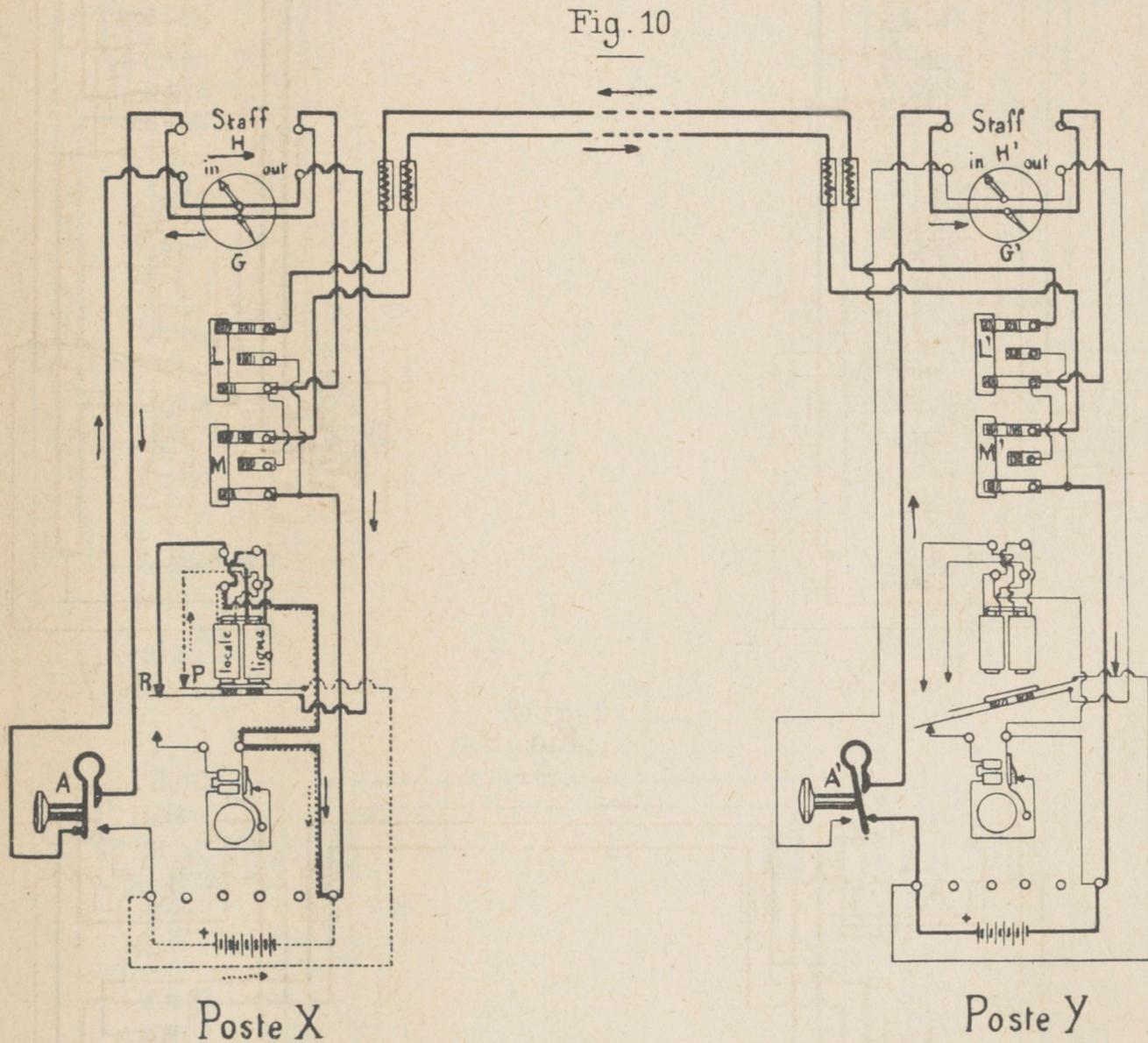


Fig. 9



L'agent de la station X, désirant retirer un bâton pilote, presse le bouton A et lance ainsi un courant provenant de sa batterie (Fig. 8). La sonnerie du poste Y est ainsi actionnée et le relai polarisé actionnant l'aiguille H' donne l'indication « Staff in ». Dans les deux postes, l'aiguille G du relai neutre montre que le courant est établi. L'appel se fait suivant un code déterminé. L'agent du poste Y répond suivant le même code, en pressant sur le bouton A' (Fig. 9). L'agent du poste X, lorsqu'il voit que l'aiguille H donne l'indication « Staff in », c'est-à-dire bâton pilote dans l'appareil, tire et tourne le bouton B (Fig. 7), ce qui soulève mécaniquement l'armature de l'électro-aimant et ferme les contacts R et P (Fig. 10). Le courant qui passait dans la sonnerie



passé alors dans la bobine de ligne (bobine de droite) du poste X et, d'autre part, un courant local de même sens s'établit dans la bobine locale de ce poste (bobine de gauche). L'électro-aimant maintient collée son armature. L'appareil est alors déverrouillé, ainsi que nous l'exposerons plus loin, et le bâton pilote peut être enlevé de l'appareil. Dès que la roue N (Fig. 7) a tourné, les commutateurs L et M renversent le courant de la batterie (Fig. 11). Les deux bobines de l'électro-aimant sont parcourues par des courants de sens contraire, et l'armature retombe. L'aiguille H donne l'indication « Staff out », c'est-à-dire « Bâton pilote enlevé » et la sonnerie se fait entendre.

L'agent du poste X presse alors sur le bouton A ce qui met en opposition les piles des deux postes X et Y (Fig. 12). Les aiguilles G et G' retombent.

Fig. 11

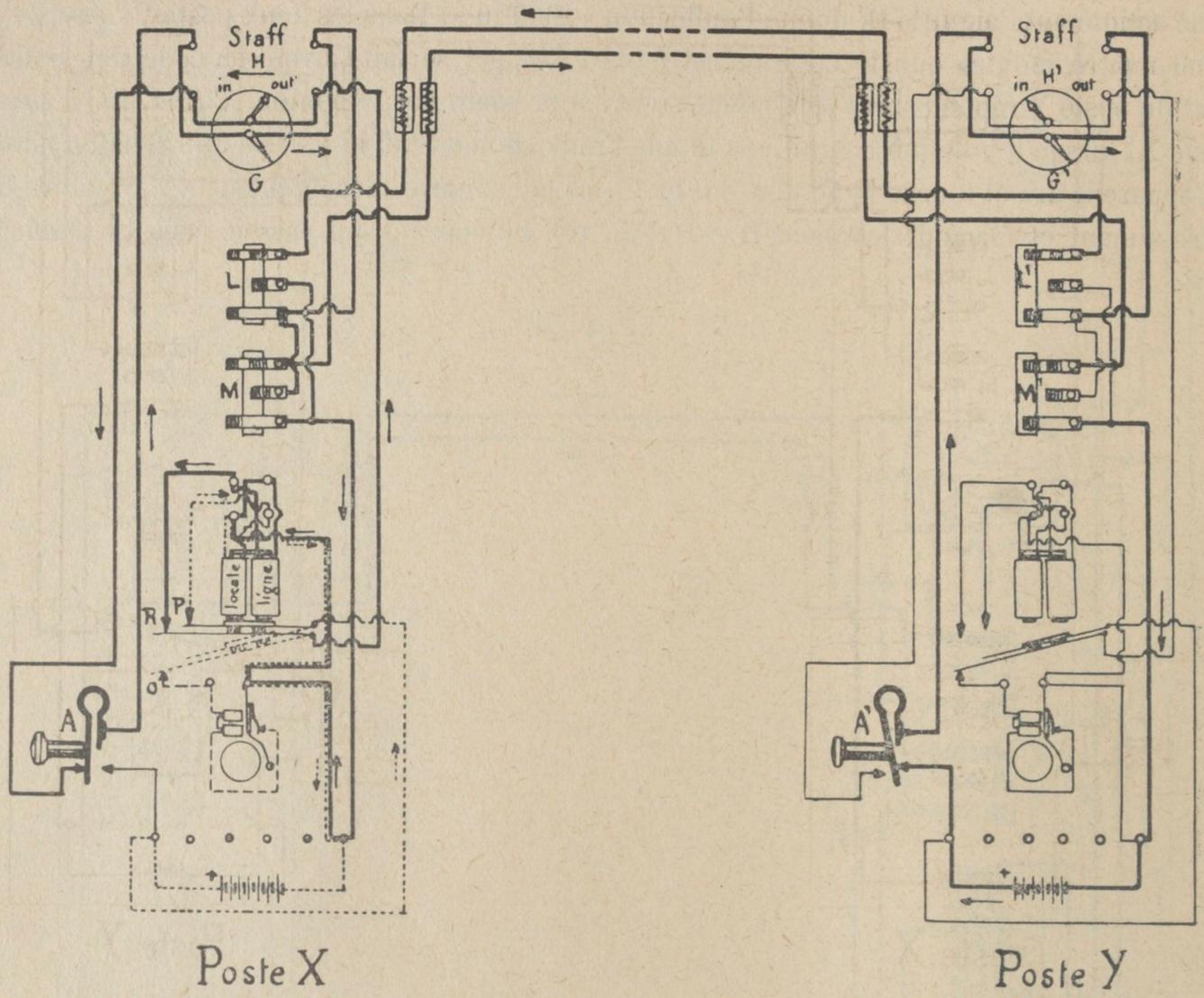


Fig. 12

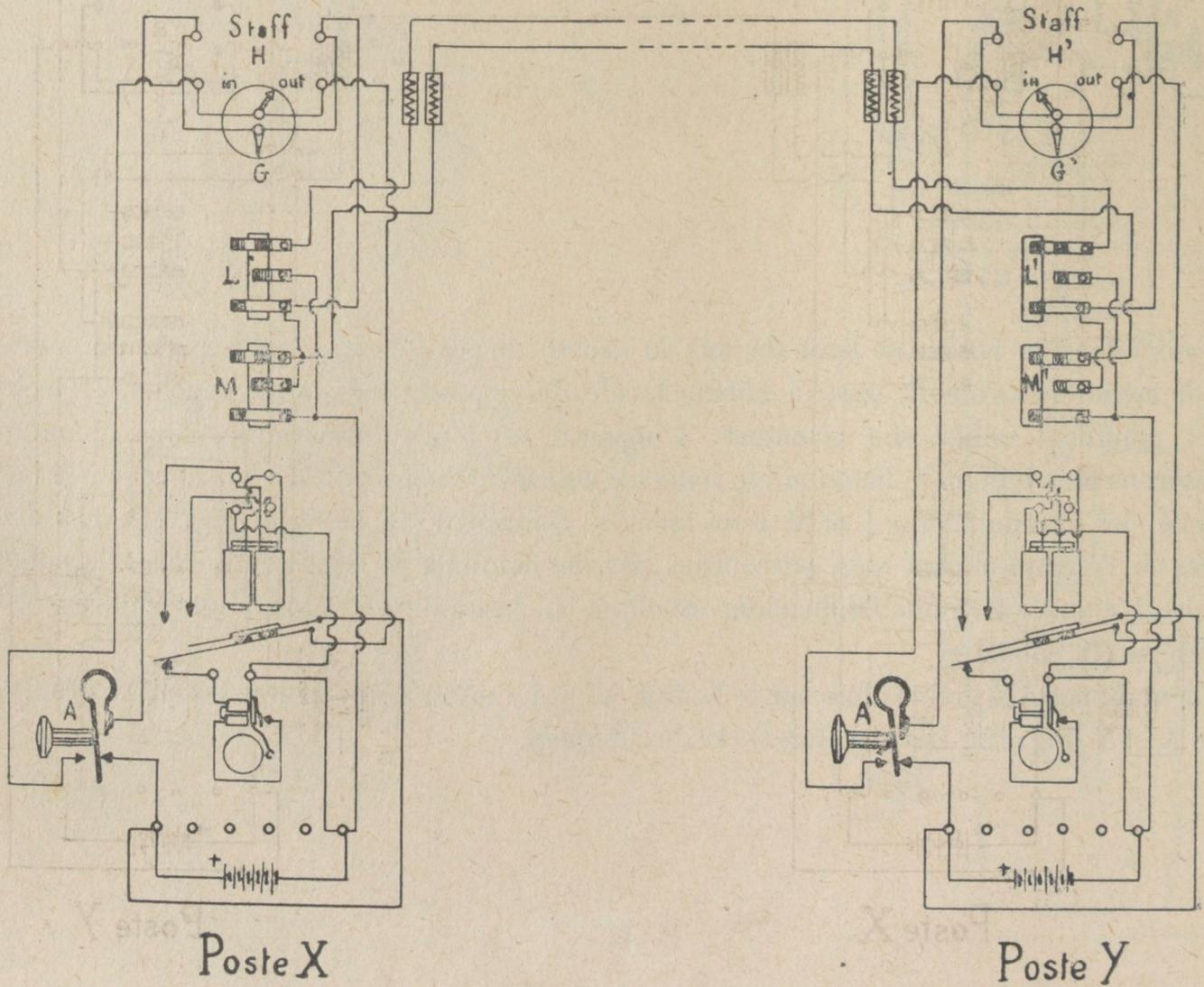


Fig. 13

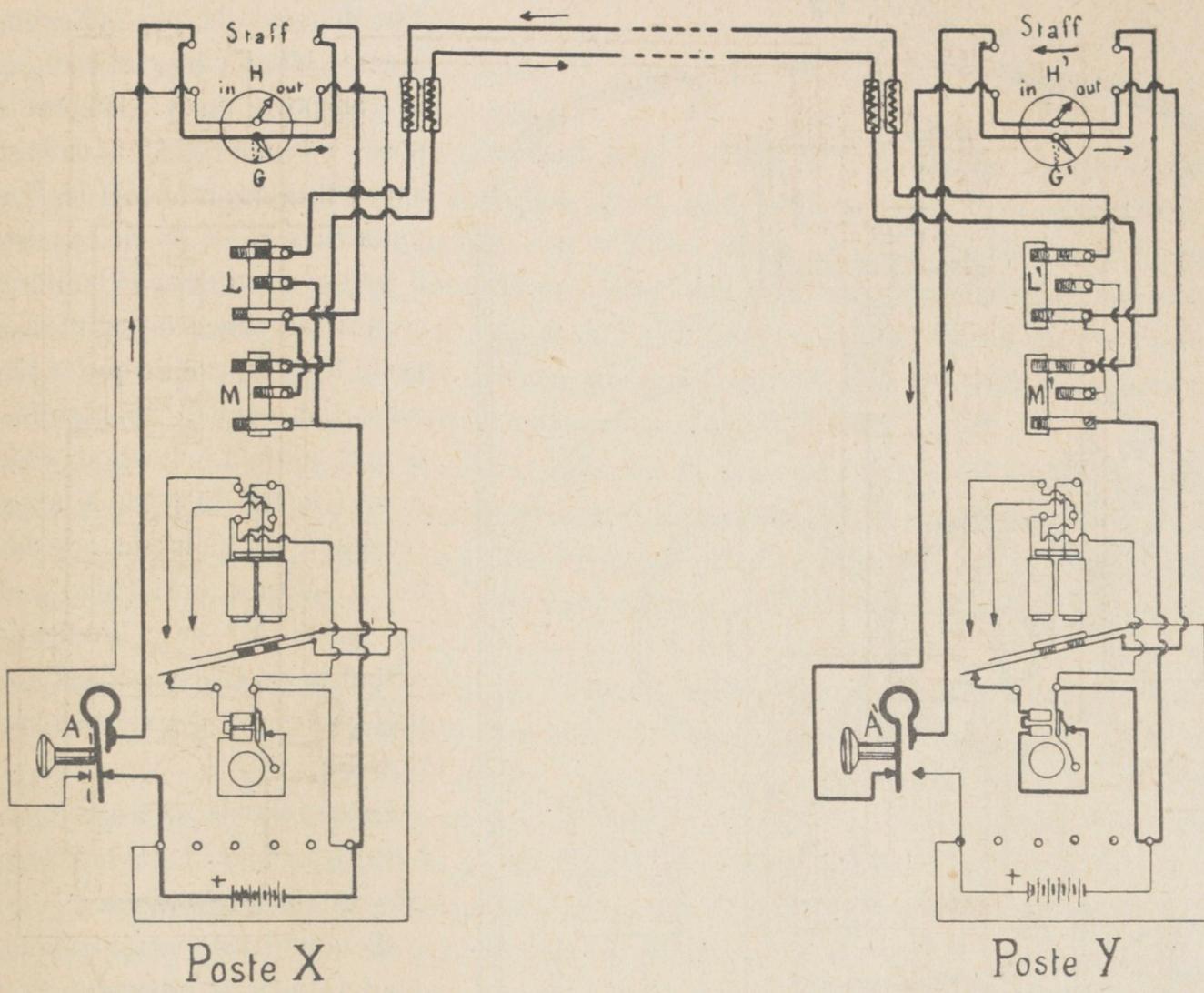
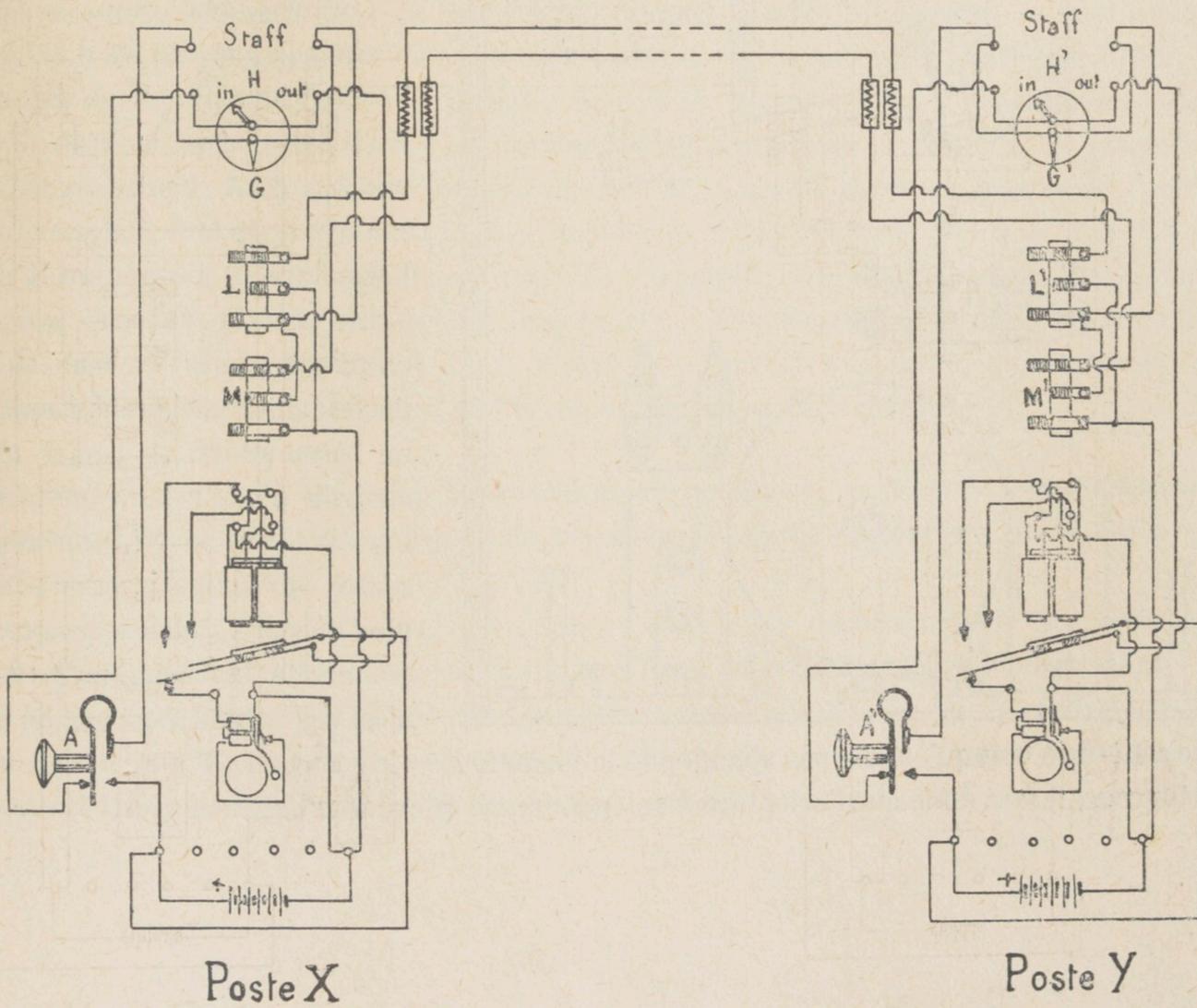
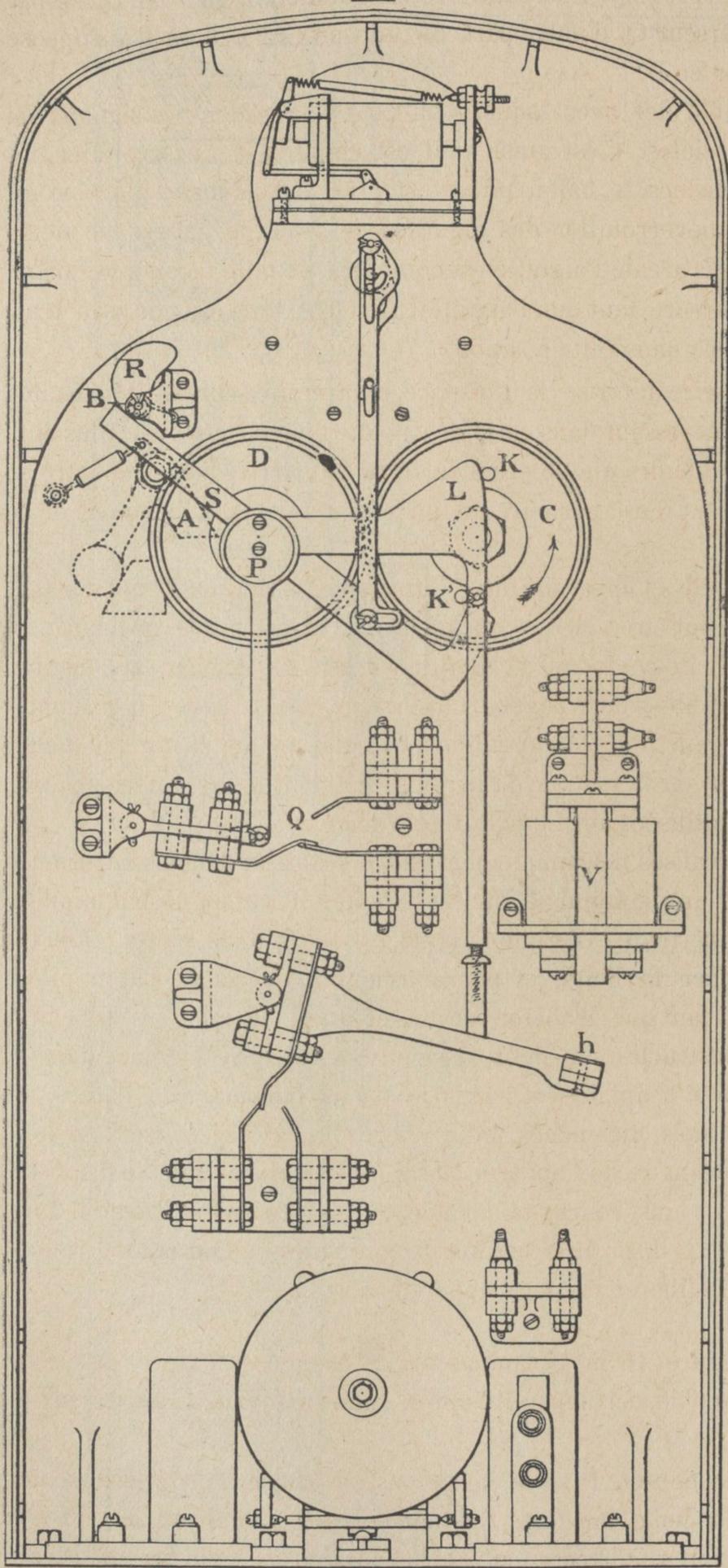


Fig. 14



Le poste Y ainsi averti qu'aucun courant ne circule, abandonne le bouton A'. L'aiguille H' indique alors « Staff out » (Fig. 13).

Fig. 15



L'agent du poste X remet alors le bâton pilote au train, qui le transporte en Y. L'agent du poste Y remet ce bâton dans son appareil ce qui renverse les commutateurs L' et M' de ce poste : il presse ensuite sur le bouton A' ce qui fait tinter la sonnerie du poste X et lui notifie que le train est sorti du canton, son aiguille H donne alors l'indication « Staff in ». L'agent du poste X accuse réception en pressant son bouton A, et met ainsi l'aiguille H' du poste Y sur l'indication « Staff in ». L'appareil est alors prêt pour une deuxième opération (Fig. 14).

La manœuvre est assez longue à décrire, mais, en fait, elle est très simple et très rapide.

Il nous reste maintenant à décrire le fonctionnement mécanique de l'appareil (Fig. 15).

Lorsque l'agent du poste X fait tourner la manette B, il actionne l'excentrique R qui en est solidaire, et abaisse le bras de levier S, dont l'autre extrémité soulève le secteur L et, par suite, l'armature h. Le goujon K solidaire de la roue C qui est entraînée dans le sens de la flèche quand on cherche à enlever un bâton pilote, se trouve alors au droit d'une rainure de la face interne du secteur L non représentée sur la figure, et ne retient plus la roue C. Mais le goujon K' est arrêté tant que le levier S n'est pas revenu à sa position normale, c'est-à-dire tant qu'on n'a pas abandonné la manette B et le secteur L. Pour que la roue C puisse tourner, il faut donc que l'armature h soit maintenue relevée par l'attraction de l'électro V.

Les roues C et D sont des roues dentées qui engrènent entre elles. La roue C entraîne ainsi la roue D, qui, par l'excentrique P, actionne l'inverseur Q.

La remise en place d'un bâton pilote provoque, au contraire, la rotation de la roue D, et, par suite, la rotation, d'une part, de l'inverseur Q, d'autre part, de la roue C. Un cliquet A s'oppose d'ailleurs à la sortie des bâtons pilotes en D.

Le bâton pilote constitue une véritable clef, avec laquelle on peut verrouiller des signaux ou des aiguilles, à l'aide de serrures spéciales. C'est ainsi qu'il est employé à déverrouiller des signaux destinés à indiquer au machiniste si le bâton pilote est prêt, c'est-à-dire si la voie est libre. On l'emploie également pour déverrouiller des aiguilles de voies de garage ou même d'embranchement en pleine voie ; la serrure de l'aiguille est combinée de telle façon que l'on ne peut pas retirer le bâton pilote de la serrure tant que l'aiguille n'est pas faite de nouveau pour la voie principale et n'est pas verrouillée dans cette position.

Le système que nous venons de décrire autorise la présence d'un train seulement dans une section déterminée ; il est cependant intéressant dans certains cas, de pouvoir envoyer plusieurs trains dans une même direction, sans attendre que le premier train soit arrivé au poste extrême de la section et que le bâton pilote, dont il est porteur, ait pu être remis dans l'appareil de ce poste.

Pour réaliser cette condition, on ajoute à l'appareil (Fig. 7) un dispositif permissif, comportant deux parties : la partie supérieure où peut être placé et enclenché un bâton pilote ordinaire, et la partie inférieure, qui constitue une boîte contenant le bâton permissif. Ce dernier est constitué par une tige d'acier, sur laquelle sont enfilées onze bagues, chacune de ces dernières représentant l'autorisation dont tout train doit, à défaut d'un bâton pilote ordinaire ou de la tige du bâton permissif, être muni avant de s'engager sur la section. Si le nombre des trains est inférieur à 11, le dernier prend avec lui les bagues inutilisées ainsi que la tige d'acier.

Les enclenchements suivants sont réalisés mécaniquement entre les deux parties supérieure et inférieure du dispositif permissif. Pour qu'on puisse ouvrir la boîte, il faut qu'un bâton pilote ordinaire soit engagé dans la partie supérieure. Dès que la boîte est ouverte, ce bâton pilote est enclenché. Pour qu'on puisse refermer la boîte, et par conséquent libérer le bâton pilote verrouillé dans la partie supérieure, il faut que le bâton permissif muni de *tous* ses anneaux, soit placé dans la boîte. Lors de la construction de deux appareils conjugués, on place dans la partie supérieure de l'un, un bâton pilote ordinaire, et, dans la partie inférieure de l'autre, un bâton permissif. Ces deux bâtons sont ainsi enclenchés. Pour libérer un bâton permissif, on doit, tout d'abord, retirer un bâton pilote ordinaire de l'appareil absolu, et le placer dans le dispositif où se trouve ce bâton permissif. On peut ainsi retirer ce dernier, et c'est seulement lorsqu'il aura été replacé dans l'un ou l'autre des deux dispositifs permissifs conjugués, qu'on pourra retirer un bâton pilote ordinaire permettant de libérer les deux appareils absolus.

Appareil Coleman. — Les deux figures 16 et 17 indiquent, la première, l'aspect extérieur de l'appareil, et la deuxième, l'aspect de cet appareil, après enlèvement de la boîte qui le recouvre.

Pour débloquer A, le poste B tire le bouton P, et le laisse ensuite revenir en arrière, ce qui l'enclenche et empêche de le tirer une deuxième fois. En même temps : l'indication « Free » (libre) disparaît et fait place à l'indication « Locked » (enclenché). Au poste A, le bras de l'indicateur I s'incline, indiquant que ce poste est débloqué. L'agent de ce poste ouvre alors son signal.

Quand le train entre dans le block en A, l'indication « Train in block » (train dans le block)

apparaît à l'appareil du poste B. Celui-ci demande au poste C de libérer son levier, et ouvre son signal.

Appareil Coleman

Fig. 16.
Aspect extérieur

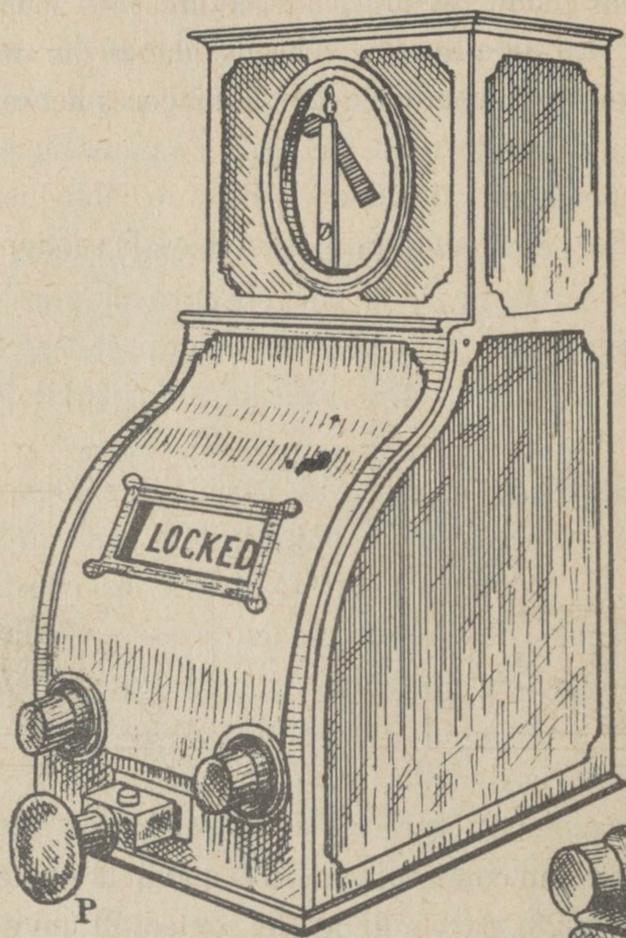
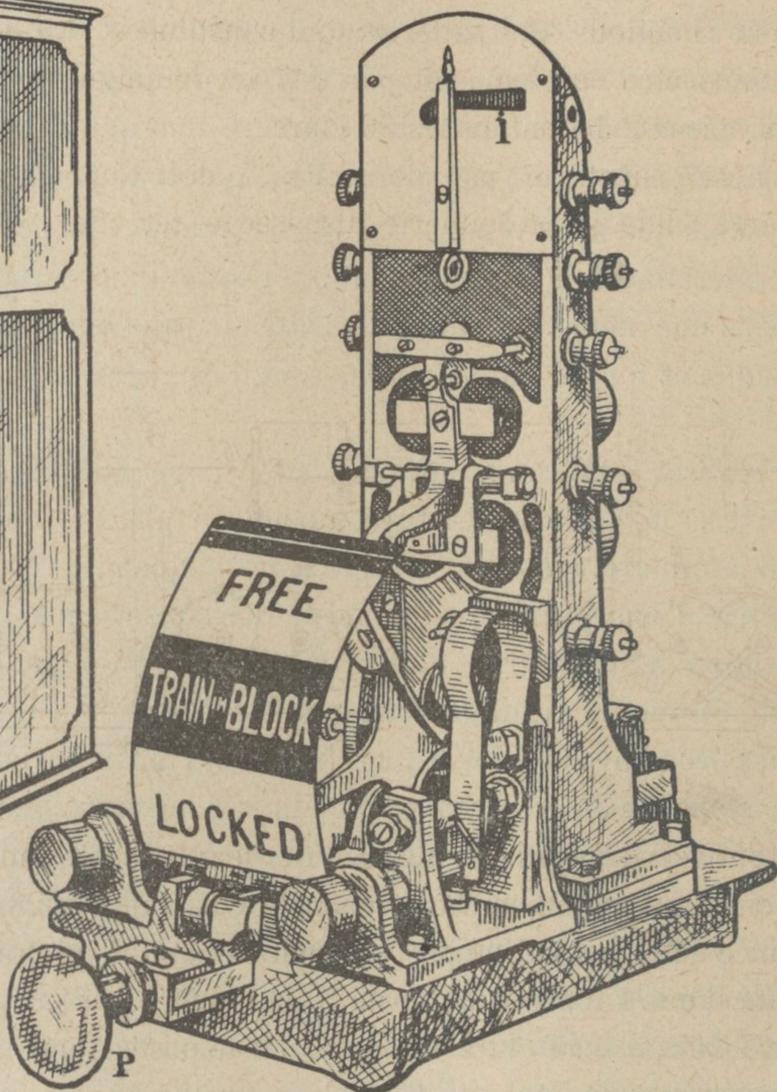


Fig. 17.
Boîte de recouvrement enlevée



Le poste A ferme d'ailleurs son signal derrière le train, et ce signal est enclenché dans la position de fermeture, tant que, d'une part, le train n'est pas entièrement passé en B, et que, d'autre part, l'agent du poste B n'a pas fermé son signal, et rendu la voie au poste A.

La série de schémas de la Planche IV indique comment ces diverses conditions sont réalisées.

Appareil de l'Illinois Central. — L'appareil de block de l'Illinois Central, bien qu'applicable à la double voie, est en service seulement sur les lignes à voie unique à gros trafic du réseau de cette Compagnie, qui, pour la double voie, a recours au block automatique.

Cet appareil exige le concours des postes de chaque extrémité du canton, pour que le signal de voie libre puisse être donné à un train. Le block ainsi organisé est absolu à l'égard des trains de voyageurs et permissif à l'égard des trains de marchandises: un train de marchandises ne peut d'ailleurs pénétrer dans une section de block occupée par un train de même nature qu'avec l'autorisation du « train despatcher ».

Les lignes munies de ce block continuent à être régies par le train « order system », mais la forme d'ordre n° « 19 » est substituée à la forme n° 31. On évite ainsi les arrêts de trains et les retards qui sont la conséquence des échanges de signatures, obligatoires dans le cas de l'ordre « 31 ».

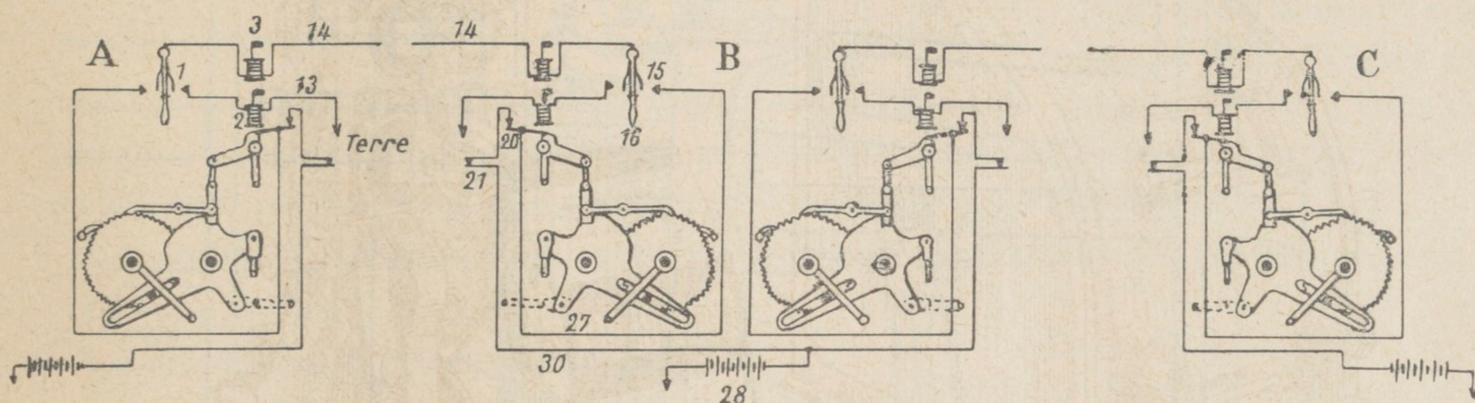
Les sections ont une longueur moyenne de 6 kilom. 5 variant de 3 à 11 kilom.

Les signaux sont normalement fermés, et les appareils de manœuvre sont bloqués dans la position correspondante.

Une batterie de 10 à 20 volts est nécessaire, dans chaque poste, pour actionner les appareils des deux directions. Ces batteries sont constituées, soit par des piles Edison-Lalande qui durent un an sans être refaites, soit par des accumulateurs d'une capacité de 32 ampères-heure, qui doivent être rechargés tous les 40 jours.

Pour faire passer un train de A à B, A doit tout d'abord demander à B de le débloquent, ce qu'il fait à l'aide d'une sonnerie disposée à cet effet. Si aucun train n'est dans la section B-C

Fig. 18



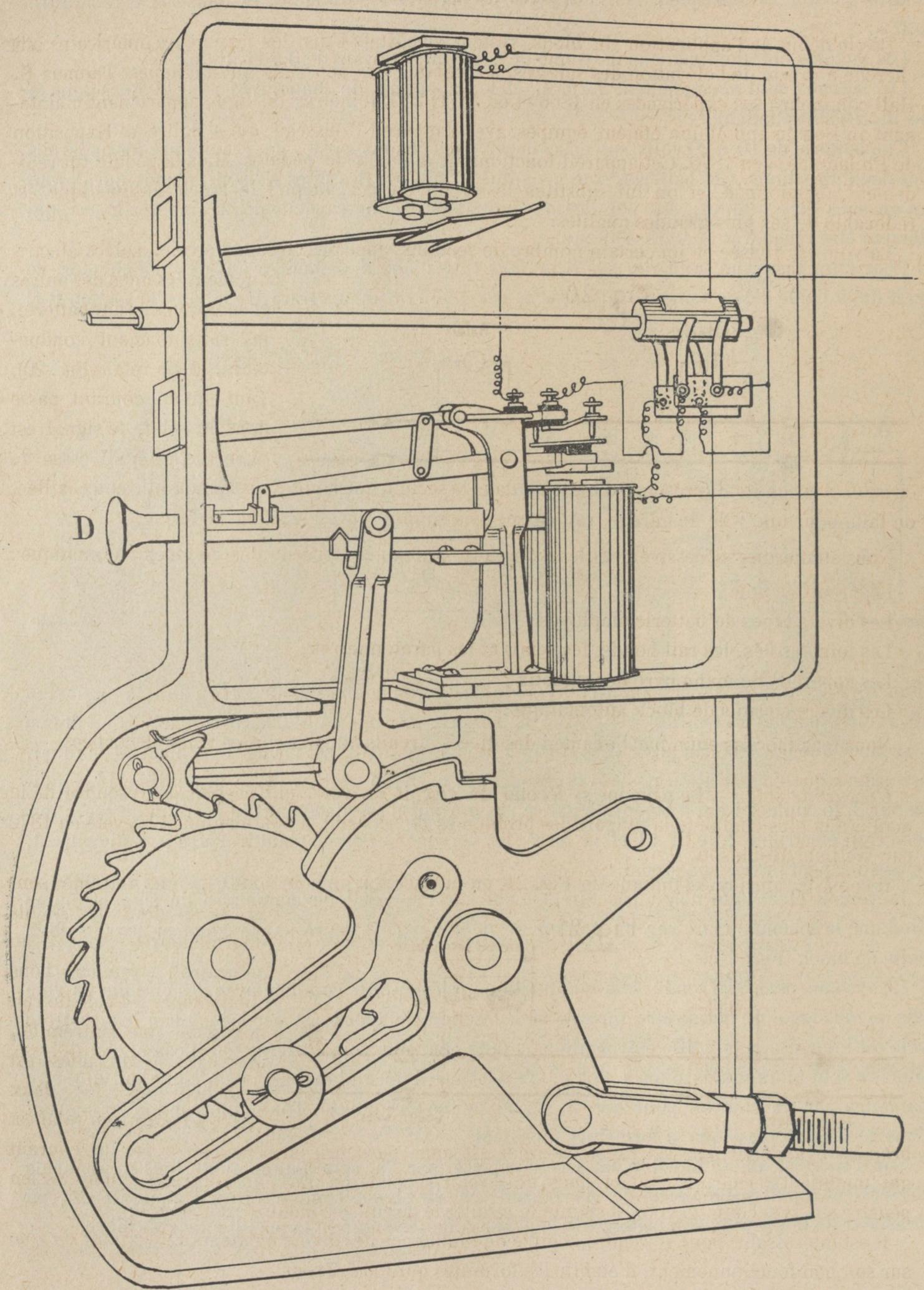
(Fig. 18) l'agent du poste B manœuvre vers la droite son commutateur 16 et établit la connexion 15. Il circule alors un courant venant de la batterie 28, par le fil 30, le contact 21 qui donne assurance que le signal du poste B commandant la section B-C est fermé, le contact 20 donnant assurance que l'appareil du poste B est bloqué, le fil 27, le contact 15, le fil de ligne 14, l'indicateur 3, le contact 1 qui a été fermé par le poste A qui s'est placé dans la position de réception le verrou électrique 2, le fil 13 et la terre. Le verrou électrique étant traversé par un courant, le poste A peut ouvrir son signal.

Le verrou électrique n'agit pas directement sur l'appareil de manœuvre du signal comme l'indique le schéma, mais sur un bouton de déblocage D figuré sur la coupe ci-dessous de la boîte de block (Fig. 19).

Ce système peut être rendu semi-automatique, c'est-à-dire combiné avec des circuits de voie tels que le signal ne puisse être ouvert, si la section de block est occupée, ou si le circuit de voie est interrompu (aiguille entrebaillée ou faite pour une voie de garage, rail cassé, etc...). Les signaux sont alors munis d'un « slot », c'est-à-dire d'un embrayage magnétique qui doit être parcouru par un courant pour que le signal puisse être ouvert. Toute interruption de courant dans le « slot » provoque la fermeture du signal.

Sur l'Illinois, où le block n'est pas complété par la semi-automatisme, les règlements prescrivent aux machinistes de ne considérer un signal comme ouvert, que s'ils ont pu constater de leurs yeux son passage de la position de fermeture à la position de voie libre.

Fig. 19

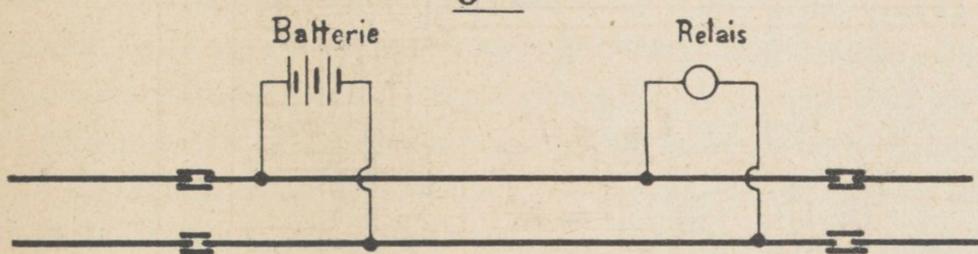


b) BLOCK AUTOMATIQUE.

Dès le début de l'application du block system aux États-Unis, les ingénieurs américains ont cherché à raison de l'élévation des salaires, à combiner des appareils automatiques. Thomas S. Hall commença ses expériences en 1866 et en 1871, 25 kilomètres de ligne appartenant maintenant au Boston and Maine étaient équipés avec l'appareil Rousseau, qui a figuré à l'Exposition de Philadelphie en 1876. Cet appareil fonctionnait à l'aide de pédales. Mais la pédale fut rapidement abandonnée, et on lui substitua le circuit de rail, auquel le block automatique est redevable de ses plus grandes qualités.

La voie est divisée en un certain nombre de sections, appelées circuits de voie, isolées électri-

Fig. 20



quement les unes des autres et comprenant: une batterie, les rails formant conducteurs, et un relai (Fig. 20). Tant qu'un courant passe dans le relai, le signal est ouvert. Dès qu'il cesse de

circuler dans ce relai (présence d'un train dans la section qui shunte le relai, aiguille entrebaillée, ou faite pour une voie de garage, rail cassé, voie coupée, etc...) le signal se ferme.

Nous étudierons successivement les divers organes qui composent ainsi le block automatique :

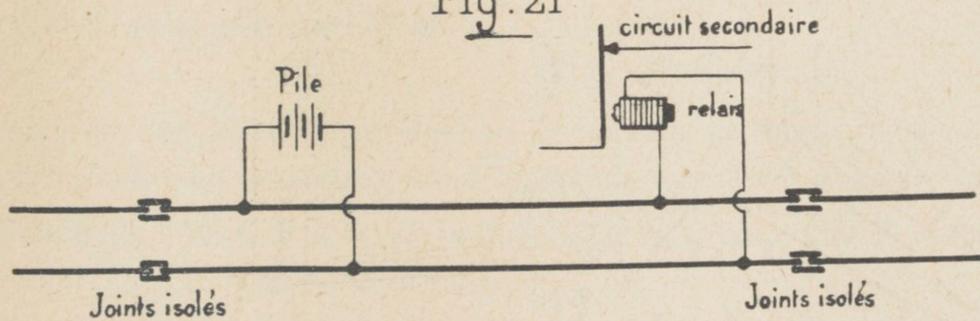
- Le circuit de voie ;
- Les divers types de batterie employés ;
- Les joints isolés, les rail bonds, les relais et les paratonnerres ;
- Les appareils de manœuvre des signaux ;
- Les divers circuits de block automatique.

Nous terminerons enfin par l'examen des divers circuits adoptés sur les voies électrifiées.

Circuit de voie. — Le principe si fécond du circuit de voie, qui permet de résoudre de la manière la plus complète la plupart des problèmes de sécurité, a été imaginé et breveté en 1872 par William Robinson.

Il consiste, ainsi que l'indique la Fig. 21, en une section de voie dont les joints extrêmes sont

Fig. 21



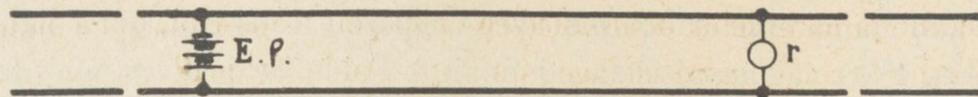
isolés et dont les joints intermédiaires sont, au contraire, rendus bons conducteurs à l'aide de rail bonds. A une extrémité, une batterie de piles est branchée sur les deux rails ; à l'autre, un relai est

branché également sur ces rails. Ce relai est ainsi parcouru en permanence par un courant qui maintient fermé un contact dans un circuit secondaire. Dès, au contraire, qu'un essieu pénètre sur la section de voie, il shunte le relai et le circuit secondaire est coupé.

Il est intéressant, pour se rendre compte de l'influence des divers éléments d'un circuit de voie sur son bon fonctionnement, d'établir les formules qui le régissent.

Soient : E et ρ , la force électro-motrice et la résistance intérieure de la pile ; r la résistance du relai ;
 R la résistance de l'isolement du circuit de voie.

Fig. 22



Si on appelle I , l'intensité du courant débité par la pile dans le cas de la Fig. 22, i celle du courant qui traverse le relai, et i' celle du courant qui se perd dans la voie, on a :

$$E - \rho I = \frac{i}{\frac{1}{r}} = \frac{i'}{\frac{1}{R}} = \frac{I}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R}} = I \left(\frac{Rr}{R+r} \right)$$

$$\text{D'où } i = I \frac{R}{R+r}$$

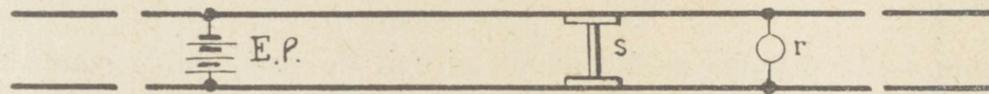
$$\text{Or } I \left(\rho + \frac{Rr}{R+r} \right) = E,$$

$$\text{Ou } I = \frac{E}{\rho + \frac{Rr}{R+r}}$$

$$\text{D'où } i = \frac{E}{\rho + r + \rho \frac{r}{R}} \quad (1)$$

La formule (1) permet de calculer l'intensité du courant qui parcourt le relai.

Fig. 23



Dans le cas de la Fig. 23, c'est-à-dire lorsque le circuit de voie est shunté par un essieu, si on désigne par s la résistance de la dérivation ainsi établie, on obtiendra l'intensité du courant traversant le relai, en substituant à R une quantité R' telle que

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{1}{s} \quad (2)$$

d'où la formule

$$i_1 = \frac{E}{\rho + r + \rho \frac{r}{R'}} \quad (3)$$

Le degré de bon fonctionnement du circuit de voie peut être mesuré par le rapport $\frac{i - i_1}{i}$ c'est-à-dire le rapport à l'intensité du courant qui parcourt le relai en temps normal, de la diminution de cette intensité lorsque le circuit de voie est shunté par un essieu. Le shuntage du relai sera, en effet, d'autant plus certain que ce rapport sera plus voisin de l'unité. Désignons ce coefficient par K .

On tire des formules (1) et (3)

$$(4) \quad K = \frac{i - i_1}{i} = \frac{\frac{1}{s}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{\rho} + \frac{1}{R} + \frac{1}{s}}$$

Les formules (1) et (4) permettent d'étudier les conditions de fonctionnement du circuit de voie. Les quantités qui peuvent être considérées comme variables sont :

En ce qui concerne la batterie, sa force électro-motrice E et sa résistance intérieure ρ ;

En ce qui concerne le relai : sa résistance r et l'intensité minima i nécessaire pour l'actionner (ou, ce qui revient au même, la force électro-motrice minima à obtenir aux bornes de ce relai, $e = ri$) ;

En ce qui concerne la voie : la résistance à l'isolement R du circuit de voie qui dépend de l'état de la voie sur laquelle le block doit être installé, et de la longueur des sections qui varie avec les conditions d'exploitation de la ligne.

Enfin, en ce qui concerne le matériel roulant : la résistance s du shunt qui peut être influencée par des circonstances tout à fait accidentelles (sable sur le rail, etc..)

La formule (1) permet de déterminer les constantes de la batterie, lorsque les constantes du relai sont données, ou inversement. La formule (4) permet de se rendre compte du degré de certitude du shuntage du circuit par un essieu, lorsqu'on connaît les intensités de courant pour lesquelles le relai est certainement actionné, ou certainement désarmé.

On voit d'ailleurs, à l'inspection des formules (1) et (4) qu'il y a lieu de préférer à une pile de faible force électro-motrice et de résistance intérieure également faible, une pile de force électro-motrice élevée et de grande résistance intérieure. Du fait de cette résistance, le coefficient K se trouve augmenté. Enfin les constantes de la pile étant déterminées, il y a lieu de donner au relai la plus grande résistance qui soit compatible avec son fonctionnement dans les circonstances d'isolement de la voie les plus défavorables.

Les Compagnies américaines emploient fréquemment une batterie de deux éléments de pile au sulfate de cuivre (gravity cell) groupés en quantité. E est alors égal à 1 volt, et ρ à $\frac{3}{2}$ ohms. La résistance du relai est de 4 ohms, et la force électro-motrice minima nécessaire pour l'actionner, est de 0 volt, 25.

$$\text{On a ainsi : } i = \frac{1}{4 + \frac{3}{2} + \frac{3}{2} + \frac{4}{R}}$$

$$\text{et on doit avoir } i \geq \frac{0,25}{4\omega} = 0^a,0625$$

Il suffit pour cela que l'on ait

$$R \geq 0^{\text{ohm}}6 \text{ environ.}$$

Or c'est une résistance au-dessous de laquelle ne tombe jamais le circuit de voie.

Les relais sont construits, d'autre part, de manière à cesser d'être attirés lorsque le courant diminue de moitié. Il suffit alors d'avoir $K \geq \frac{1}{2}$ pour que le shuntage du circuit fasse tomber le relai. On tire ainsi de la formule (4)

$$\frac{1}{s} \geq \frac{1}{r} + \frac{1}{\rho} + \frac{1}{R}$$

$$\text{ou } \frac{1}{s} \geq \frac{1}{4} + \frac{2}{3} + \frac{1}{R} = \frac{11}{12} + \frac{1}{R}$$

$$\text{ou } s \leq \frac{1}{\frac{11}{12} + \frac{1}{R}}$$

R ne descend guère au-dessous de 3 ohms.

$$\text{D'où } s \leq \frac{1}{\frac{11}{12} + \frac{1}{3}}$$

$$\text{ou } s \leq \frac{36}{45}, \text{ ou } \frac{4}{5} \text{ ohm.}$$

Lorsqu'au lieu de piles, on emploie des accumulateurs, dont la résistance intérieure est pratiquement nulle, on doit disposer une résistance en série, pour deux motifs :

1° Pour que la mise en court circuit par les essieux ne provoque pas une décharge trop rapide de l'accumulateur ;

2° Pour que le shuntage du circuit de voie soit efficace. Pour la réalisation de cette deuxième condition on calcule cette résistance additionnelle par la formule suivante tirée de la formule (1) :

$$p = \frac{(E - ri) R}{i (R + r)}$$

En conservant les chiffres précédents pour i , r et R , et prenant pour E une valeur de 2 volts correspondant à un élément d'accumulateur, nous aurons :

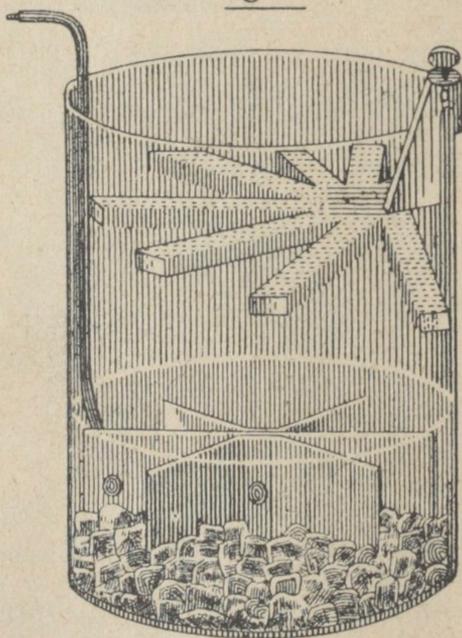
$$p = \frac{(2 - 4 \times 0,0625) 3}{(3 \times 4) 0,0625} = 12 \text{ ohms}$$

On emploie fréquemment deux résistances de 1ohm placées chacune sur le fil reliant l'accumulateur au rail. Il semble qu'il n'y aurait qu'à gagner à augmenter cette résistance.

Sources d'énergie électrique. — L'énergie électrique, dans les circuits de voie, est empruntée soit à des piles, soit à des accumulateurs.

Les deux piles les plus employées sont : la pile à sulfate de cuivre (gravity cell) et la pile à potasse ou à soude caustique (pile Gordon, pile Edison Lalande).

Fig. 24

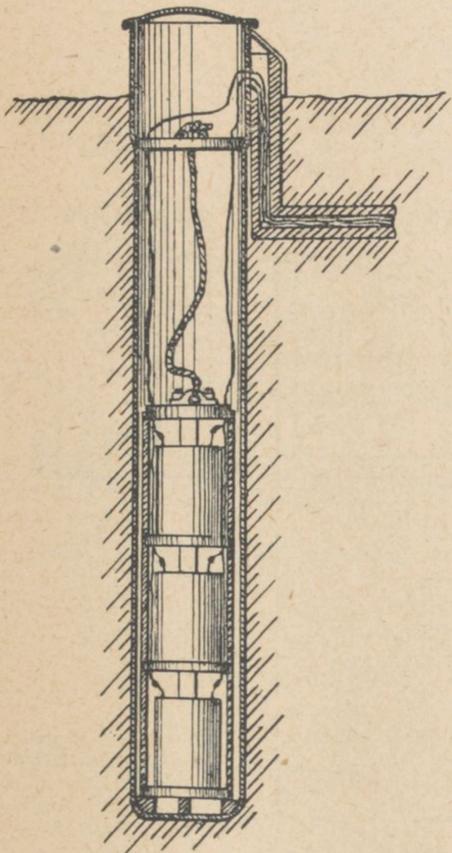


Pile au sulfate de cuivre. — La pile au sulfate de cuivre, où le sulfate de cuivre n'est séparé du sulfate de zinc qui se forme lorsque la pile a travaillé que par la différence de densité des deux liquides, (d'où le nom de pile à gravité donné à cette pile) est d'un emploi général aux États-Unis. Le zinc et le cuivre y ont une forme étoilée, ainsi que l'indique la Fig. 24, de manière à réduire la résistance intérieure : cette résistance, dans une pile en bon état et avec une grande surface de zinc, descend jusqu'à 0 ohm 7. On admet qu'une de ces piles doit, en court circuit, donner, si elle est en bon état d'entretien, un courant d'un ampère.

Pile à la potasse ou à la soude. — Ces piles dérivent du type de Lalande et Chaperon. Ses éléments consistent en une plaque de zinc et un bloc d'oxyde de cuivre, plongés dans une solution de potasse ou de soude caustique. La force électromotrice de cette pile, de 0 volt 98 au début, tombe à 0.75 ou 0.70. Sa résistance intérieure est très faible : pour les éléments de grand modèle, elle est de $\frac{25}{1.000}$ d'ohm seulement. Cette pile peut ainsi, en court circuit, débiter un

courant de $\frac{0.75}{0.025} = 30$ ampères. Elle présente, il est vrai, l'inconvénient de comporter l'emploi

Fig. 25



d'un liquide très corrosif : les agents qui en assurent l'entretien doivent éviter tout contact de la potasse ou de la soude caustique.

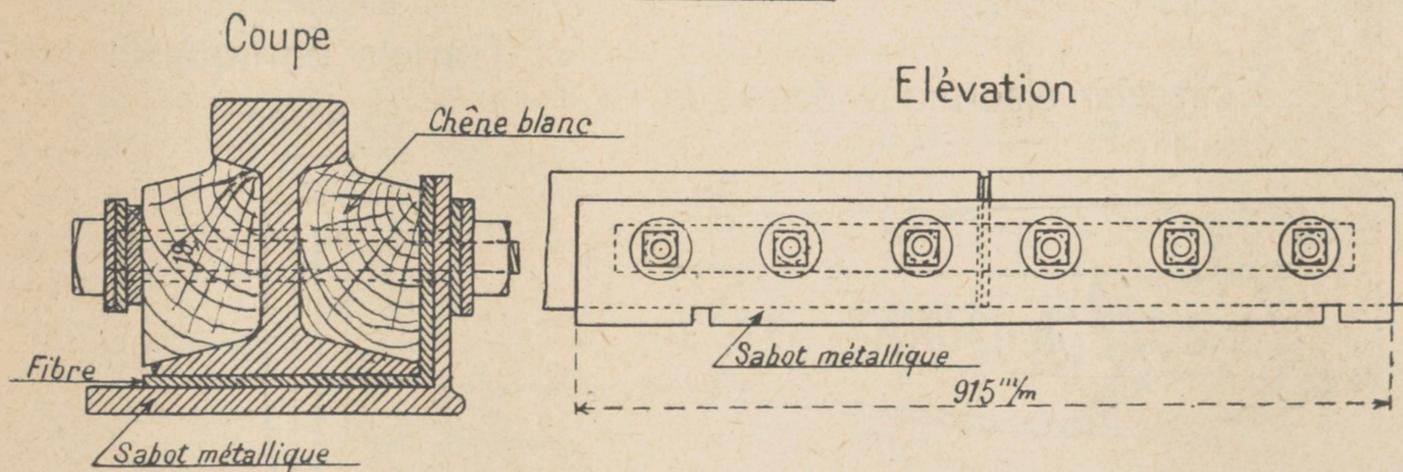
Accumulateurs. — Dans l'accumulateur le plus généralement employé, les plaques sont constituées à l'aide de plomb ordinaire moulé sous pression autour de tablettes de plomb granulé ou poreux. Ces accumulateurs sont appelés « Chloride cells », à raison de ce que le plomb poreux est obtenu par la réduction du chlorure de plomb.

Les batteries d'accumulateurs sont, ou bien rechargées périodiquement à l'aide de conducteurs d'énergie établis le long de la ligne, ou bien remplacées à intervalles déterminés et transportés à l'usine centrale pour y être rechargées.

Puits pour batteries. — Les batteries qui actionnent les circuits de voie, doivent être installées en pleine voie. Pour les mettre à l'abri du froid, on les installe à l'intérieur de boîtes cylindriques en fonte enterrées dans le sol, comme l'indique la Fig. 25. Les éléments sont superposés dans une boîte en bois, divisée en compartiments et à laquelle est fixée une corde permettant de retirer d'un seul coup toute la batterie.

Joints isolés, rail bonds, relais et paratonnerres. — Le joint isolé Weber est presque universellement adopté (Fig. 26).

Fig. 26
Joint isolé Weber

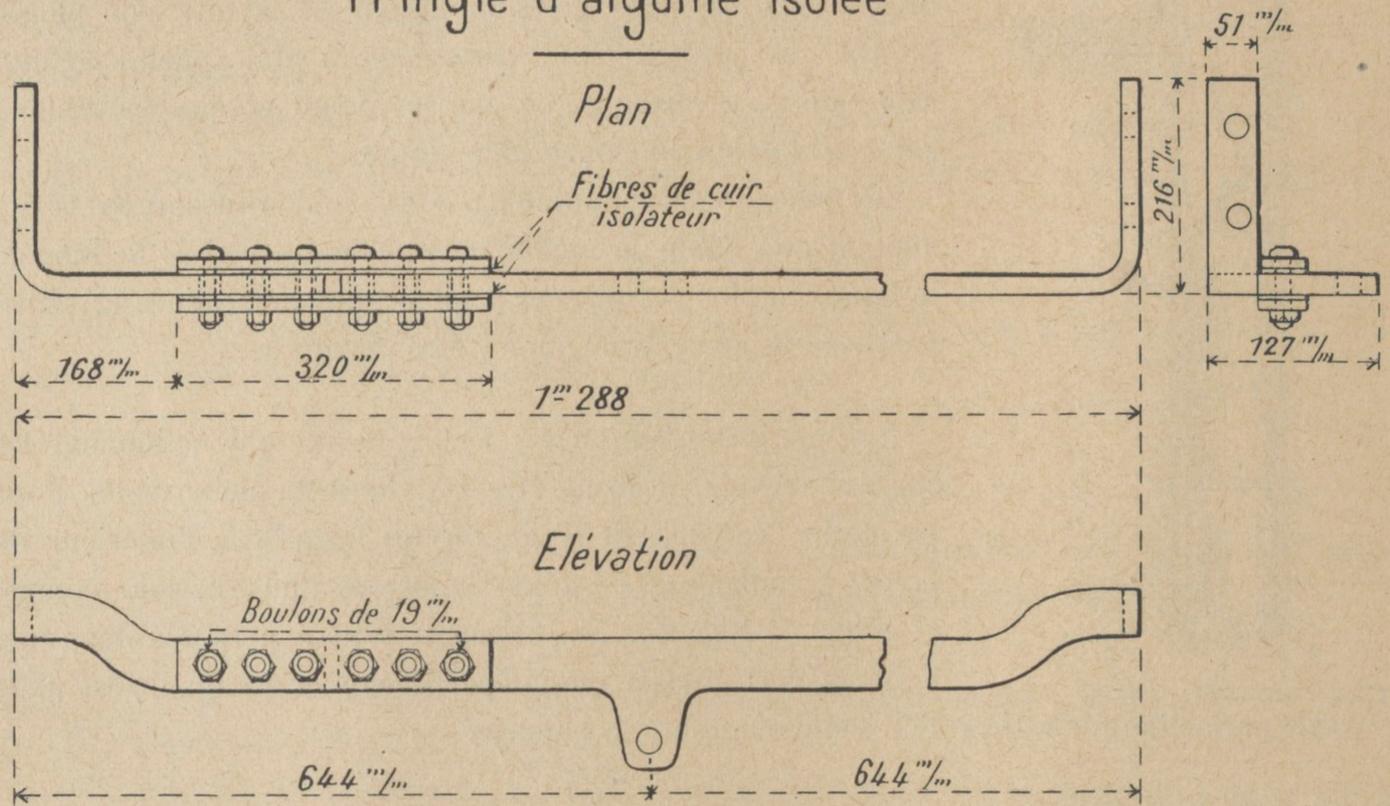


Il comporte deux éclisses en bois de chêne blanc (white oak). Le joint repose d'ailleurs sur une selle en forme de cornière, d'une longueur de 0^m,915, avec interposition d'une plaque de fibre de même forme. Le tout est réuni à l'aide de six boulons de 19 ^m/_m de diamètre.

Les têtes de boulons sont d'ailleurs isolées de la selle métallique à l'aide de gânes de fibre.

Les tringles de connexion d'aiguilles sont coupées (Fig. 27) et les deux parties, qui comportent entre elles un vide de 19 m/m sont éclissées avec deux plaques de $0^{\text{m}},32$ de longueur reliées par six boulons de 19 m/m de diamètre, avec interposition de fibre.

Fig. 27
Tringle d'aiguille isolée



L'éclissage électrique des rails (Fig. 28), est fait à l'aide de deux fils de fer doux de 3 m/m à $3 \text{ m/m}, 5$ de diamètre, chassés dans des trous forés dans le rail avec interposition de gâines

Fig. 28
Eclissage électrique des rails

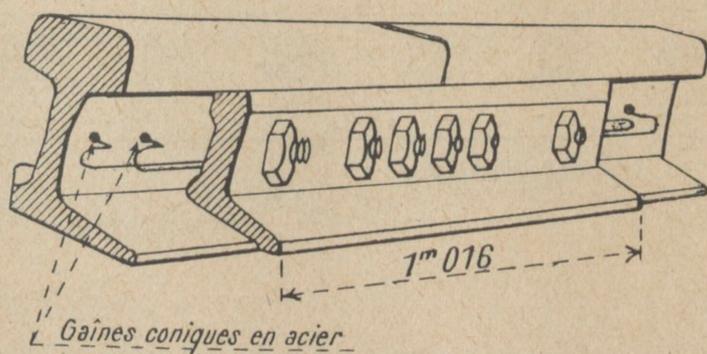


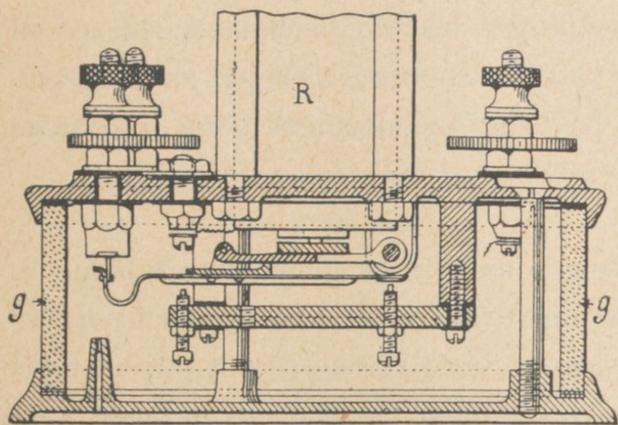
Fig. 29
Gânes coniques en acier



coniques en acier (Fig. 29) qui sont fendues suivant une génératrice. Ces fils sont placés entre l'éclisse et le rail.

Les relais (Fig. 30) ont leurs parties mobiles enfermées dans une boîte étanche à parois latérales de verre *g*. Les électros *R* sont placés verticalement sur le sommet de la boîte.

Fig. 30



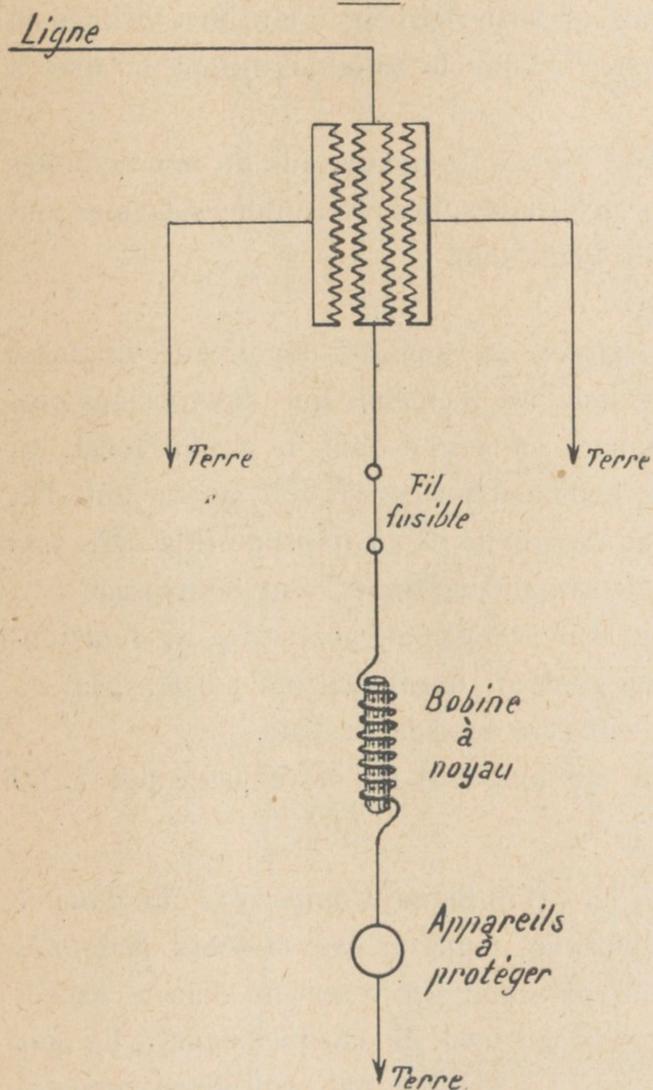
L'Association des signaux de chemins de fer recommande que sur chaque relai soient inscrites sa résistance et la force électromotrice nécessaire pour l'actionner. Les types de relais courants ont les caractéristiques suivantes :

Résistance	Force électromotrice nécessaire
9 ohms	1/4 volt
4 ohms	1/2 volt

On admet que, lorsque la force électromotrice baisse de 50 %, l'armature du relai doit retomber.

Les paratonnerres les plus employés sont les paratonnerres à pointes avec fil fusible et bobine de self induction à noyau, interposé entre le paratonnerre à pointes et les appareils à protéger

Fig. 31



(Fig. 31). Aucun des paratonnerres en usage ne paraît être d'ailleurs d'une efficacité absolument certaine.

Appareils de manœuvre des signaux. —

Les signaux ont été tout d'abord manœuvrés par des appareils d'horlogerie déclenchés électriquement, puis, ils ont été constitués par des disques très légers, enfermés dans des boîtes à parois transparentes, et actionnés directement par un électro-aimant. Enfin, on en est arrivé à manœuvrer des bras sémaphoriques du type ordinaire, à l'aide de gaz comprimé (air ou acide carbonique) et plus récemment, à l'aide de moteurs électriques.

Union Clock Work Signal. — Le type de block automatique le plus ancien qui soit encore en service est l'Union Clock Work Signal de l'Union Switch and Signal Company.

Le signal est un disque mobile sur un axe vertical, actionné par un mouvement d'horlogerie qui est lui-même mû par un poids. Un électro-aimant commande l'échappement: s'il est parcouru par un courant, le signal est maintenu à l'ouverture. Si le courant est coupé, le mouvement

d'horlogerie fait un quart de tour et le signal se met à l'arrêt. Si le courant est rétabli, ce mouvement fait un nouveau quart de tour et ouvre le signal, qui reste à voie libre, tant que le courant passe dans l'électro. Un contact, normalement fermé, se trouve à la partie inférieure de

la course du poids moteur. Quand, par oubli de remontage, le poids moteur atteint ce point, il ouvre le contact et le signal se met à l'arrêt.

L'emploi des wagonnets n'est pas sans inconvénient avec ce système. Les essieux des wagonnets ne donnant pas une terre franche, le circuit de voie peut se trouver tantôt coupé, tantôt rétabli. Le mouvement d'horlogerie fonctionne alors à de fréquents intervalles et le poids moteur tombe à fond de course. On peut, il est vrai, employer des wagonnets avec roues dont la partie centrale soit en bois, mais alors la couverture de ces wagonnets n'est pas automatique.

Enfin, l'emploi des mouvements d'horlogerie n'est pas sans inconvénient pour la sécurité pendant les périodes de grand froid : ces appareils peuvent être immobilisés par le verglas.

Signaux enfermés. — Ces signaux, désignés souvent sous le nom de signaux « banjo », construits par la « Hall Signal Company », consistent en un voyant de 0^m,46 de diamètre qui se compose de soie tendue sur un cadre d'aluminium très léger. Sur l'axe de ce voyant, est fixée l'armature d'un électro-aimant. Quand le courant passe, ce voyant se met en croix et laisse voir, par l'ouverture circulaire de la boîte, le fond de cette boîte qui est peint en blanc. Dans le cas contraire, le voyant rouge apparaît. La tige du voyant porte également un petit disque transparent pour donner au feu qui se trouve en haut de la boîte la couleur correspondant à « Voie fermée ».

Ces signaux échappent à l'action du verglas, mais on leur reproche d'être peu visibles en temps de neige, ou, encore, sous certaines incidences, lorsque le soleil les frappe ou que la lumière est réfléchiée par le ciel.

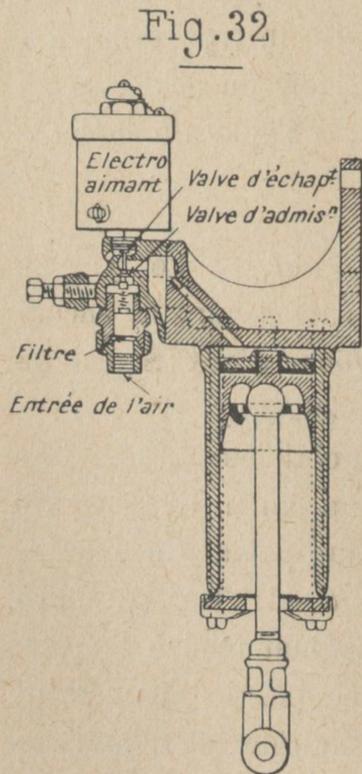
Ils sont construits également par l'Union Switch and Signal Company, qui, au lieu de boîtes en bois comme la Compagnie Hall, emploie des boîtes métalliques. Des précautions spéciales sont prises pour assurer l'étanchéité de ces boîtes et faciliter l'entretien.

Signaux électro-pneumatiques. — Ce type de signaux est appliqué depuis une vingtaine d'années. Le circuit électrique est le même que dans les cas précédents ; mais l'électro-aimant embroché dans le circuit local, au lieu d'actionner un mouvement d'horlogerie ou un voyant, fait fonctionner la soupape d'admission de l'air comprimé (Fig. 32). Les postes d'enclenchement électro-pneumatiques sont d'un usage très répandu aux États-Unis, et l'air comprimé, nécessaire au fonctionnement du block, est, en général, fourni par un poste voisin où sont installés le compresseur et le dessécheur d'air.

Les sections de block ont une longueur qui ne dépasse pas 1.200 mètres.

Signaux électrogaz. — La « Hall Signal Company », afin d'éviter les canalisations d'air comprimé, emploie des moteurs actionnés par l'acide carbonique sous pression. Un réservoir d'acide carbonique liquide est alors placé au pied de chaque signal. Le gaz liquéfié est à une pression de 42 à 84 kilog. par centimètre carré qui est ramenée à l'aide d'une valve régulatrice à un taux de 28 à 42 kilogr. pour la manœuvre du signal.

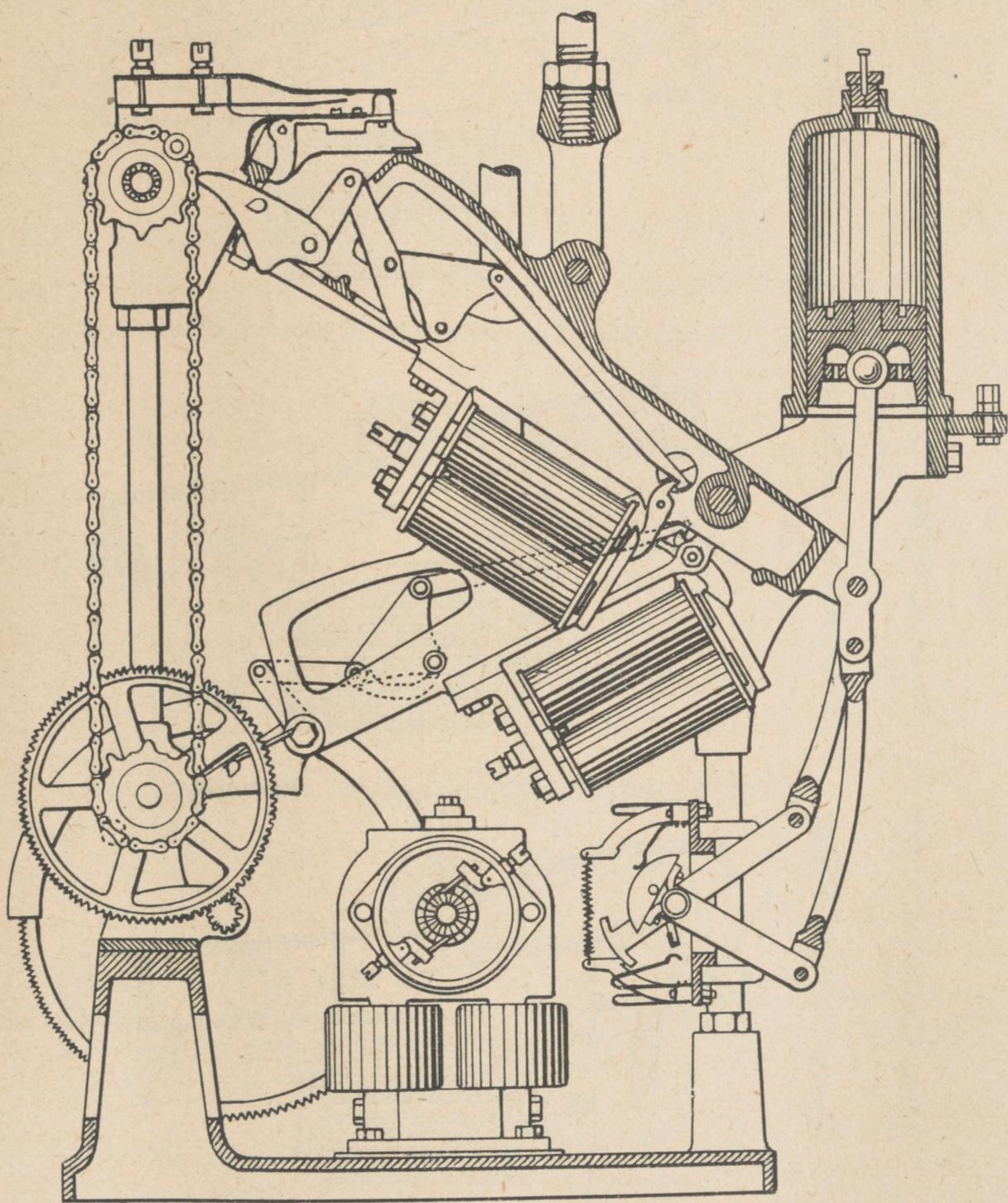
Les chiffres de consommation accusés par cette Compagnie sont les suivants : 23 kilog. de



gaz liquéfié, coûtant environ 0 fr. 50 le kilog., permettraient d'assurer 10.000 manœuvres d'ouverture. Le prix de revient serait ainsi de 1 fr. 15 par 1.000 ouvertures.

Signaux à manœuvre purement électrique. — Les appareils de manœuvre électrique des sémaphores qui tendent à se généraliser, consistent essentiellement en une dynamo agissant sur la tige du signal, par l'intermédiaire d'engrenages et d'un embrayage électrique qui maintient le signal à voie libre tant que le courant passe. Dès que le courant est coupé, un contrepoids produit la mise à l'arrêt du bras de sémaphore, dont la chute est amortie par un cylindre à air (dash pot).

Fig. 33



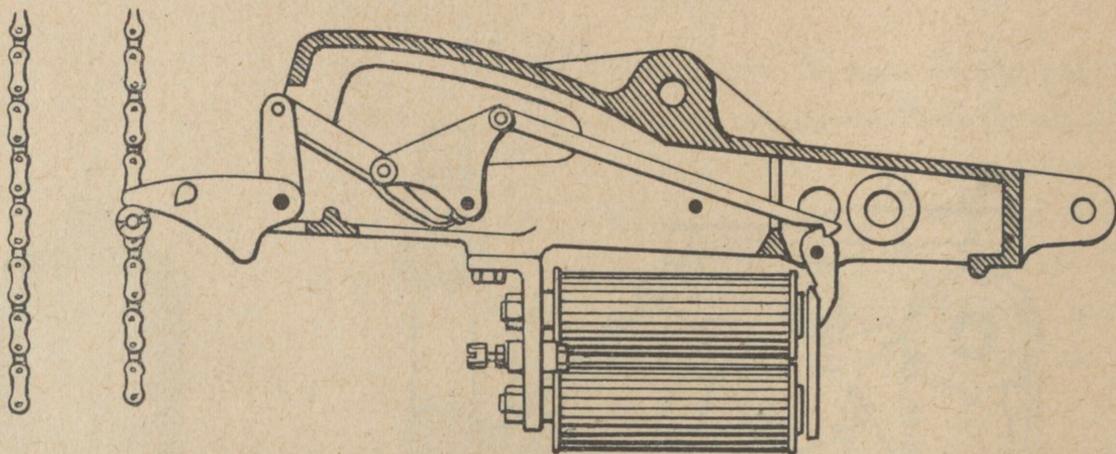
La Société Hall estime qu'une batterie de 12 éléments à la potasse est suffisante pour actionner ces appareils. Le débit moyen est de 3 ampères 75 et la consommation de 175 watts secondes

par ouverture de signal. Une batterie de 12 éléments à la potasse d'une capacité de 300 ampères heures pourrait ainsi suffire à 20.000 ouvertures.

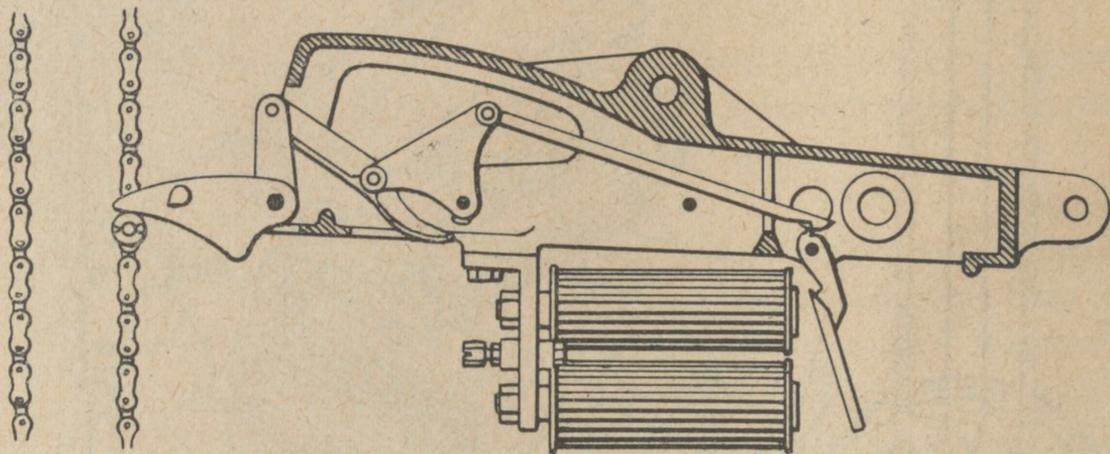
La Société Westinghouse recommande de porter à 16 le nombre des éléments, pour tenir compte de l'augmentation de la résistance intérieure, et de l'imperfection des contacts pendant les grands froids. Le débit est alors de 2 ampères seulement.

Fig. 34

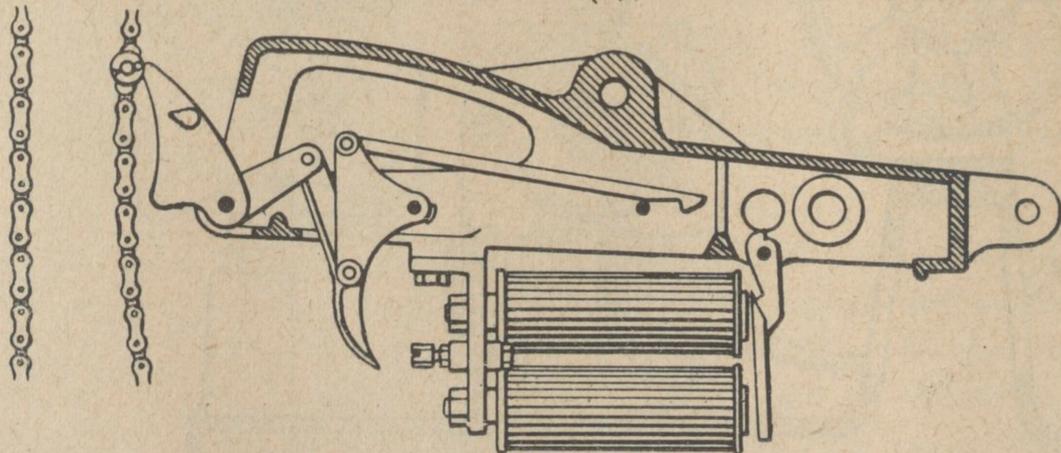
Electros parcourus par un courant



Electros non actionnés (*armature sur le point de désembrayer*)



Electros non actionnés (*appareil désembrayé*)



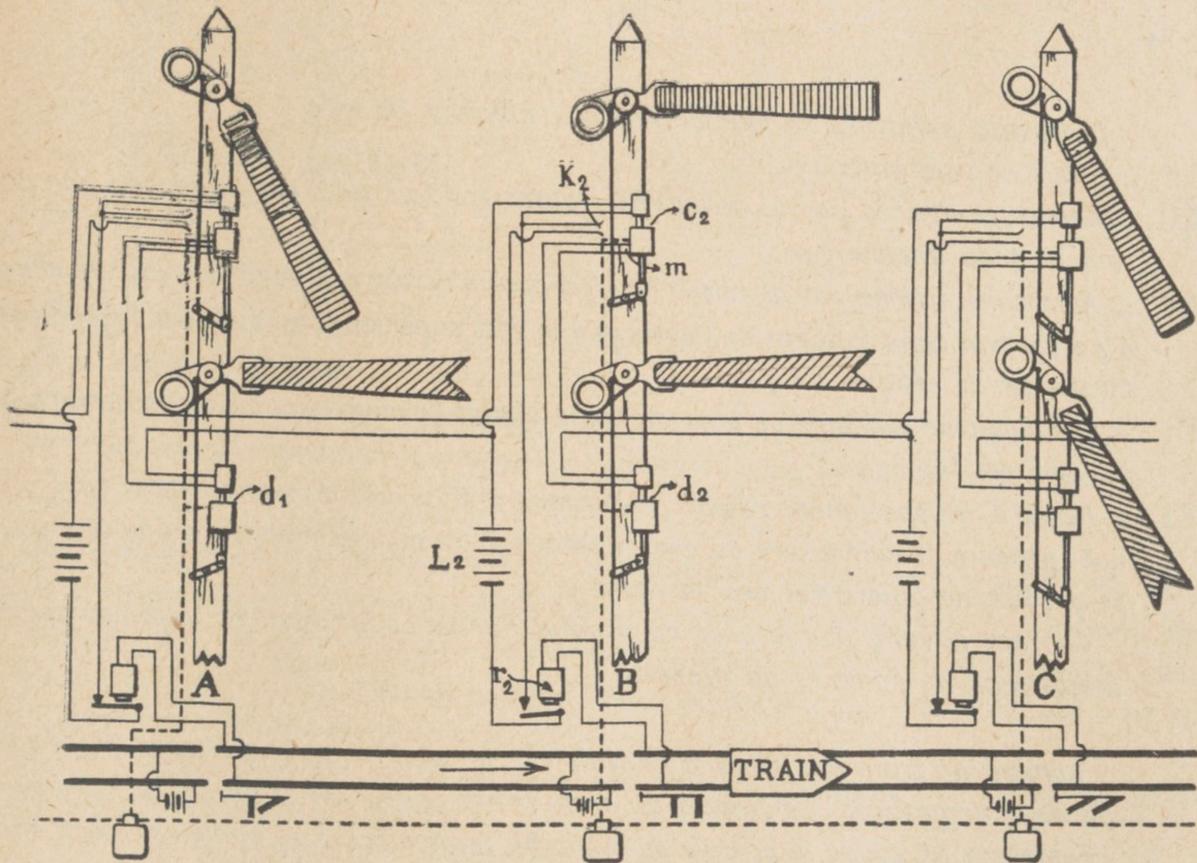
La « General Electric Company » conseille également l'emploi de batterie à 16 éléments. Nous décrivons sommairement le mode de construction des appareils de la Société Westinghouse et ceux de la General Electric Compagny.

Dans l'appareil de manœuvre de la Société Westinghouse (Fig. 33 et 34) les tiges des deux signaux (home et distant) sont actionnées chacune par un bras qui porte un électro-aimant d'embrayage. L'armature de cet élément par un système de leviers représenté sur la figure 33 actionne une dent qui vient engrener, lorsque l'électro est traversé par un courant, avec une chaîne Galle. Cette chaîne est elle-même actionnée par le moteur électrique. L'électro d'embrayage est en dérivation sur le moteur. Toutefois, pour que cet électro ne cesse pas d'être actionné lorsque le moteur est en marche et que sa résistance devient ainsi très faible, l'électro porte également un enroulement d'un petit nombre de tours, en série sur le moteur. L'électro est, en résumé, monté en compound.

Lorsque le signal arrive à voie libre, le bras de manœuvre coupe, au commutateur qui se trouve à la partie supérieure du bâtis, le circuit du moteur, et le signal reste ouvert tant que le courant circule dans l'électro d'embrayage. Dès que ce courant est coupé, la dent se relève, et le signal se ferme sous l'action de son poids. Le mouvement est d'ailleurs modéré par le cylindre à air qui se trouve sur la droite.

Fig. 35

Block automatique à voie normalement ouverte, avec distant signal placé sur le même montant que le home signal (manœuvre électro-pneumatique)

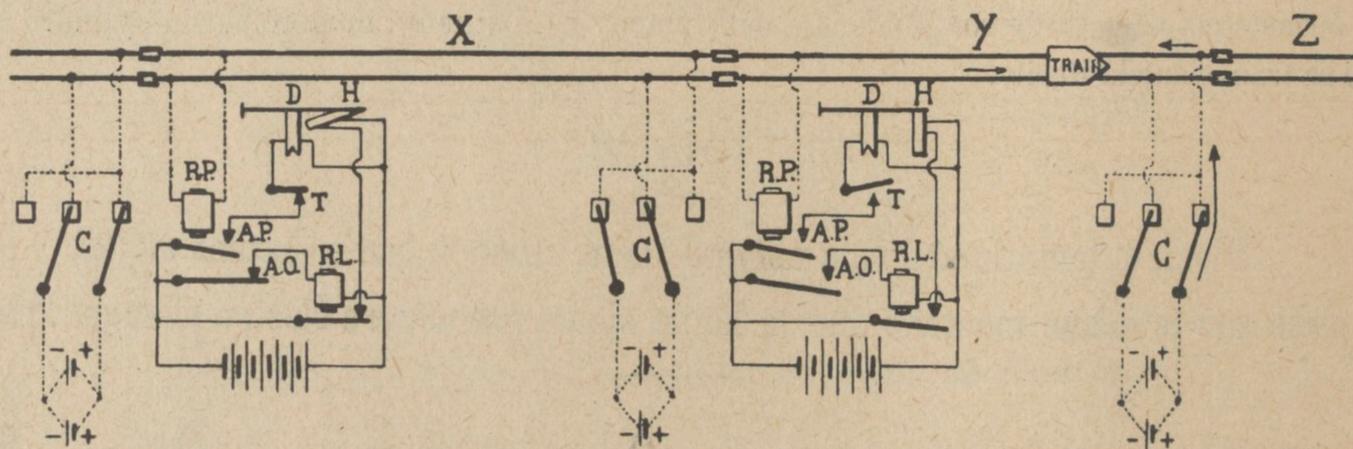


Un train se trouvant dans la section BC, le relai r₂ cesse d'être actionné, et son armature tombe. Le circuit de la pile L₂ est coupé, et le moteur c₂ est à l'échappement. Le home B est donc à l'arrêt. Le contact m est ouvert lorsque le home est à l'arrêt, ce qui coupe le circuit du moteur d₂ du distant, qui prend aussi la position de fermeture. De plus, le circuit du moteur d₁ du distant A est coupé en K₂ par la fermeture du home B, et le distant A est ainsi à l'arrêt.

Le commutateur qui se trouve à la partie inférieure de l'appareil, est actionné par la fermeture du home signal. Il a pour but de renverser le sens du courant dans le circuit de voie précédent : il n'est employé que lorsqu'on a recours au montage sans fil de ligne que nous décrirons plus loin.

Fig. 36

Block automatique à voie normalement ouverte
avec distant signal placé sur le même montant que le home signal,
et suppression des fils de ligne à l'aide d'un relais polarisé



Les traits pointillés se rapportent aux circuits de voie.

- RP. — Relais de voie polarisé.
- AO. — Armature attirée par le relais RP, toutes les fois qu'il est parcouru par un courant de sens quelconque.
- AP. — Armature attirée par le relais RP, lorsque le relais est parcouru par un courant d'un certain sens (venant de l'aval par le rail supérieur, tel qu'il est figuré par une flèche sur la section YZ).
- C. — Commutateur solidaire du bras du home signal (prend la position de gauche quand le home est fermé).
- RL. — Relais à déclenchement ralenti, commandant le circuit du home signal (pour éviter que, pendant la manœuvre du commutateur C, la courte interruption du courant qui se produit ne puisse fermer le home).
- T. — Contact ouvert par le bras du home à l'arrêt, pour assurer la concordance des indications du home et du distant.

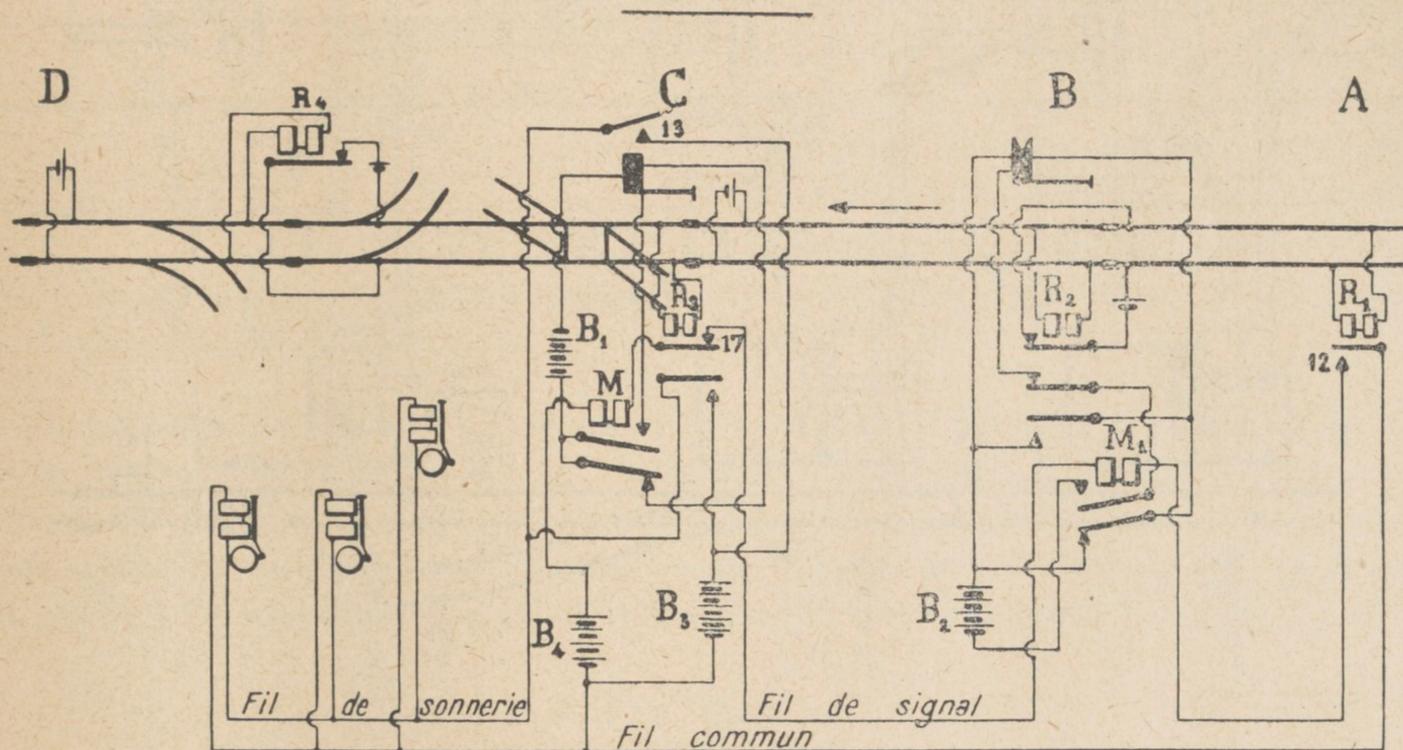
Lorsqu'un train est dans le canton YZ, le relai RP correspondant laisse tomber les deux armatures. Le circuit du distant est coupé par la chute de l'armature AP, l'armature AO coupe le circuit du relai RL, et le circuit du home est alors rompu par la chute de l'armature de ce relai. Le circuit du distant est d'ailleurs coupé en un deuxième point, en T, par le commutateur solidaire du home.

Un deuxième commutateur C solidaire du home renverse le sens du courant dans le circuit de voie du canton XY. D'où chute de l'armature AP du relai de ce circuit de voie, et fermeture du distant du poste X.

L'appareil de manœuvre le plus récent de la General Electric Company est installé au sommet du mât. Le signal est calé sur l'axe de la dernière roue d'un équipage denté. Le moteur qui est employé a été soumis à des essais, au cours desquels il a pu être effectué 74.100 mouvements sans qu'on ait à refaire les piles.

Fig. 37

Circuits électriques de signaux de block automatique, normalement à voie fermée (home et distant placés sur montants séparés)



R_1, R_2, R_3, R_4 .— Relais de voie (normalement fermés).

B_1 et B_2 .— Batteries actionnant les moteurs .

B_3 .— Batterie actionnant les sonneries .

B_4 .— Batterie actionnant les relais M et M_1 (ces relais sont normalement ouverts).

Un train entre dans la section AB : R_1 laisse tomber son armature qui ferme 12. B_4 actionne les relais M et M_1 . Fermeture du contact supérieur de M établit le circuit de B_1 et du moteur : d'où home à voie libre. De même pour M_1 : B_2 met le distant à voie libre. L'ouverture du home ferme 13 ce qui établit la continuité du circuit de B_3 et des sonneries, placées près des aiguilles (annonce du train).

Le train entre sur BC. R_2 n'est plus actionné. Les contacts de ce relais s'ouvrent, et le distant se met à voie fermée.

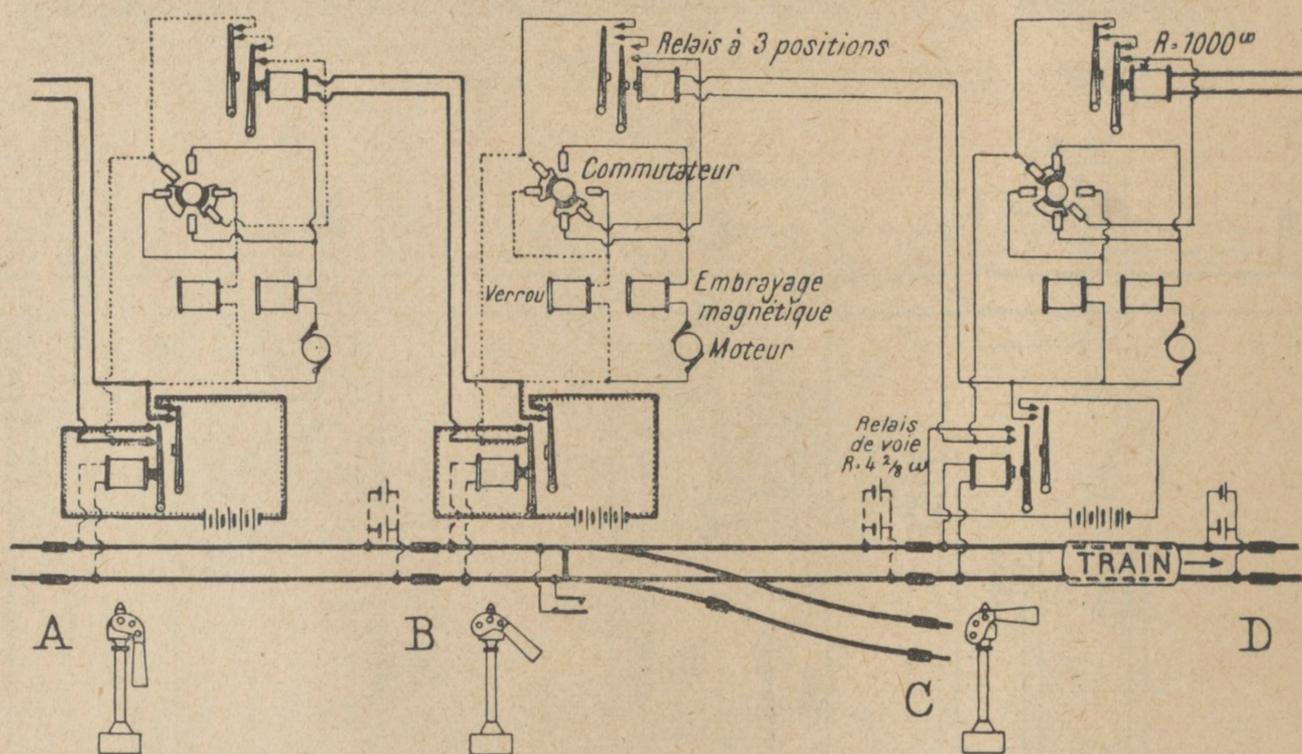
Le train entre sur CD. R_3 laisse tomber son armature. L'ouverture de 17 coupe le circuit de M . D'où fermeture du home. La chute de l'armature de R_3 maintient d'ailleurs fermé le circuit des sonneries, qui fonctionnent tant que le train est dans la section CD.

Si, lorsque le train passe en A, le block CD est occupé ou si une aiguille est renversée, la chute de l'armature de R_1 n'a aucun effet sur M et M_1 parce que leur circuit est coupé en 17 (R_3 n'étant alors parcouru par aucun courant). Le train est alors arrêté en C.

L'appareil de signal à 3 positions de la General Electric Company comprend en dehors de l'embrayage magnétique, un verrou électrique permettant de maintenir le signal dans ses positions d'effacement et d'inclinaison à 45°.

Fig. 38

Signal de block à trois positions (General Electric Company)



La figure ci-dessus indique en traits forts ou en traits pointillés les divers circuits qui sont établis, lorsqu'un train est dans la section CD.

Au poste A, le verrou et le relais à trois positions sont actionnés, et le verrou maintient le signal dans la position d'ouverture.

Au poste B, le verrou seul est parcouru par un courant, et maintient le signal dans la position à 45°, position d'avertissement de la présence d'un train dans la section suivante. Lorsque le train quittera la section CD, le relai à trois positions du poste B sera actionné, un courant parcourra l'embrayage magnétique et le moteur, et le signal prendra la position d'ouverture. Les circuits seront alors les mêmes que ceux qui sont figurés au poste A.

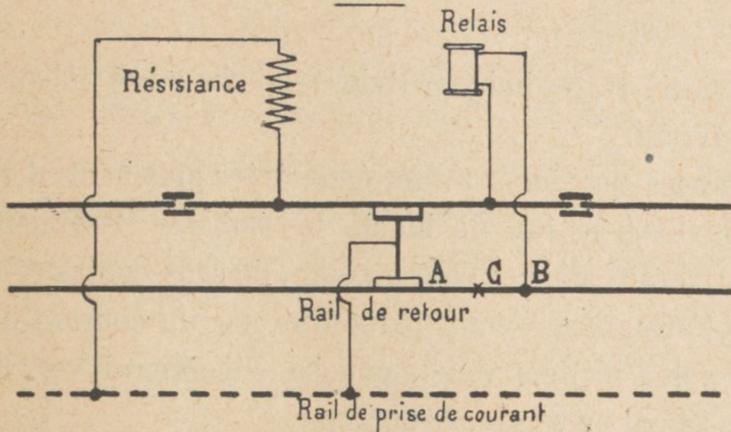
Au poste C, le relai de voie n'étant pas actionné aucun courant ne circule. Lorsque le train aura complètement franchi le joint isolé D, un courant s'établira à travers l'embrayage magnétique et le moteur. Mais, dès que le signal aura atteint la position inclinée à 45°, le commutateur calé sur son axe coupera le circuit au moteur, et établira celui du verrou qui maintiendra le signal à 45°. Les circuits seront ceux qui sont figurés ci-dessus au poste B.

Circuits divers. — Nous donnons ci-dessus (Fig. 35, 36, 37 et 38) les principaux types de circuits de block employés, permettant de se rendre compte des diverses solutions qui peuvent être adoptées.

Circuits de block sur les voies électrifiées. — Le circuit de voie, tel que nous l'avons décrit ne peut pas être employé sur les voies électrifiées, puisque le retour du courant de traction se fait par les rails de roulement.

Dans certains cas cependant, une des files de rails seulement est empruntée par le courant de

Fig. 39



retour et l'autre file est divisée en sections isolées, en vue du fonctionnement du block automatique.

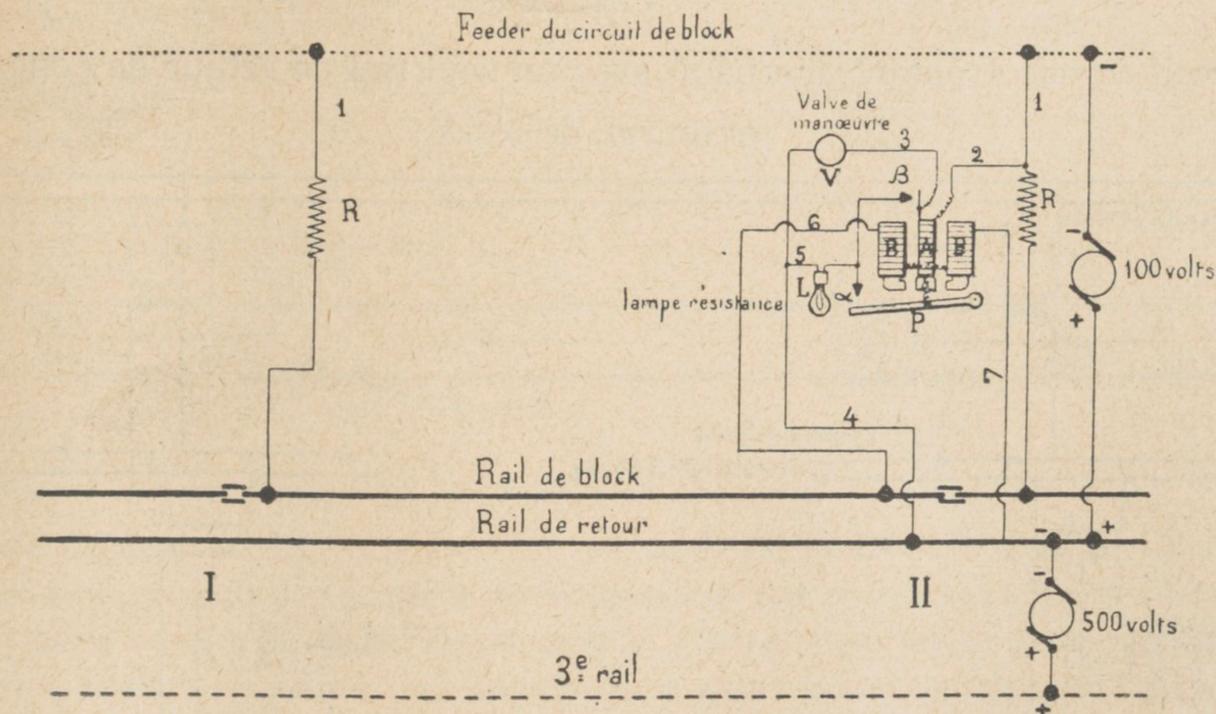
Des dispositions spéciales doivent néanmoins être prises pour soustraire les relais de voie à l'influence du courant de traction. Le relai de voie ordinaire pourrait, en effet, être excité intempestivement par ce courant. Il suffirait d'une résistance anormale entre la roue A et le point B (Fig. 39), provenant soit de la présence de sable sur le rail, soit

d'un éclissage électrique défectueux en C, pour qu'une dérivation du courant de traction, passe par le relai et l'actionne indûment.

Métropolitain de Boston. — Pour éviter ce grave inconvénient, on a eu recours, sur le réseau métropolitain de Boston (1), à un relai polarisé d'un type spécial.

L'armature de ce relai est elle-même un électro-aimant qui reçoit le courant, ainsi que les deux bobines du relai, d'un feeder alimenté par une dynamo spéciale. Cette dynamo qui donne du courant à 100 volts, a son pôle négatif relié au feeder, et son pôle positif à la terre.

Fig. 40



En se reportant au schéma de la Fig. 40, on voit que, lorsqu'aucun essieu ne se trouve sur la

(1) Cette solution a été également appliquée sur diverses lignes métropolitaines de Londres.

section de block I-II, les bobines B du relai sont parcourues par un courant (circuit constitué par la dynamo à 100 volts, le feeder, le fil 1 et la résistance R du poste I, le rail de block, le fil 6, les bobines B, le fil 7, le rail de retour, et, de nouveau, la dynamo à 100 volts. La palette P est attirée, et le contact α se ferme. Le circuit feeder, fils 1 et 2, armature A, contact α , lampe résistance L; fils 5 et 4, et rail de retour est établi. L'armature A oscille vers la gauche et le contact β se ferme, établissant une dérivation de courant à travers la valve de manœuvre V du signal, qui s'ouvre.

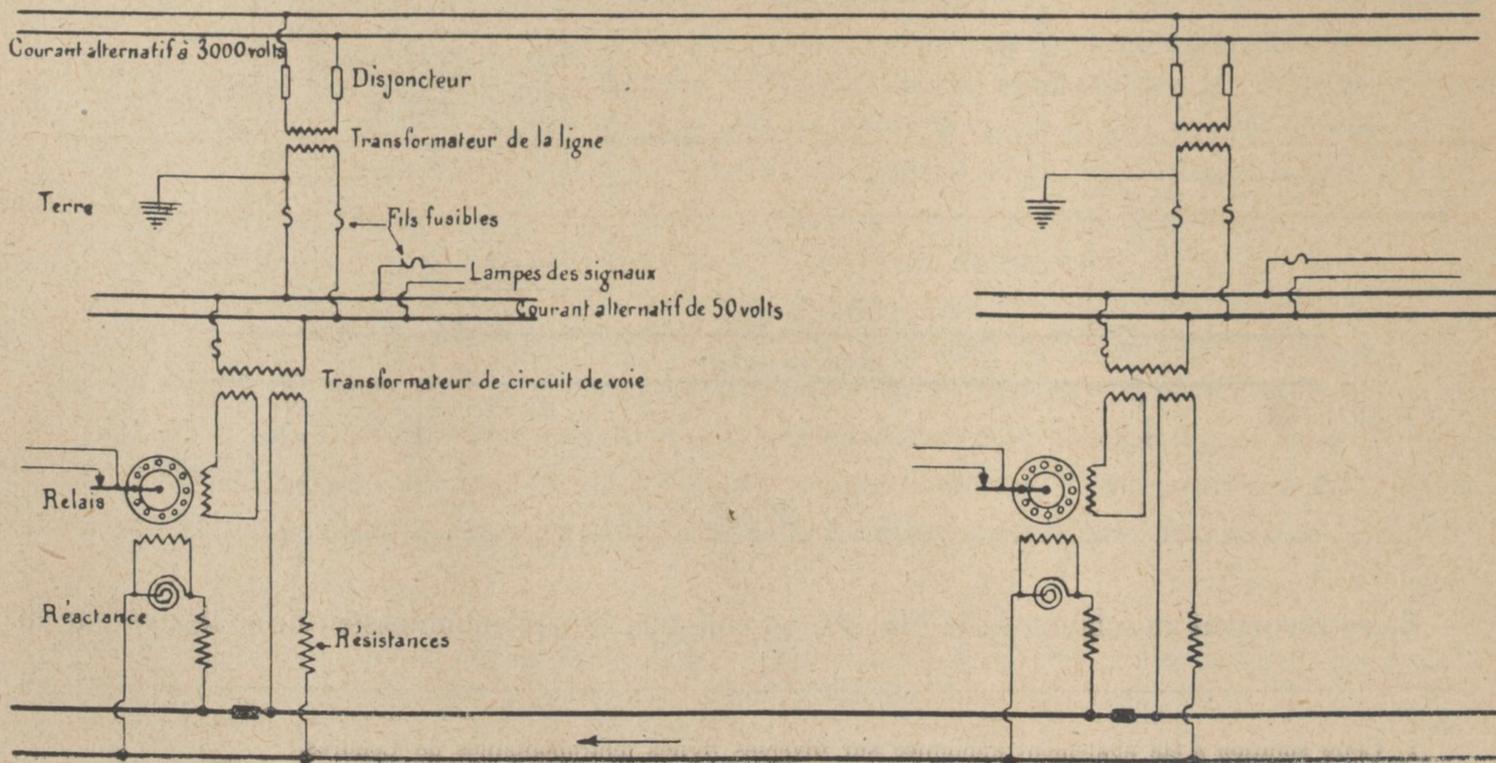
Dès, au contraire, qu'un essieu occupe la section I-II, les bobines B du relai du poste II sont mises en court circuit, et les contacts α et β s'ouvrent.

Si, d'ailleurs, par suite d'une des circonstances que nous avons énumérées plus haut, il se produisait une dérivation du courant de traction dans le rail de block, les bobines B seraient parcourues par un courant et le contact α se fermerait. Mais ce courant étant de sens contraire à celui qui parcourt normalement les bobines, et l'armature A étant parcourue par un courant de sens constant, cette dernière armature, au lieu de s'incliner vers la gauche, s'inclinerait vers la droite. Le contact β resterait donc ouvert, et le signal ne serait pas actionné.

Subway de New-York. — Au Subway de New-York, où un des rails est également spécialisé au block, on alimente les circuits avec du courant alternatif. Les relais sont alors insensibles au courant continu. Pour protéger ces relais contre une dérivation anormale du courant continu qui pourrait les brûler, on place en dérivation sur ces relais une bobine ayant une très faible résistance ohmique et une impédance très élevée. Le nombre des ratés est très faible (1 pour environ 75 millions de mouvements); ils se produisent presque tous dans le voisinage des stations, où ils sont dus aux paillettes de métal provenant du freinage, qui viennent établir un court circuit entre les rails, aux joints isolés.

Fig. 41

Circuit de voie à courant alternatif, avec un seul rail de retour de courant, et un rail de block



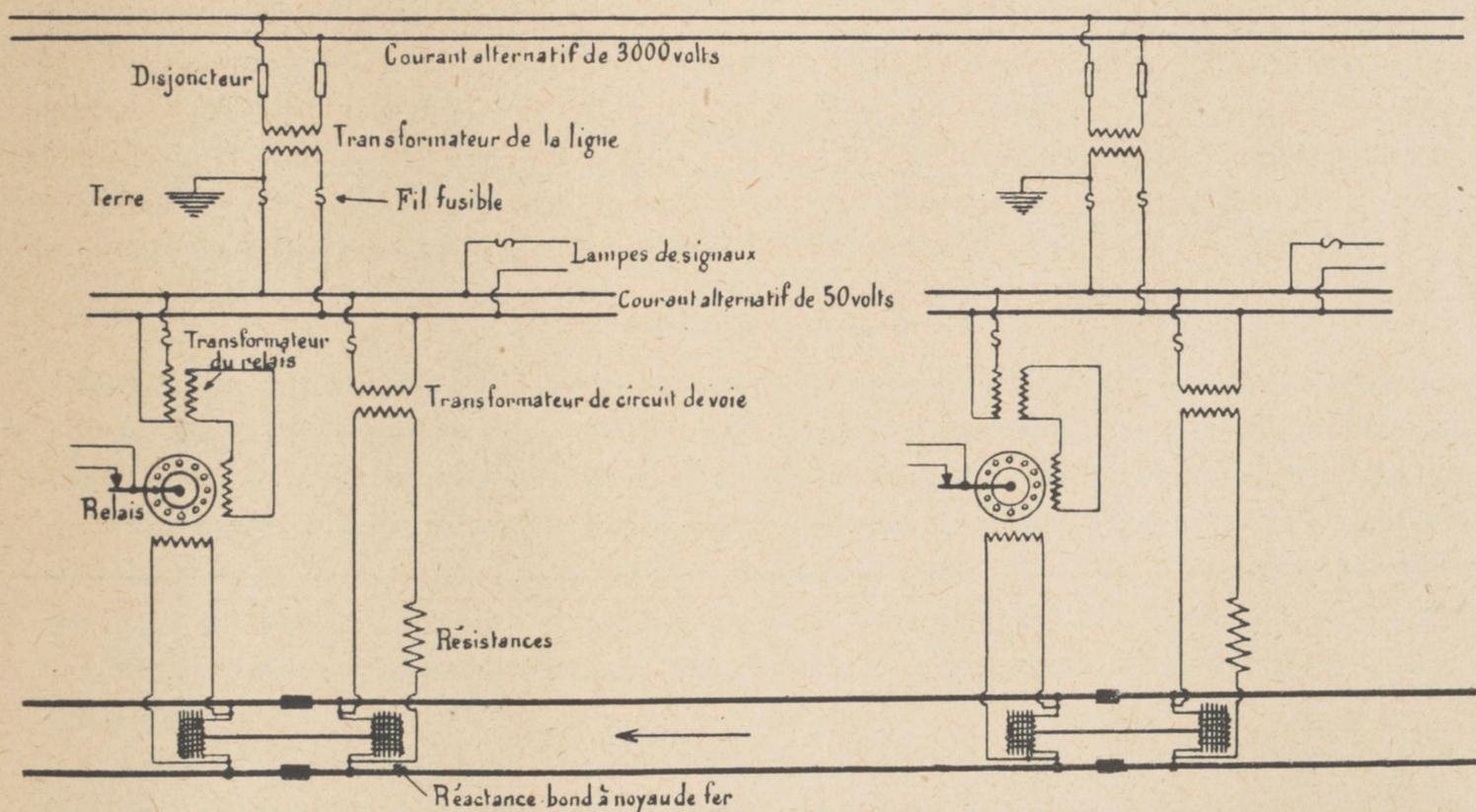
New-York Central and Hudson River RR. — C'est également au courant alternatif qu'on a recours pour alimenter les circuits de block, lorsque les deux rails de roulement sont empruntés par le courant de retour. Cette solution a été adoptée notamment sur les sections électrifiées du New-York Central and Hudson River Railroad, au sujet desquelles nous donnerons quelques détails.

Le courant est distribué à 25 périodes et sous 11.000 volts aux sous-stations, qui le transforment, d'une part, en courant continu à 666 volts pour la traction et, d'autre part, en courant alternatif à 3.000 volts pour le service des signaux.

Le voltage de ce courant est abaissé de 3.000 à 50 volts, à l'aide de transformateurs placés sur les passerelles de signaux. Le courant à 50 volts est utilisé pour l'éclairage des signaux et est transformé pour les circuits de voie à des voltages de 1 1/2 à 8 volts, suivant la longueur de ces circuits qui peut varier de 60 à 1.500 mètres.

Fig. 42

Circuit de voie à courant alternatif, avec deux rails de retour de courant et railbond de réactance à noyau de fer



Les Fig. 41 et 42 représentent les différents types de circuits de voie.

Lorsque la longueur des circuits de voie est de moins de 150 mètres, et que la chute de potentiel sur le parcours de l'ensemble de ces circuits de voie ne doit pas dépasser 50 volts, on n'affecte qu'un des rails au courant de retour (Fig. 41). Le circuit ne comporte alors d'autres bobines de résistance que celles qui sont placées en dérivation sur les relais pour en assurer la protection.

Sur les circuits de voie de plus grande longueur, les deux rails sont affectés au retour du courant. On doit alors établir entre les divers circuits de voie, ainsi que l'indique la Fig. 42, des bobines de réactance, appelées « réactance bonds » qui laissent passer le courant continu et

arrêtent cependant le courant alternatif. Ces bobines de réactance consistent en une barre de cuivre de 625 millimètres carrés de section et de 3^m,353 de longueur faisant huit tours autour d'un noyau de fer. Elles sont contenues dans des boîtes de fonte étanche et remplies d'huile. Elles doivent pouvoir supporter le passage continu de 3.000 ampères.

Le relai de voie est un moteur, comportant deux bobines de champ, dont l'une est traversée par le courant à 50 volts, et l'autre par celui qui vient du circuit de voie. Sous l'action de ce dernier courant, l'armature tourne de 37° 1/2 et comme l'ouverture des contacts correspond à un angle de 23° 1/2, leur fermeture se fait sur 14°, ce qui donne un frottement suffisant pour assurer le passage du courant dans de bonnes conditions.
