BnF Gallica

Revue générale des chemins de fer et des tramways

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

BnF Gallica

Revue générale des chemins de fer et des tramways. 1920/07-1920/12.

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**.

LE

BLOCK-SYSTEM AUTOMATIQUE

AUX ÉTATS-UNIS

Par M. BALLING,

INGÉNIEUR EN CHEF A LA COMPAGNIE D'ORLÉANS.

(Pl. XI à XIII).

Au 1er Janvier 1919, la longueur totale des lignes de chemins de fer des États-Unis munies du block-system était de 99.897 milles, dont 36.989 munis du block automatique et 62,908 du block non automatique.

Le tableau ci-dessous indique en milles les longueurs des diverses voies bloquées au 1er Janvier 1918 et au 1er Janvier 1919 :

		VOIE UNIQUE	DOUBLE VOIE	TRIPLE VOIE	QUADRUPLE VOIE	LONGUEUR TOTALE de lignes	LONGUEUR TOTALE de voies
Block automatique.....	1-1-18	16.944	16.267	517	1.465	35.193	57.083
	1-1-19	18.190	16.787	524	1.488	36.989	59.458
Augmentation en 1918.....		1.246	520	7	23	1.796	2.375
Block non automatique.....	1-1-18	57.575	6.511	186	66	64.338	71.493
	1-1-19	56.404	6.243	183	78	62.908	69.830
Diminution en 1918.....		1.171	268	3	»	1.430	1.663
Augmentation en 1918.....		»	»	»	12	»	»

Dans le courant de l'année 1918, il y a eu augmentation de 1.796 milles de lignes pour le block automatique et diminution de 1.430 milles de lignes pour le block non automatique.

Presque toutes les installations nouvelles sont donc faites en block automatique, et, si l'on équipe encore exceptionnellement en block non automatique quelques petites longueurs, on remplace ce type démodé par le type automatique sur les lignes à circulation assez intense.

En fait, c'est le block automatique par circuits de voie qui est normalement utilisé dans les installations nouvelles.

Son adoption est due à la rareté et au prix élevé de la main-d'œuvre, ainsi qu'à la méfiance contre la manœuvre manuelle des appareils, méfiance provenant des accidents résultant de fausses manœuvres de sémaphores et d'aiguilles et conduisant à estimer que la sécurité doit dépendre le moins possible de l'homme. Or, avec le circuit de voie s'étendant sans interruption sur toute la longueur d'un canton, le train met lui-même les signaux à l'arrêt en entrant dans le canton et les y maintient jusqu'à ce qu'il en soit entièrement sorti, le tout automatiquement ; en cas de rupture d'attelage, les signaux restent automatiquement fermés tant qu'il y a un wagon dans le canton. L'action de l'homme se borne à assurer l'entretien des appareils. Ce système qui réduit au minimum l'intervention humaine, avec les chances d'erreur et les dépenses qui en résultent, a obtenu un plein succès.

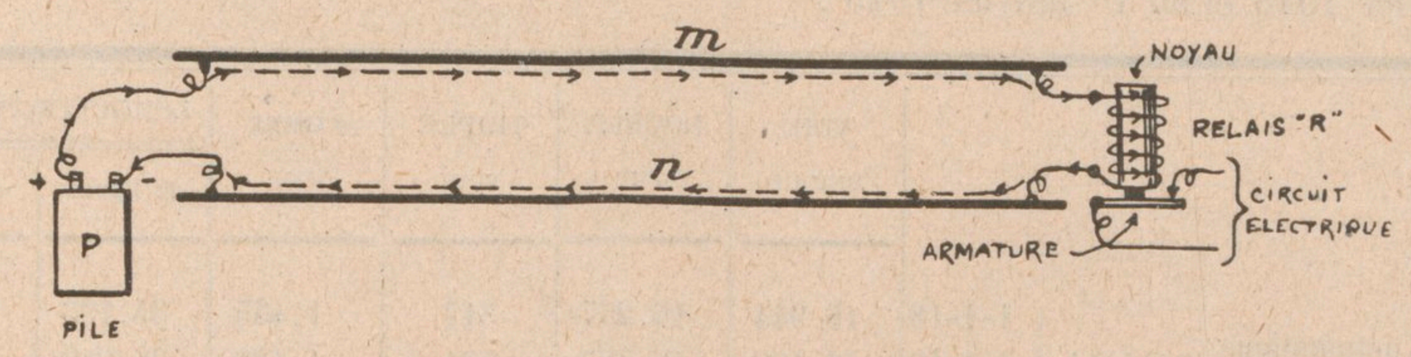
Sans entrer dans le détail des appareils (relais, transformateurs, etc.), nous allons examiner successivement les circuits de voie et les signaux, puis donner quelques indications sur divers types de block automatique (1).

I. — CIRCUITS DE VOIE.

Circuit de voie à courant continu. — Nous rappellerons d'abord, en quelques mots, le principe du circuit de voie.

Les rails *m* et *n* sont reliés à une extrémité à une batterie électrique P et à l'autre à un relais R. (Fig. 1). Lorsque le courant passe dans l'électro du relais, l'armature de celui-ci ferme

Fig. 1.



un circuit secondaire sur lequel se trouve le moteur qui actionne le bras du sémaphore. Si une barre de métal M, représentant la connexion métallique réalisée par les roues d'un train, est placée en travers des rails comme l'indique la Figure 2, le courant de la batterie P passera par cette barre, formant court-circuit et n'actionnera pas le relais R, le circuit secondaire ne sera pas fermé et aucun courant ne passera dans le moteur du sémaphore.

La Figure 3 montre en perspective une section de block automatique avec deux signaux, les batteries de voie, relais, etc. (2). Pour avoir des sections de voie indépendantes les unes des

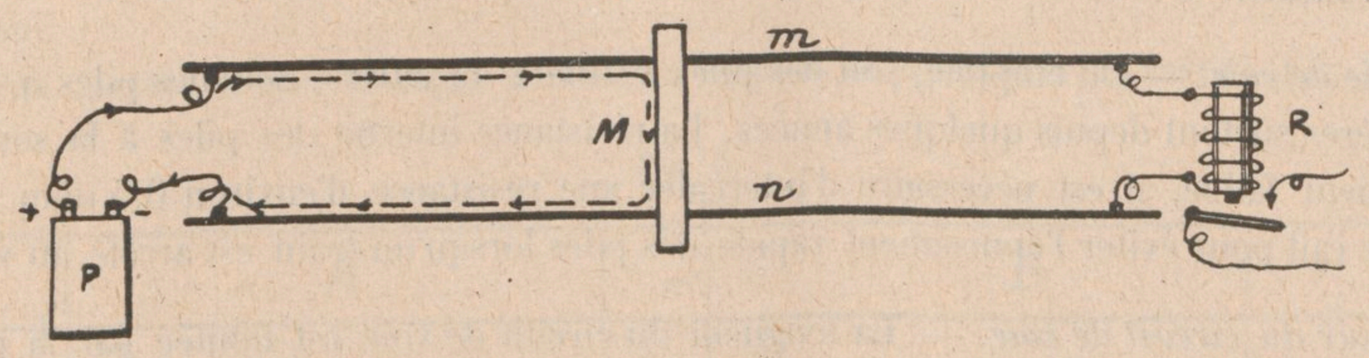
---

(1) Une partie des renseignements qui suivent nous ont été aimablement communiqués par l'Union Switch and Signal C°, par la General Railway Signal C° et par la Compagnie Générale de Signalisation.

(2) Pour la lecture de cette Figure et de toutes celles de la présente note, il faut tenir compte de ce fait que, contrairement à la règle suivie en France, les trains américains suivent leur droite.

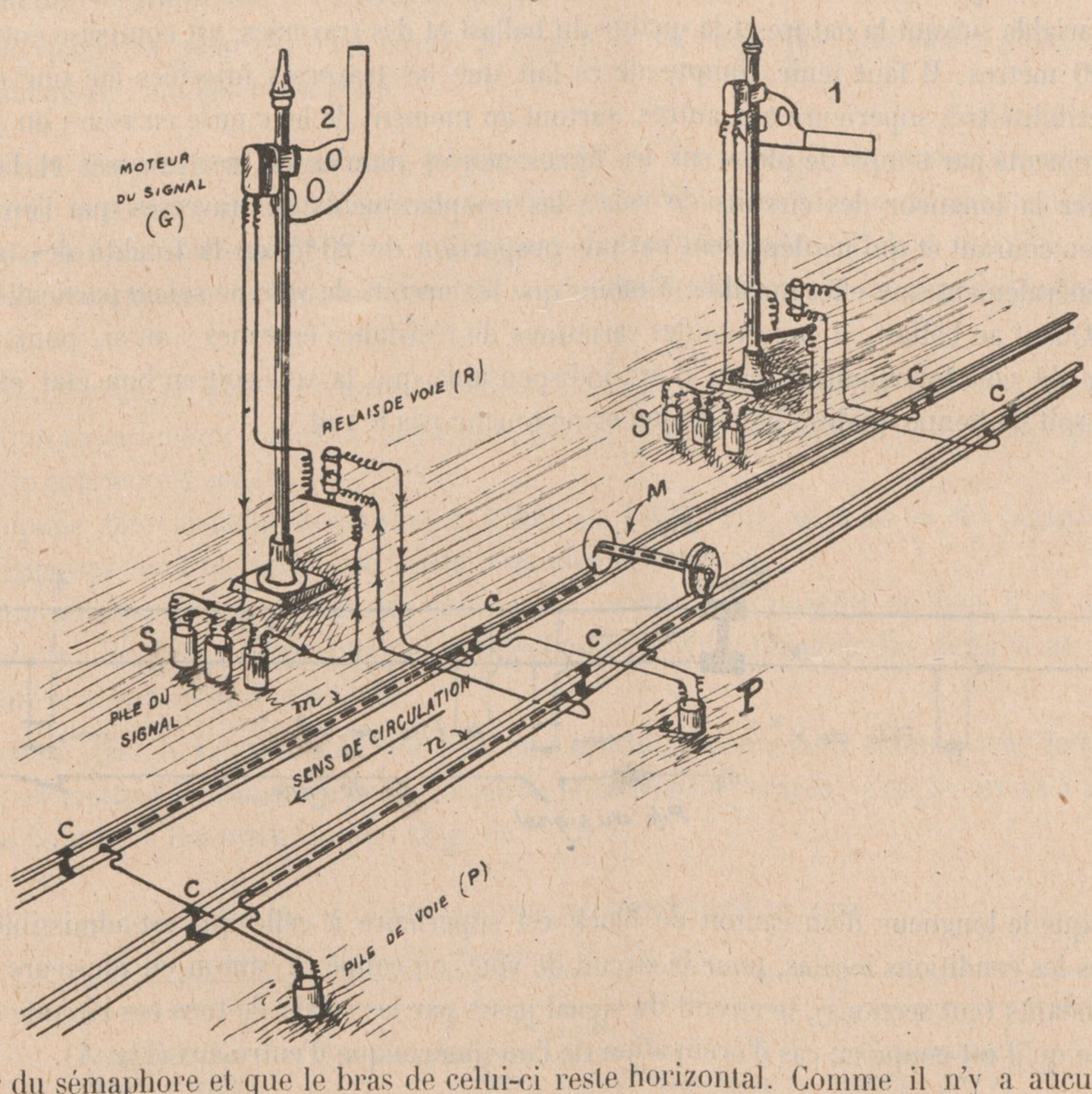
autres au point de vue électrique, des joints isolants C sont placés au droit de chaque signal.

Fig. 2.



Une batterie de voie P est reliée aux rails à l'extrémité de chaque section, et la bobine d'un relais R à l'autre extrémité. Le circuit secondaire commandé par le relais R passe par une batterie de signal S et par le moteur G du sémaphore. A raison de la présence des roues, le relais du signal 1 est ouvert, de sorte que le courant de la batterie du signal ne traverse pas le

Fig. 3.



moteur du sémaphore et que le bras de celui-ci reste horizontal. Comme il n'y a aucun train dans le canton suivant, le courant de la batterie P traverse le relais du signal 2, le circuit du moteur de ce signal est fermé et le moteur met le signal à la position d'ouverture et l'y maintient.

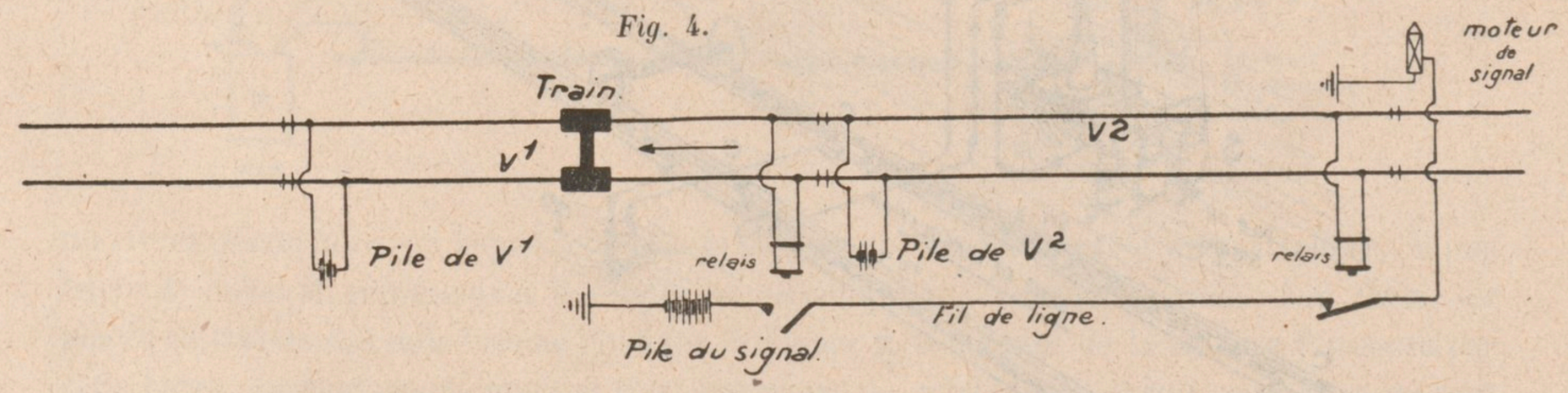
Tel est le principe du block automatique par circuit de voie à courant continu.

Eclissage électrique et joints isolants. — Pour l'éclissage électrique des rails et pour les joints isolants, les procédés employés sont les mêmes que ceux qui sont en usage sur les réseaux français.

Batterie de voie. — On emploie, soit des piles à sulfate de cuivre, soit des piles à la soude, ces dernières surtout depuis quelques années. La résistance interne des piles à la soude étant extrêmement faible, il est nécessaire d'intercaler une résistance d'environ 0,5 ohm entre les piles et le rail pour éviter l'épuisement rapide des piles lorsqu'un train est arrêté au voisinage.

Longueur du circuit de voie. — La longueur du circuit de voie est limitée par la puissance nécessaire à son fonctionnement. Le voltage nécessaire aux bornes du relais reste constant pour un relais déterminé, mais une grande partie du courant fourni par la batterie s'échappe par les traverses et le ballast, et la perte de courant est proportionnelle à la longueur du circuit de voie. Pour ne pas avoir de batteries d'un nombre considérable d'éléments et pour réduire les pertes d'énergie qui sont d'autant plus grandes que le voltage est plus élevé, on limite généralement le voltage à 2 ou 3 volts. Dans ces conditions, la longueur admissible pour un circuit de voie, variable suivant la nature et la qualité du ballast et des traverses, est comprise entre 1000 et 2000 mètres. Il faut tenir compte de ce fait que les traverses injectées au zinc ont une conductibilité très supérieure aux autres, surtout au moment de leur mise en voie ; on a eu des dérangements par temps de pluie sur les lignes neuves munies de ces traverses et l'on a dû diminuer la longueur des circuits de voie ; les remplacements de traverses que l'on fait en entretien courant et qui ne dépassent pas une proportion de 20 % de la totalité des traverses sont généralement sans effet nuisible, à moins que les circuits de voie ne soient particulièrement longs. Quant au ballast, il présente des variations de résistance énormes ; aussi, pour que les circuits de voie fonctionnent bien, il est indispensable que la voie soit en bon état et que le ballast soit de bonne qualité, bien drainé et ne touche pas le rail.

Fig. 4.



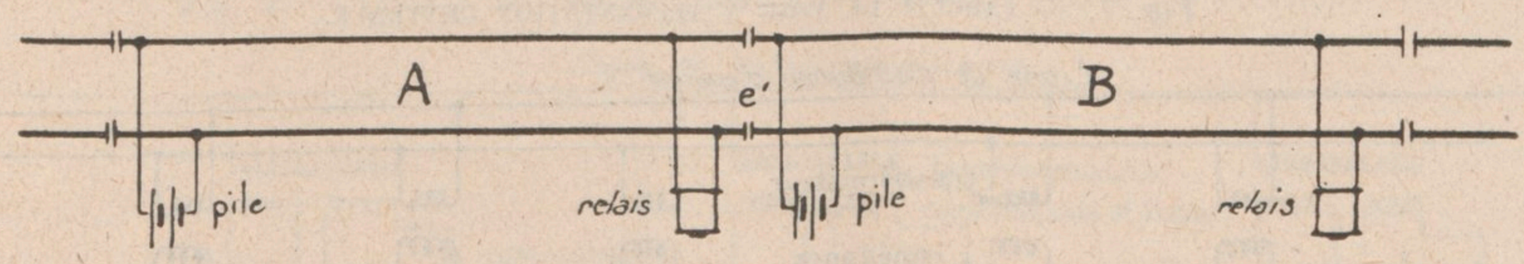
Lorsque la longueur d'un canton de block est supérieure à celle qui est admissible, étant données les conditions locales, pour le circuit de voie, on coupe ce canton en plusieurs circuits indépendants (cut sections), le circuit du signal passe par les relais de tous ces circuits de voie, de sorte qu'il est coupé en cas d'occupation de l'un quelconque d'entre eux (Fig. 4).

Relais. — Les relais sont de deux types, le relais de 4 ohms, qui était le seul il y a quelques années, et le relais de 2 ohms, qui a été construit pour permettre de donner une longueur suffisante aux circuits de voie qui se trouvent dans les plus mauvaises conditions.

Protection contre les défectuosités des joints isolants. — La question de polarité des piles par rapport aux circuits de voie, ainsi que le genre de relais employé, peuvent avoir une grande importance.

Soit deux circuits de voie contigus A et B sur lesquels la polarité est la même (Fig. 5).

Fig. 5.



Si l'isolement des joints *e* et *e'* est détruit, le relais du circuit A pourra être indûment excité par la pile *p* du circuit B dans les deux cas suivants :

1° Train engagé dans le circuit A et situé près de la pile de ce circuit ;

2° Solution de continuité (rail bond coupé ou rail cassé) dans le circuit A.

En alternant les polarités d'un circuit à l'autre et en employant des relais polarisés, cet inconvénient est complètement évité.

Circuit de voie à courant alternatif. — Le principe du circuit de voie est le même avec le courant alternatif qu'avec le courant continu ; les piles sont simplement remplacées par des transformateurs et les relais sont de types différents. Il faut toutefois ajouter la ligne de transmission qui fournit l'énergie aux transformateurs, et la source d'énergie qui l'alimente.

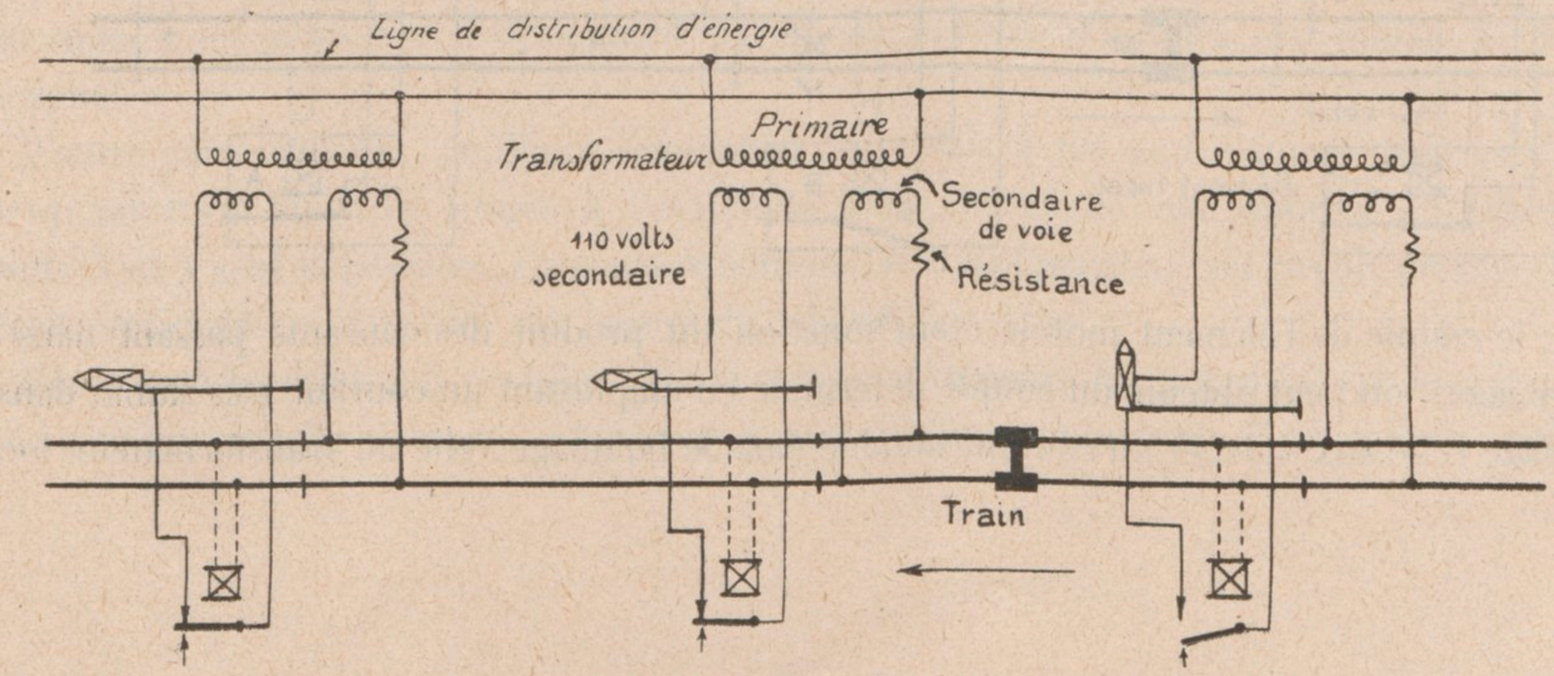
Source d'énergie et ligne de transmission. — L'énergie est fournie par une centrale ou une sous-station appartenant, soit à la Compagnie de chemin de fer, soit à une Société privée à laquelle le courant est acheté.

On emploie généralement du courant à 2.200 ou 4.400 volts, et à 25 ou 60 périodes, ces deux fréquences étant les seules qui soient d'un type commercial.

La ligne de transmission longe les voies et est montée sur poteaux en bois d'un côté du chemin de fer, les lignes télégraphiques et téléphoniques et les fils pour les circuits de voie et de signaux se trouvant de l'autre côté.

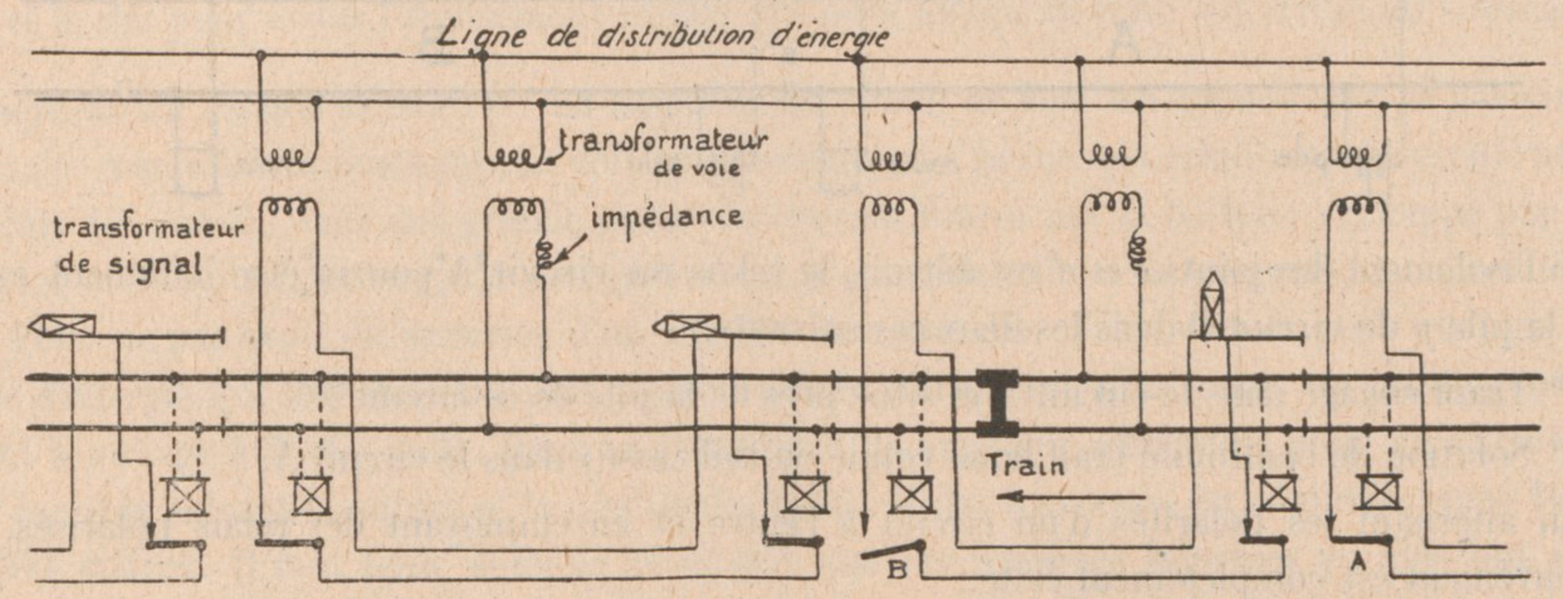
Circuit de voie. — Le circuit de voie peut être constitué exactement comme avec le courant continu, en mettant le transformateur à la sortie et le relais à l'entrée : c'est le circuit à alimentation en bout (end fed track circuit) (Fig. 6).

Fig. 6. — Circuit de voie a alimentation en bout.



Pour augmenter la longueur du circuit de voie, on a été amené à adopter une autre solution en plaçant le transformateur au milieu de la section et un relais à chaque extrémité ; c'est le circuit à alimentation centrale (center fed track circuit) (Fig. 7). Le voltage aux bornes du transformateur est le même qu'avec un circuit alimenté en bout de longueur moitié moindre.

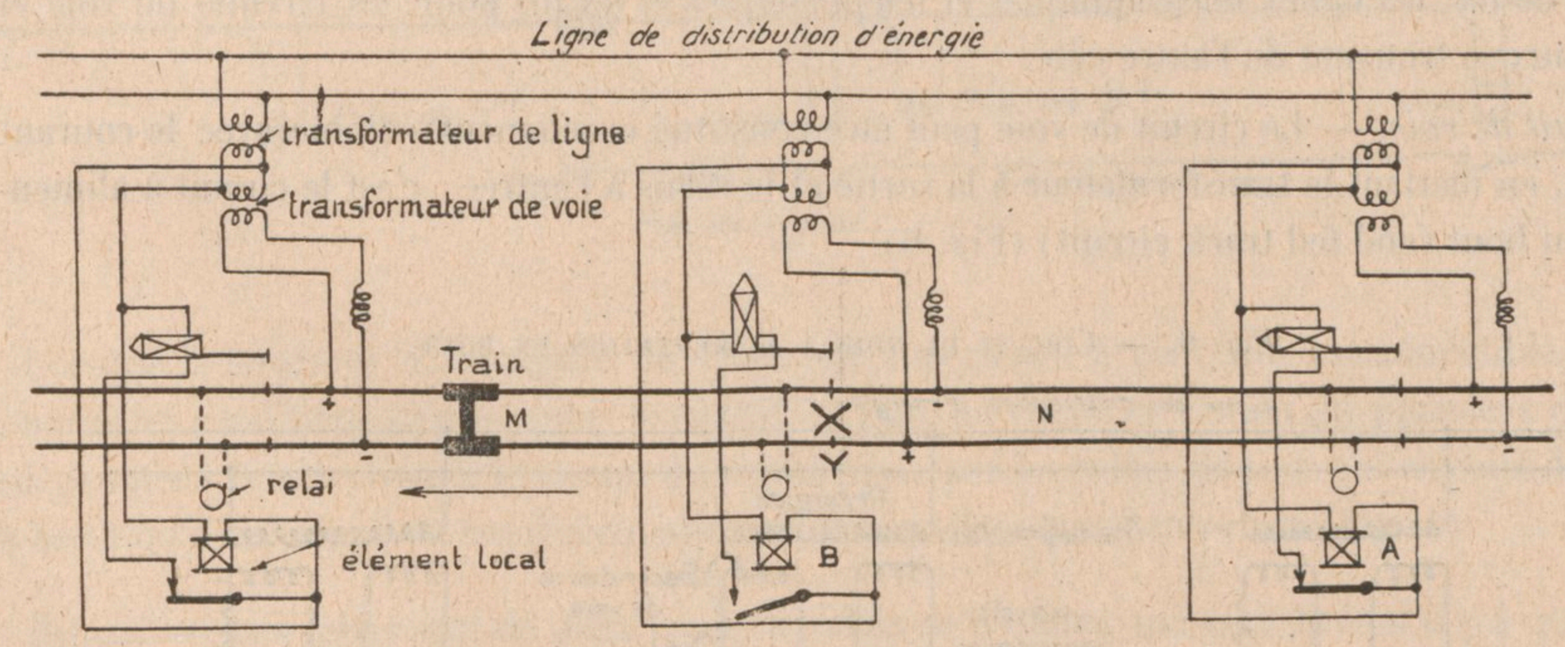
Fig. 7. — Circuit de voie a alimentation centrale.



Le circuit du signal doit naturellement passer par les deux relais de voie. Le prix du courant alternatif étant bien moindre que celui du courant continu produit par des piles, on peut admettre des pertes en ligne plus considérables et par suite un voltage plus élevé. Avec 20 volts, ce qui est le maximum de la tension employée, un circuit de voie peut atteindre une longueur de 3.500 mètres avec l'alimentation en bout et de 7.000 mètres avec l'alimentation centrale.

Relais. — Les relais peuvent être à un élément et recevoir tout leur courant des rails, comme dans le cas du courant continu, ou bien être à deux éléments. Ce dernier type est employé sur les circuits de voie de grande longueur. Il comporte deux bobinages distincts dont l'un est connecté aux rails et dont l'autre reçoit directement son courant d'un transformateur

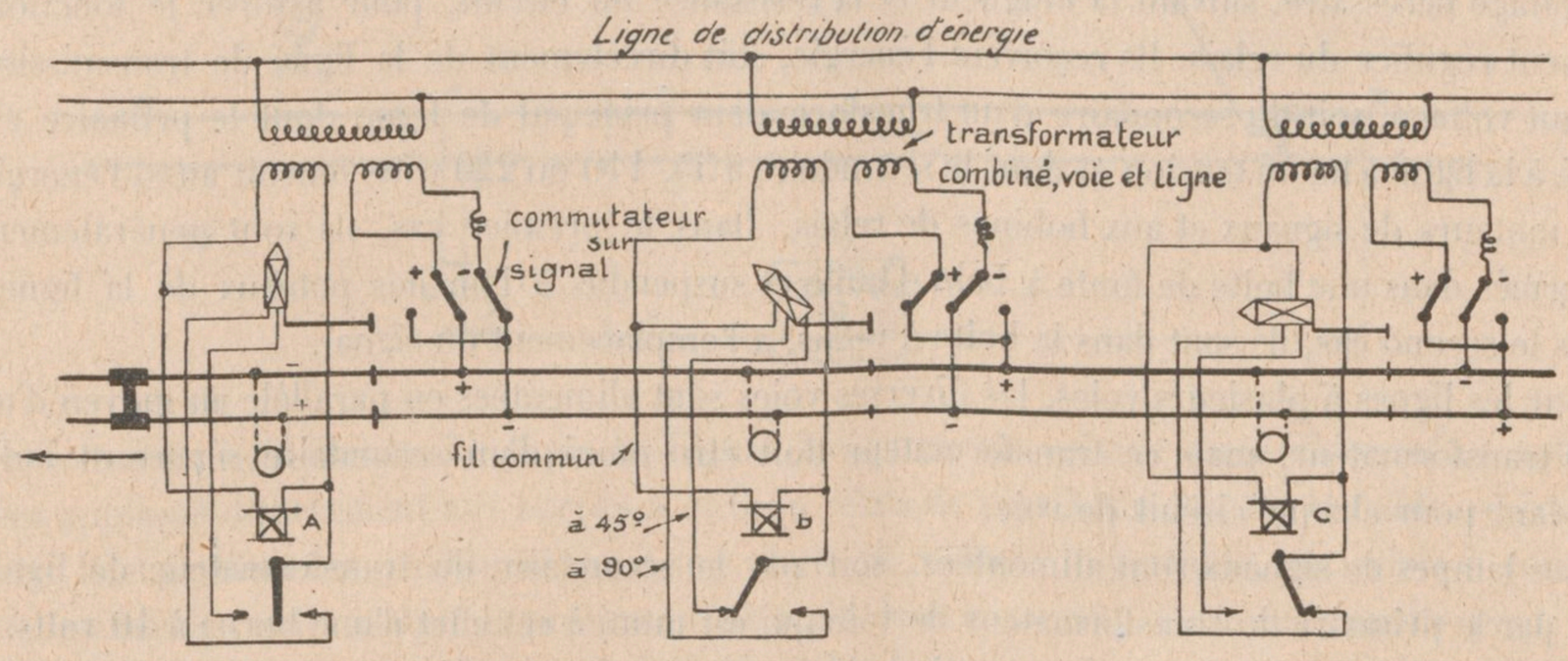
Fig. 8. — Relais a 2 éléments et 2 positions sur un circuit alimenté en bout.



local ; le couple de l'élément mobile étant fonction du produit des courants passant dans les 2 bobinages, on peut obtenir un couple déterminé en employant un courant très faible dans le bobinage relié aux rails, et un courant notable dans le bobinage relié au transformateur local ;

les pertes sont pratiquement nulles entre le transformateur local et le relais et, par suite, l'emploi d'une intensité relativement élevée est sans inconvénient ; par contre l'emploi d'un courant très faible dans le bobinage relié aux rails, permet de réduire le voltage sur le circuit de voie et, par suite, les pertes en ligne qui y sont importantes.

Fig. 9. — Circuit de voie polarisé sans fil avec relais a 3 positions.



Les relais à un élément sont nécessairement à deux positions. Les relais à deux éléments peuvent au contraire être à 2 ou 3 positions. La partie mobile peut en effet tourner dans un sens ou dans un autre selon le sens relatif du flux magnétique produit dans les 2 bobines par leurs courants respectifs. Une des bobines est reliée d'une façon permanente à son transformateur, mais la polarité de l'autre bobine peut être changée au moyen d'un inverseur solidaire du signal. La partie mobile est munie d'un contrepoids qui la ramène à la position médiane quand il y a un train dans la section ; quand la bobine reliée à la voie est excitée dans un sens (B Fig. 9), certains contacts sont établis, tandis qu'avec le fonctionnement de l'inverseur ce sont d'autres contacts (C Fig. 9) qui sont réalisés. On a ainsi un système de signalisation polarisé sans fil de ligne avec circuits de voie à courant alternatif, le relais de voie polarisé des circuits de voie à courant continu étant simplement remplacé par un relais de voie à 3 positions. Ces relais sont utilisés pour commander les signaux à trois positions.

Protection contre les défectuosités des joints isolants. — On remarquera qu'en raison de la possibilité de renverser le sens du courant de l'élément qui actionne les contacts, on peut obtenir une sécurité complète avec les relais à deux éléments, dans le cas de défectuosité des joints isolants, en renversant les polarités des circuits de voie contigus.

Par exemple, sur la Figure 8, la polarité des circuits de voie contigus M et N est différente. Par suite, si les joints X et Y deviennent défectueux, le relais B ouvrira son contact et fermera le signal.

D'autre part, dans des conditions semblables, un relais à un seul élément peut être excité lorsqu'un train court se trouve à l'extrémité d'un circuit de voie opposée au relais si les joints X et Y sont défectueux. Dans ces conditions, le transformateur du circuit de voie contigu serait pratiquement connecté aux bornes du relais B.

Même avec les relais à 3 positions, il est d'usage d'opposer les polarités sur les circuits de voie contigus de telle sorte que, si les joints isolants deviennent mauvais, l'indication « attention »

et non « voie libre » soit réalisée. Ceci est représenté sur la Figure 9 où les circuits de voie inoccupés ont des polarités inverses. Les enroulements locaux des relais sont connectés en conséquence.

Transformateurs. — Les transformateurs qui alimentent les circuits de voie sont toujours pourvus d'un certain nombre de bornes sur le secondaire, afin que l'on puisse obtenir facilement le voltage nécessaire, suivant la longueur et la résistance du circuit, pour assurer le fonctionnement régulier du relais. Ils reçoivent l'énergie, soit directement de la ligne de transmission à haut voltage, soit du secondaire d'un transformateur principal de ligne dont le primaire est relié à la ligne à haute tension et dont le secondaire à 55, 110 ou 220 volts fournit aussi l'énergie aux moteurs de signaux et aux bobines de relais. Dans le premier cas, ils sont généralement enfermés dans une boîte de fonte à bain d'huile et suspendus à l'un des poteaux de la ligne ; dans le second cas, ils sont dans la boîte à relais, à l'emplacement du signal.

Sur les lignes à plusieurs voies, les diverses voies sont alimentées en parallèle au moyen d'un seul transformateur, mais ce transformateur doit être muni d'un secondaire séparé et indépendant pour chaque circuit de voie.

Les lampes de signaux sont alimentées, soit par le secondaire du transformateur de ligne, soit par le primaire du transformateur de voie qui est muni à cet effet d'une borne à 10 volts.

De même que, avec le courant continu, il faut intercaler une résistance entre le rail et la pile, lorsque celle-ci est à faible résistance intérieure, de même, avec le courant alternatif, comme la résistance intérieure du transformateur est faible, il faut intercaler une résistance ou une impédance entre la voie et le transformateur pour éviter la mise en court-circuit de ce dernier. Comme résistance, on emploie quelques tours de fil de haute résistance spécifique et de section suffisante pour supporter le court-circuit sans chauffer. La bobine d'impédance consiste en quelques tours de gros fil enroulés sur un noyau de fer ; cette bobine a une grande self qui s'oppose au courant de court-circuit lorsqu'un train se trouve dans la section.

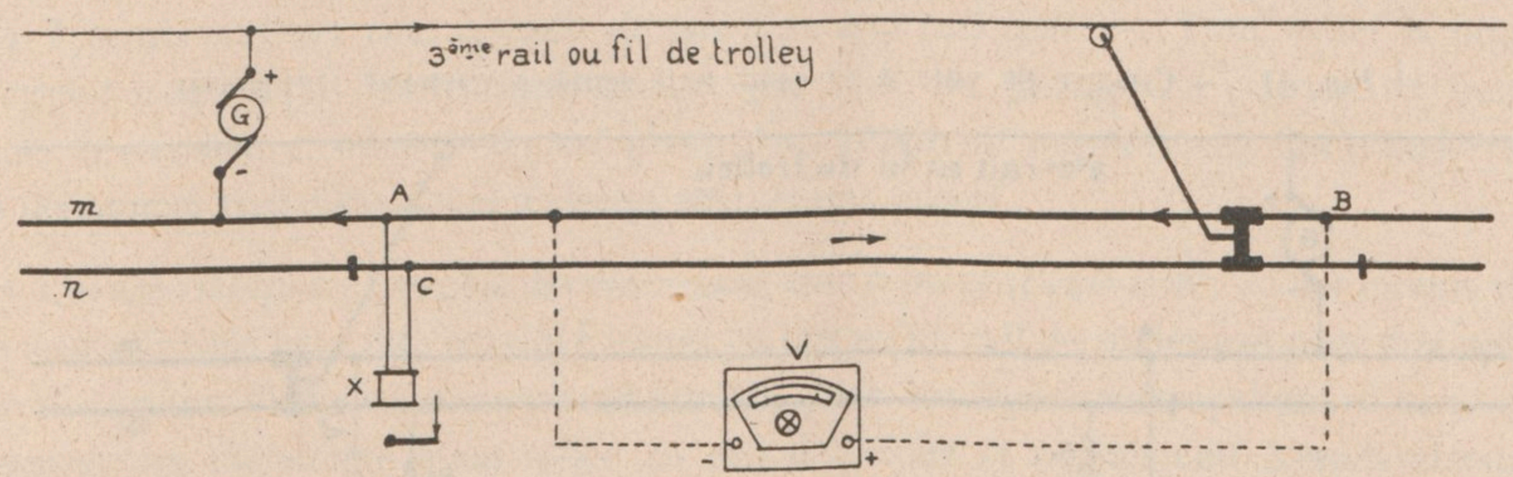
Circuits de voie sur les lignes à vapeur. — Sur les lignes à traction à vapeur, on peut indifféremment employer les circuits de voie à courant continu ou à courant alternatif. Ces derniers, plus chers d'établissement à cause de la ligne de transmission d'énergie, sont moins chers comme entretien du fait de la suppression des piles ; d'autre part, ils ne sont pas influencés par les courants vagabonds, et cette considération n'est pas sans importance aux Etats-Unis où il y a partout des réseaux électriques et des tramways ; ce sont eux que les Compagnies de signalisation américaines préconisent en ce moment.

Circuits de voie sur les lignes à traction électrique par courant continu. — Sur les lignes électrifiées, les circuits de voie sont identiques à ceux que nous avons décrits ; mais, comme les joints isolants qui séparent les files de rails en tronçons isolés s'opposeraient au retour du courant de traction, il a fallu adopter des mesures spéciales pour assurer ce retour.

On a d'abord spécialisé au retour du courant de traction l'une des files de rails qui n'était pas munie de joints isolants, en utilisant l'autre file de rails pour les circuits de voie. C'est ce qui est indiqué sur la Figure 10 où la continuité du rail *m* a été maintenue pour le retour du courant de traction vers la borne négative du générateur G de l'usine, le rail *n* étant partagé en sections isolées pour le courant de signalisation. Avec cette disposition, il se produit tout le long

du rail de retour *m*, une chute de voltage proportionnelle à l'intensité du courant de traction et à la résistance de ce rail. Soit un train en B, se déplaçant suivant la direction de la flèche.

Fig. 10.



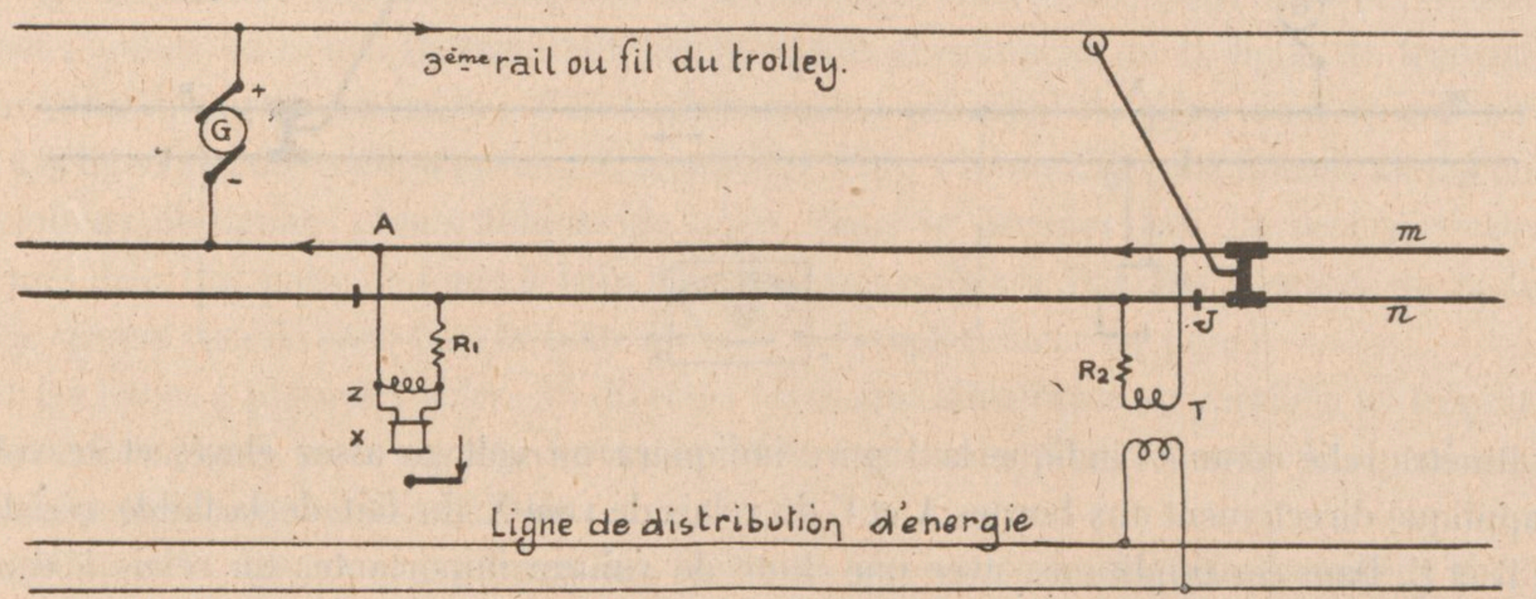
Un voltmètre relié comme l'indique la Figure indiquera un voltage assez élevé, et ce voltage sera appliqué directement aux bornes A et C du relais de voie X du fait de la faible résistance entre B et C. Dans ces conditions, avec une chute de voltage importante, un relais à courant continu serait excité, malgré la présence d'un train dans la section. Cette éventualité peut être écartée, en établissant des circuits de voie de faible longueur et en augmentant la section du conducteur de retour, soit en reliant le rail de retour à une structure métallique, comme dans le cas d'un métropolitain aérien, soit en disposant un câble de forte section en parallèle avec ce rail de retour ; on peut aussi placer les polarités des courants de traction et de signalisation en opposition, de telle sorte qu'un relais polarisé établira ses contacts avec le passage du courant de signalisation dans un enroulement et les coupera, au contraire, avec une augmentation de l'intensité du courant de traction.

Cependant, même avec un relais polarisé, le circuit de voie à courant continu présente un inconvénient sérieux, le sens du courant de retour de traction pouvant varier par suite d'un changement dans la distribution de la charge, suivant l'emplacement des trains par rapport aux usines génératrices. Aussi, comme les circuits de voie à courant alternatif utilisent des relais absolument insensibles au courant continu, c'est à eux qu'on a toujours recours maintenant sur les lignes électrifiées.

Circuits de voie à un seul rail isolé sur chemins de fer électriques à courant continu. — 1) *Description et théorie.* — Sur la Figure 11, le rail *m* assure la continuité du retour du courant de traction vers la station génératrice G, le rail *n* étant partagé en sections de block, au moyen de joints isolants. Suivant l'intensité du courant de retour de traction et la longueur du circuit de voie, un certain voltage de courant continu est appliqué aux bornes du relais à courant alternatif X, quand un train est dans la section, comme il a été expliqué plus haut. Mais, même quand aucun train n'est dans la section, un courant continu passe non seulement par les relais, mais encore par le secondaire du transformateur de voie T. L'intensité de ce courant suivra naturellement la loi d'Ohm, en variant directement avec la chute de voltage sur le rail de retour entre les deux points considérés et inversement avec la somme des résistances du relais et du secondaire du transformateur, y compris leurs câbles de connexion et les rails reliant le transformateur au relais.

Le courant continu passant ainsi à travers le relais et le transformateur ne nuit en aucune façon à la sécurité du système, les relais étant étudiés pour répondre seulement au courant alternatif. Toutefois, si le relais et le transformateur peuvent avoir une impédance élevée au courant de signalisation, leur résistance ohmique au courant continu de traction peut être très

Fig. 11. — CIRCUIT DE VOIE A UN SEUL RAIL ISOLÉ A COURANT ALTERNATIF.



faible. En conséquence, si des mesures ne sont pas prises, ces appareils peuvent être brûlés. D'autre part, les noyaux feuilletés du relais et du transformateur peuvent être saturés par le courant continu passant dans leurs enroulements. Dans ce cas, l'impédance du primaire du transformateur diminuant, un courant excessif serait prélevé sur la ligne de transmission.

2) *Résistances et impédances.* — A première vue, le moyen le plus pratique de limiter l'intensité du courant continu à travers le relais et le transformateur, est de placer une résistance en série sur le circuit, et c'est ce qui se fait généralement. Le cas choisi comme exemple Fig. 11, montre les résistances R^1 et R^2 placées entre le relais et la voie et entre le transformateur et la voie. Dans le cas de circuits de voie très courts, d'une centaine de mètres, et où des courants d'intensité moyenne, par exemple 1.000 ampères, passent dans le rail de traction, les résistances R^1 et R^2 peuvent être de simples fils de section convenable. Mais sur des lignes où circulent des trains très lourds, où les courants de traction peuvent atteindre 3.000 ampères et où les circuits de voie ont une assez grande longueur, des résistances grilles en fonte d'une grande capacité de rayonnement doivent être employées. Pour le transformateur, les résistances R^2 servent non seulement à s'opposer au passage du courant continu, mais encore à limiter le courant alternatif du court-circuit, quand un train est sur le circuit de voie.

Sur les lignes à courant de traction élevé, le relais de voie peut être encore protégé par une bobine d'impédance reliée à ses bornes, comme il est indiqué en Z (Fig. 11) ; cette bobine, qui est faite simplement de quelques tours de gros fil enroulés sur un noyau feuilleté, a une résistance ohmique beaucoup plus faible que celle du relais, et, en raison de sa self, s'oppose au passage du courant alternatif.

Les impédances, constituées par une bobine de fil sur un noyau de fer, ne sont jamais utilisées sur les circuits de voie à un seul rail isolé sur les chemins de fer électriques à courant continu, pour limiter le courant du court-circuit passant du transformateur à la voie, quand la section est occupée par un train, comme c'est le cas pour les circuits de voie sur lignes à vapeur. En effet, l'action magnétisante due au courant continu venant du rail de retour par

suite d'une chute de voltage, saturerait le noyau de fer d'une impédance et en conséquence détruirait sa réactance. La résistance ohmique limiterait seulement le courant du court-circuit du transformateur. Pour cette raison, une simple résistance est toujours employée pour les circuits de voie à un seul rail isolé, sur chemins de fer électriques à courant continu.

3) *Transformateurs pour circuits de voie à un seul rail isolé.* — Pour éviter la saturation du circuit magnétique des transformateurs, par suite du passage du courant de traction à travers le secondaire, un entrefer est prévu dans ce circuit magnétique. Ces transformateurs sont dénommés transformateurs à circuit magnétique ouvert.

4) *Caractéristiques et emploi des circuits de voie à un seul rail isolé.* — Le circuit de voie à un seul rail isolé peut être employé toutes les fois qu'un rail de roulement peut être spécialisé pour les signaux. Cette solution est admissible pour les lignes métropolitaines aériennes, la superstructure métallique étant reliée au rail de retour et augmentant considérablement la section offerte au retour du courant de traction ; elle ne l'est généralement pas pour les lignes parcourues par des trains électriques lourds, nécessitant des courants intenses pour lesquels une seule file de rails constitue une section insuffisante. Néanmoins, elle peut être encore employée dans ce cas, au voisinage des postes d'enclenchements, lorsque l'on dispose de plusieurs voies pouvant être accouplées pour le retour du courant. A ces endroits, le circuit de voie à deux rails isolés, qui nécessite des connexions inductives et des joints isolants sur les deux rails, est très encombrant, et le circuit de voie à un seul rail isolé possède des avantages importants : moindre dépense d'établissement, simplicité dans les appareils et économie d'énergie. Aussi les circuits de voie d'immobilisation d'aiguilles sont en général à un seul rail isolé.

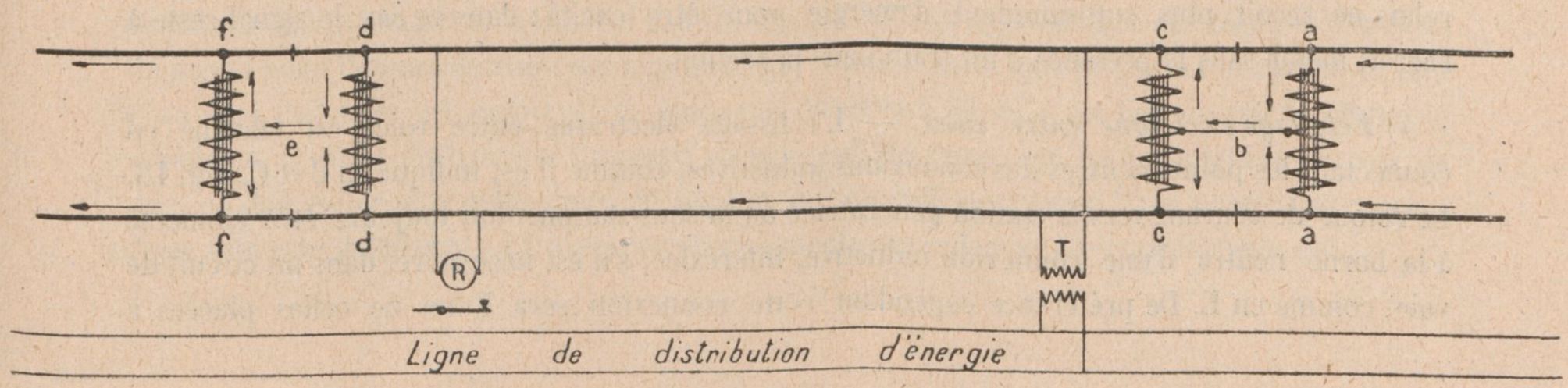
Circuits de voie à 2 rails isolés sur chemins de fer électrique à courant continu. — 1° *Description.* — Dans ce système, les deux rails de la voie sont sectionnés par des joints isolants, et le trait caractéristique est l'emploi, au droit des joints isolants, de la *connexion inductive* qui permet le passage du courant de retour de traction d'un circuit de voie à l'autre, et qui s'oppose à celui du courant alternatif de signalisation.

2° *Connexions inductives.* — Les connexions inductives consistent en un noyau de fer feuilleté sur lequel est enroulé un fil de cuivre de section appropriée à l'intensité du courant de retour de traction.

Au milieu de cet enroulement est branché un conducteur destiné à être relié au conducteur semblable de la connexion inductive du circuit de voie contigu.

Le mode de jonction des connexions inductives avec les rails et entre elles est indiqué à la Figure 12.

Fig. 12. — Circuit de voie a 2 rails isolés a courant alternatif.



Le courant de traction, que nous supposons du sens indiqué par les flèches, s'écoulera suivant *a, b, c, d, e, f*. Chaque moitié d'enroulement ayant la même résistance ohmique et étant parcouru par un courant égal mais de sens contraire, les forces magnétisantes se neutraliseront et aucun flux ne sera produit dans le noyau de fer. Les connexions inductives ont une faible résistance ohmique, mais leur résistance apparente au courant alternatif est très élevée.

Il s'ensuit que le courant alternatif de signalisation émanant du transformateur T s'écoulera presque entièrement par le relais R, dont la résistance apparente est beaucoup plus faible que celle des deux moitiés de l'enroulement de ces connexions qu'il devrait traverser *en série*.

Si ce n'était leur self, les connexions inductives mettraient en court-circuit le transformateur. La valeur de cette self dépend du degré de saturation du noyau de fer feuilleté, qui dépend lui-même de la répartition du courant de retour de traction entre les rails, c'est-à-dire dans les deux moitiés de l'enroulement des connexions inductives.

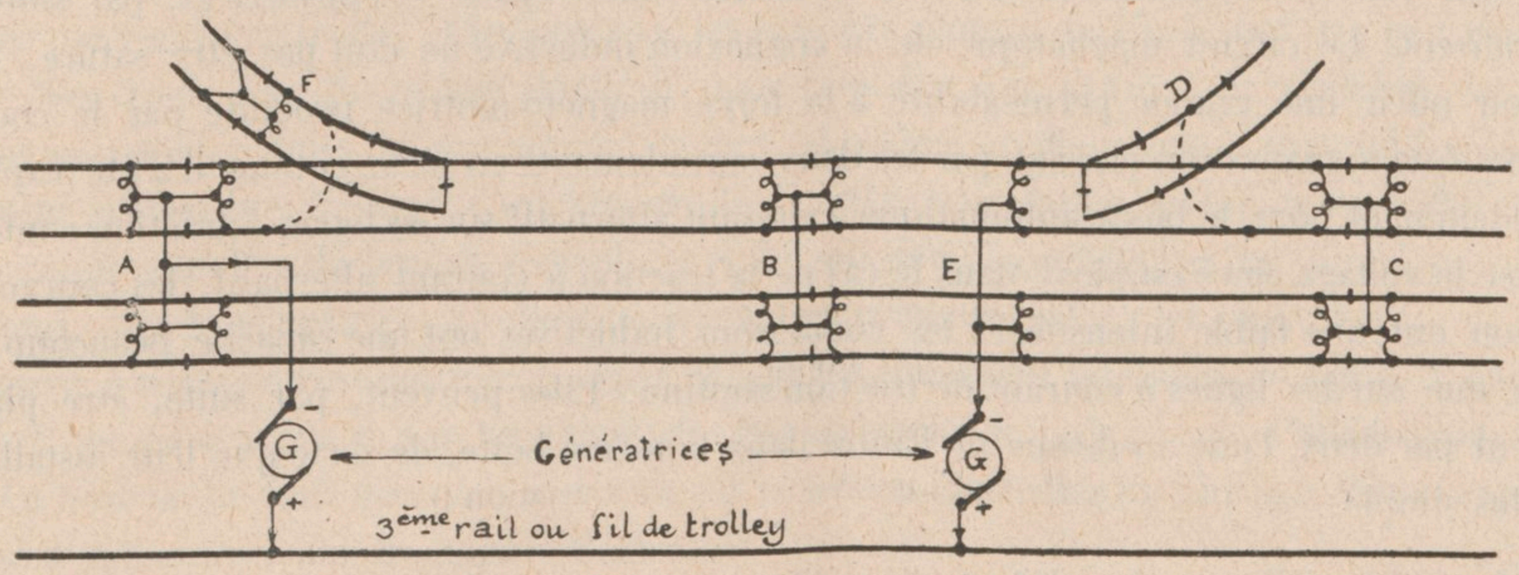
3) *Défaut d'équilibre.* — Avec un parfait éclissage électrique des rails, la résistance électrique de chaque file de rails serait identique et le courant de traction serait égal dans chacune de ces files, ainsi que dans les 2 moitiés de l'enroulement des connexions inductives et aucun flux ne serait créé dans le noyau. Cette condition, cependant, n'est pas réalisée si l'éclissage électrique est médiocre. La résistance sur un conducteur du circuit de voie sera donc augmentée et l'intensité qui passera dans ce rail sera moins grande que dans l'autre. D'où une force magnétisante plus grande dans une moitié de l'enroulement de la connexion inductive, que dans l'autre. La différence de courant est appelée *courant de déséquilibrage,* et son action consiste à magnétiser le noyau de la connexion inductive, en abaissant sa perméabilité et, par suite, sa self. Avec un courant élevé de déséquilibrage, le noyau peut être complètement saturé et dans ce cas, l'impédance de la connexion est complètement détruite. Pour éviter cet inconvénient, la plupart des connexions comportent un entrefer qui empêche la saturation du noyau par le courant continu de traction. Mais l'impédance est diminuée en raison de la haute réluctance de l'entrefer. En conséquence, une connexion inductive avec entrefer laissera passer plus de courant alternatif qu'une connexion inductive sans entrefer, mais, par contre, elle ne sera pas soumise au défaut d'équilibre du courant de traction. En pratique, les connexions inductives peuvent supporter, entre les deux rails de roulement, un défaut d'équilibre s'élevant jusqu'à 20 %, sans diminution de l'impédance, c'est-à-dire que la différence entre les courants de rails ne doit pas dépasser 20 % de leur somme.

L'économie réalisée est grande quand l'éclissage électrique des rails est maintenu en parfait état. Non seulement les pertes du courant de retour sont évitées, mais encore la perte de courant alternatif à travers les connexions inductives est éliminée. Si l'éclissage devient assez mauvais pour que la capacité de déséquilibrage des connexions inductives soit dépassée, l'intensité du courant alternatif de signalisation passant à travers la connexion est telle que le relais ne reçoit plus suffisamment d'énergie pour être excité ; dans ce cas, le signal reste à l'arrêt, même sans la présence d'un train dans la section.

4) *Éclissage électrique entre voies.* — L'éclissage électrique entre voies est effectué en connectant les points neutres des connexions inductives, comme il est indiqué en B et C, Fig. 13. Le retour de courant vers la station génératrice ou la sous-station, doit toujours être connecté à la borne neutre d'une connexion inductive, intercalée, s'il est nécessaire, dans un circuit de voie, comme en E. De préférence cependant cette connexion sera l'une de celles placées à

l'extrémité d'un circuit de voie comme en A, si l'emplacement de la station génératrice le permet, car il faut éviter d'intercaler une connexion inductive supplémentaire au milieu d'un circuit de voie, afin d'éviter une perte d'énergie supplémentaire dans ce circuit. Les voies de garage à une seule entrée, peuvent être isolées comme il est indiqué en D, Fig. 13, si le trafic n'y porte que sur un faible tonnage.

Fig. 13. — Eclissage électrique entre voies.



S'il y a un trafic considérable sur une longue voie de garage et s'il n'y a pas à portée un point neutre sur la voie principale, une connexion inductive simple doit être placée comme il est indiqué en F, et le point neutre de la connexion est relié aux deux rails au-delà des joints isolants.

Circuits de voie sur les lignes à traction électrique par courant alternatif. — Le trait caractéristique de ces circuits de voie est l'emploi d'un relais spécial. En général, aux Etats-Unis, les chemins de fer à traction électrique par courant alternatif emploient une fréquence de 25. Pour différencier le courant de traction du courant de signalisation, on emploie pour ce dernier une plus haute fréquence, en général celle de 60. Le relais de voie doit donc non seulement être insensible au courant continu (car les courants vagabonds provenant de lignes de tramways électriques voisins ne sont pas rares) mais, de plus, être capable de faire une sélection entre le courant de traction à 25 périodes et le courant de signalisation à 60 périodes.

Circuits de voie avec un seul rail isolé sur les chemins de fer électriques à courant alternatif. — Sur les lignes à traction par courant alternatif, aussi bien que sur les lignes à vapeur et les lignes à traction par courant continu, des circuits de voie de faible longueur, à un seul rail isolé, sont utilisés au voisinage des cabines d'enclenchements pour l'immobilisation des aiguilles. Ici, comme dans tous les cas où le circuit de voie à un seul rail isolé est employé, la longueur du circuit de voie est limitée par la chute de voltage du courant de traction alternatif dans le rail de retour, et, en installant un circuit de voie, on doit éviter que cette chute de tension ne soit suffisante pour faire passer un courant d'une intensité dangereuse à travers les enroulements des relais et des transformateurs.

Circuits de voie avec deux rails isolés et connexions inductives sur les chemins de fer électriques à courant alternatif. — Dans tous les cas où les circuits de voie sont de longueur importante, comme dans le block automatique, les circuits de voie avec deux rails isolés sont utilisés.

Les connexions inductives sont basées sur le même principe d'équilibre magnétique que pour les lignes à courant continu. En effet, le courant de traction, bien qu'alternatif, se divise en deux parties présumées égales entre les deux enroulements opposés des connexions, de telle sorte que les forces magnéto-motrices alternatives soient égales et opposées et, par suite, se neutralisent. Le circuit magnétique de la connexion inductive ne doit pas être saturé, pour pouvoir offrir une grande perméabilité à la force magnéto-motrice produite par le courant alternatif de signalisation passant par les deux enroulements en série, comme il a été expliqué précédemment pour le block automatique à courant alternatif sur les lignes à traction continue.

Avec le voltage élevé employé dans le cas de la traction à courant alternatif, les courants de traction ont une faible intensité et les connexions inductives ont une capacité beaucoup plus faible que sur les lignes à courant de traction continu. Elles peuvent, par suite, être placées souvent par deux, l'une au-dessus de l'autre dans la même boîte, de sorte que leur installation est plus simple.

Défauts d'équilibre. — Les défauts d'équilibre sont rares sur les lignes à traction par courant alternatif, non seulement en raison de la faible intensité des courants, mais surtout, parce qu'un courant plus intense passant dans une moitié de l'enroulement, induit un voltage dans l'autre moitié, tendant ainsi à faire passer un courant plus intense dans cette dernière — d'où régulation automatique. Pour cette raison, les connexions inductives ne sont pas calculées en prévision des défauts d'équilibre et, par suite, ne possèdent pas d'entrefer, en vue d'éviter la saturation du circuit magnétique.

II. — SIGNAUX.

Les signaux de block sont de deux types complètement distincts, les sémaphores et les signaux purement lumineux.

Sémaphores. — Les signaux à voyant enfermé dans une gaîne et manœuvré par électro-aimant du type « Banjo » paraissent complètement abandonnés et l'on n'emploie plus que les signaux à bras manœuvré par un moteur, ce dernier recevant son énergie, soit d'une pile, soit d'un transformateur branché sur une ligne de transmission de force à haute tension.

Les bras sont constitués par une palette pleine de $1^{m}50$ environ de longueur qui, suivant les systèmes, peut avoir 2 ou 3 positions. Dans tous les cas, la position horizontale de la palette commande l'arrêt. Dans le type à 2 positions, la voie libre est indiquée, soit par la position verticale, soit par la position inclinée à 60° sur l'horizontale. Dans le type à 3 positions, la verticale indique la voie libre et la bissectrice à 45° commande l'attention et indique en général que le sémaphore suivant est à l'arrêt. Pour les positions verticales, à 60° et à 45°, la palette peut être, soit au-dessous de l'horizontale (*l. q.*, lower quadrant), soit au-dessus (*u. q.*, upper quadrant) ; ce dernier type est le plus récent ; il présente l'avantage qu'en cas de dérangement la palette se met à la fermeture sous l'action de son propre poids, tandis que dans l'autre type,

un contrepoids est nécessaire ; d'autre part, lorsque la palette, verticale, est dirigée vers le sol, elle se confond avec le mât du sémaphore tandis que, si elle est dirigée en l'air, elle se projette sur le ciel et donne au mécanicien une indication beaucoup plus nette.

Le moteur du signal se trouve, soit à la base du mât, soit au sommet ; cette dernière disposition, qui est la plus récente, supprime les transmissions ; on en trouvera la description à l'Annexe I jointe à ce rapport.

Signaux purement lumineux. — Sur une ligne électrifiée, avec la toile d'araignée formée par les fils de trolley et les poteaux, les bras des signaux de block sont très peu visibles. Sur le New-York, New-Haven and Hartford, pour remédier à ce manque de visibilité, les feux des signaux sont allumés de jour comme de nuit, et, même en plein soleil, vers midi, ils sont bien plus visibles que les bras. C'est sans doute de cette constatation qu'est venue l'idée de la suppression complète du bras de sémaphore et de son remplacement par un signal purement lumineux, d'un type analogue à celui depuis longtemps en usage dans les souterrains.

Il existe à notre connaissance deux types de signaux purement lumineux, le signal à feux de position que nous avons vu sur les lignes du Pennsylvania aux abords de Philadelphie, et le signal à feux de couleur que nous avons vu sur la section électrifiée du Chicago Milwaukee and St-Paul à la traversée des Montagnes Rocheuses.

Dans le signal à feux de position, les différentes indications sont données par les diverses positions de feux blanc alignés suivant une verticale, une horizontale et la bissectrice à 45° ;

Fig. 14.

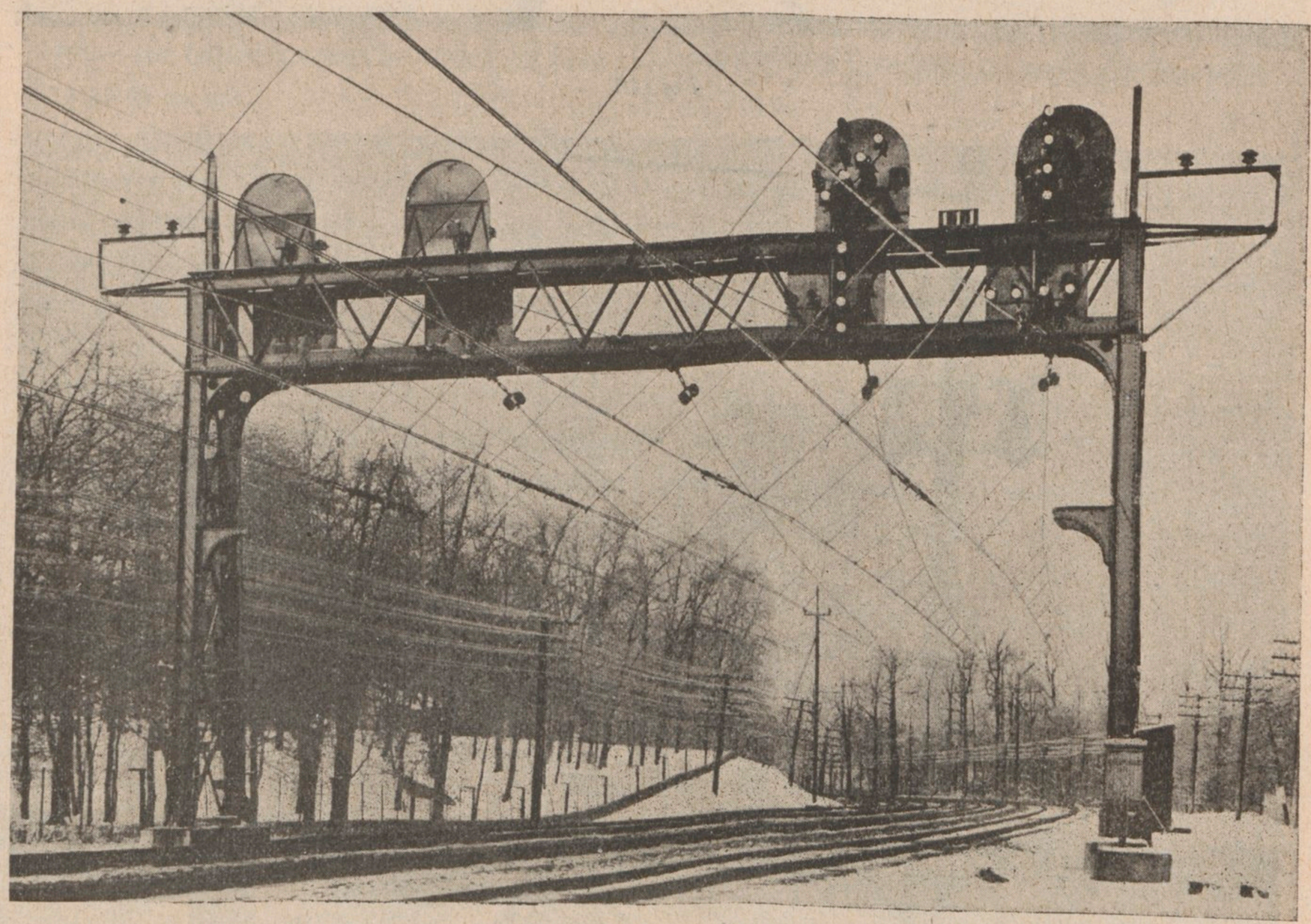
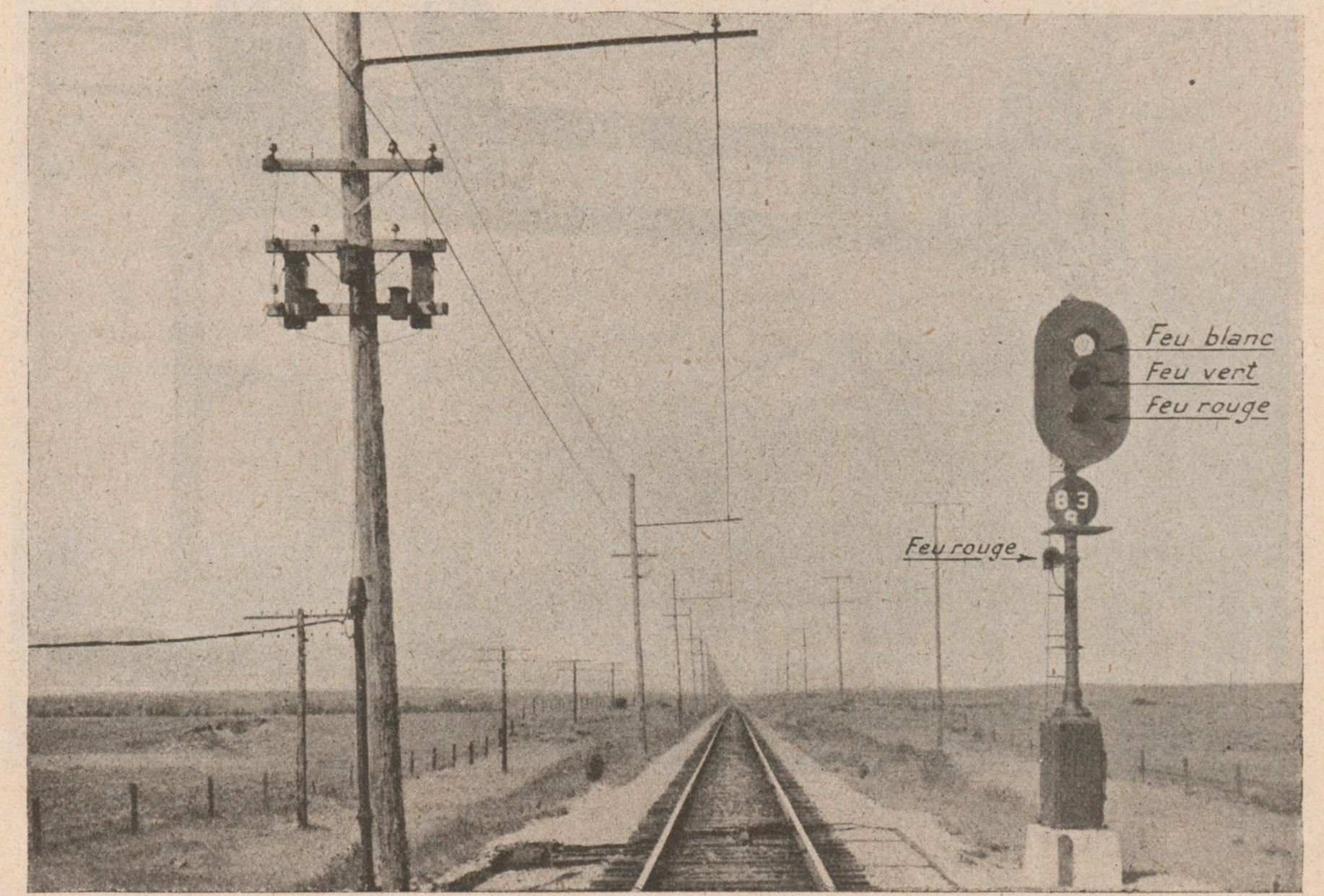


Fig. 15.

Feu blanc
Feu vert
Feu rouge
Feu rouge

Fig. 16.


Feu blanc
Feu vert
Feu rouge
Feu rouge

lorsque la file verticale est allumée, le signal est à l'ouverture ; lorsque c'est la file horizontale qui est allumée, il est à la fermeture, et lorsque c'est la bissectrice à 45°, il commande l'attention. En somme, le bras du sémaphore est remplacé par une ligne de feux, chaque ligne étant constituée par 4 feux (Fig. 14).

Dans le signal à feux de couleur, les indications sont seulement données par la couleur des feux, et il n'y a qu'un feu allumé simultanément (Fig. 15-16).

On pourrait également utiliser un système mixte employant des files de feux de position et des couleurs différentes. Nous n'en connaissons pas d'exemple.

Ces signaux présentent, sur les signaux ordinaires à bras, un certain nombre d'avantages :

1° La dépense d'établissement est moindre ;

2° Toutes les parties mobiles étant supprimées, sauf les relais de contrôle, le nombre des dérangements est moindre, l'entretien est plus simple et moins coûteux ;

3° Lorsque les conditions atmosphériques sont mauvaises ou lorsque le signal se profile sur un fond défavorable, les signaux lumineux sont plus visibles ; en cas de brouillard, notamment, ces signaux présentent un avantage indiscutable.

Le signal à feux de position ne peut se placer que dans les endroits où l'on est pas limité par le gabarit, car, l'écartement entre deux feux voisins étant de $0^m,45$, l'ensemble du signal mesure environ $1^m,60$ en hauteur comme en largeur. Il ne peut être employé dans les tunnels.

Le signal à feux de couleurs nécessite seulement l'emplacement pour mettre 3 feux, qu'on peut grouper comme on veut, suivant la place dont on dispose ; il est à ce point de vue beaucoup plus maniable et est plus particulièrement indiqué dans les tunnels ; les métropolitains souterrains s'en servent exclusivement.

Tous ces signaux sont enfermés dans une sorte de caisse en tôle noire qui forme un fond sombre sur lequel les feux se détachent bien ; les lentilles sont protégées du soleil par une sorte de visière en tôle.

Pour les signaux à feux de position, il n'existe que deux types, l'un pour signaux hauts à longue distance qui doivent être visibles à 1200 ou 1500 mètres, et l'autre pour signaux bas à courte distance. Chaque feu utilise deux lampes de 20 watts, sous-voltées pour augmenter leur durée, montées en parallèle l'une derrière l'autre, de manière que, si l'une vient à brûler, l'autre continue à éclairer. Les feux des signaux hauts à longue distance sont munis de lentilles de $0^m,136$ de diamètre ; ceux des signaux bas, de lentilles de $0^m,100$.

Pour les signaux à feux de couleurs, il existe trois types, à longue, à moyenne et à courte distance. Pour les signaux à longue distance, afin d'augmenter leur puissance et de réduire leur dimension, on emploie deux lentilles accolées. Les lentilles extérieures ont actuellement $0^m,22$ de diamètre, $0^m,10$ de distance focale, et sont en verre blanc. Ce sont les lentilles intérieures qui sont en verre coloré. Lorsque la voie devant le signal est en courbe, on ajoute à la lentille un anneau établi de manière à augmenter la dispersion des rayons lumineux dans la direction de la courbe. Chaque feu utilise deux lampes ; pour la puissance lumineuse, la lampe qui est placée au foyer du système optique est une lampe à filament extrêmement concentré, de très faible voltage (6 volts) ; la lampe située en arrière, qui n'est qu'une lampe de secours, est de type ordinaire. Pour augmenter leur durée, ces lampes sont légèrement sous-voltées. L'ensemble de ces deux lampes consomme 40 à 50 watts. La construction doit être soignée, afin que le centrage de la lampe soit aussi exact que possible, à raison de la faible dimension du filament lumineux. Pour les signaux à moyenne distance, on se sert des mêmes lentilles, mais en

employant des lampes ordinaires. Pour les signaux à courte distance, on se sert de lentilles plus petites et de lampes ordinaires.

On emploie maintenant aussi une lampe témoin de 8 watts fixée au mât un peu au-dessous du signal et allumée constamment. Cette lampe a pour but d'indiquer au mécanicien la présence du signal ; si celui-ci ne donne pas d'indication, il doit s'arrêter. Par suite, si la lampe du signal vient à brûler, c'est la lampe témoin qui assure la sécurité et les lampes de secours du signal sont supprimées

Sur le Chicago Milwaukee and St-Paul, qui a équipé en bloc automatique à signaux purement lumineux sa ligne électrifiée des Montagnes Rocheuses, de Harlowton à Avery sur une longueur de 440 milles, les deux lampes de chaque feu consomment ensemble 50 watts, ce qui donne par signal une consommation de 1.200 watts par jour et de 438 kilowatts par an. Cette puissance est suffisante et, par une belle journée, lorsque le tracé de la voie le permettait, nous avons vu les feux blancs à plus d'un kilomètre de distance vers midi et à près de 2 kilomètres à la fin de l'après-midi, Pour l'entretien du block sur toute cette ligne, il y a 9 agents ; ils ont d'ailleurs toutes facilités pour faire leurs tournées car le nombre des trains est assez faible, et ils disposent de tricycles ou de quadricycles à pétrole à grande vitesse faciles à dérailler et à réenrailler.

III. — APPLICATION DES CIRCUITS DE VOIE AU BLOCK AUTOMATIQUE.

Circulation en double voie. — En double voie, le block automatique utilise les circuits de voie comme nous l'avons dit.

Avec les signaux à 2 positions, le signal d'entrée du canton n'est commandé que par le circuit de voie de ce canton ; il reste à l'arrêt tant que le canton est occupé, et il revient à voie libre dès que le canton est libre. Si l'on veut indiquer à l'avance au mécanicien la position du sémaphore, il faut avoir des sémaphores à 2 bras, le bras supérieur constituant le home signal et commandé par les circuits de voie, le bras inférieur constituant le distant signal et commandé par la position du home signal qui le surmonte et du home signal qui le suit. De la sorte, un mécanicien verra d'abord le distant signal d'un sémaphore à l'arrêt, et trouvera ensuite à l'arrêt les 2 signaux du sémaphore suivant.

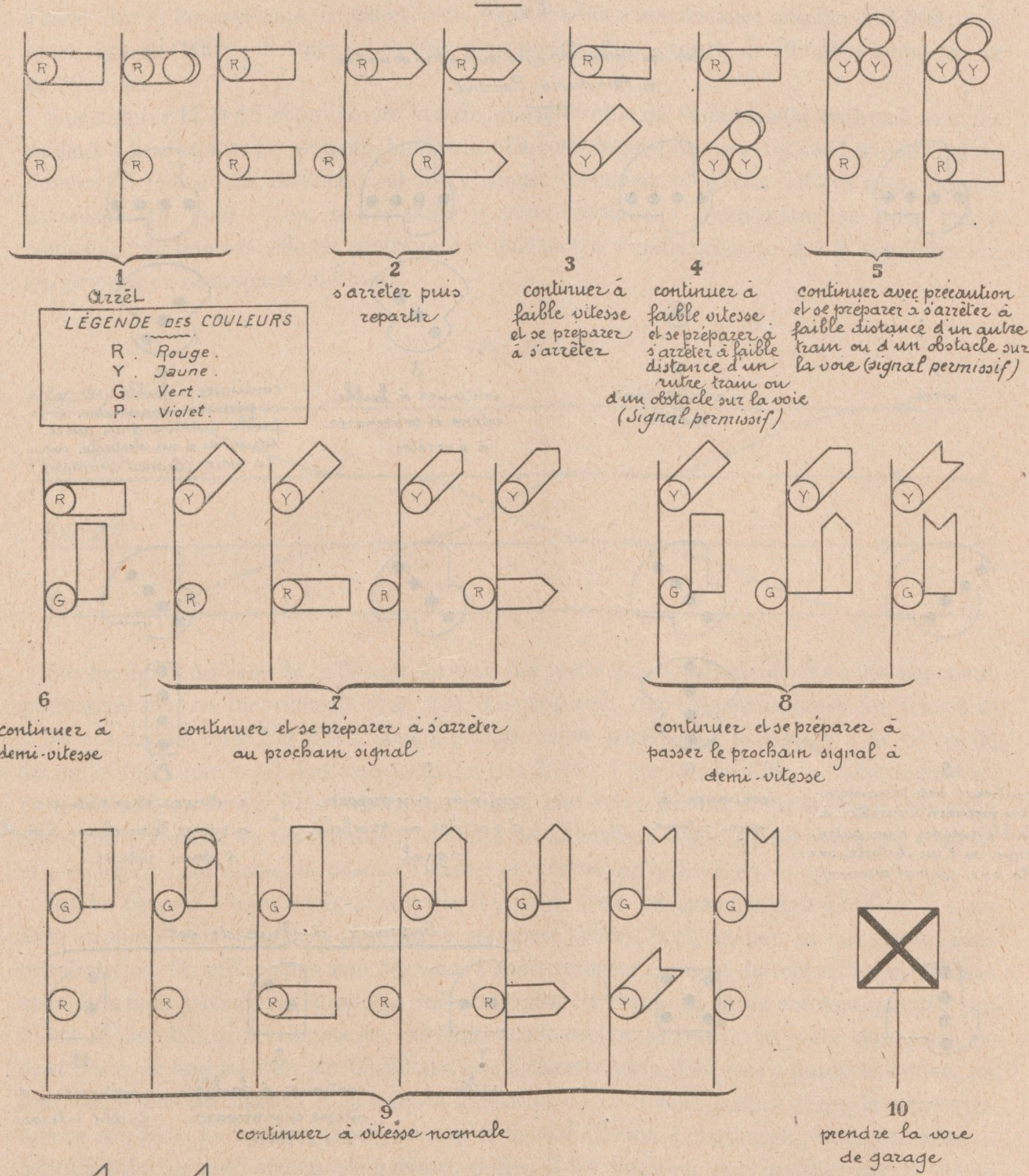
Avec les signaux à 3 positions, le signal d'entrée du canton est commandé d'une part par le circuit de voie du canton, d'autre part soit par le circuit de voie du canton suivant, soit par le signal d'entrée de ce canton ; lorsque le train quitte le canton, le signal se met à la position attention, et il ne revient à voie libre que quand le canton suivant est libre. Les circuits sont d'ailleurs établis de façon que le signal, étant à l'ouverture, se mette à la position attention, si le canton suivant vient à être occupé. De la sorte, les signaux, outre leur fonction propre, jouent le rôle d'avertisseurs et indiquent la position du signal suivant.

Nous donnons plus loin, en annexe, la description de deux types de block automatique avec signaux à 3 positions utilisant, l'un des signaux lumineux et l'autre des sémaphores.

Sur les lignes métropolitaines, où, dans certains cas spéciaux, comme l'entrée des stations ou le passage dans des courbes très raides, les longueurs des cantons ne sont que de 40 à 50 mètres, les signaux sont commandés par les circuits de voie de plusieurs cantons, de manière qu'un train soit toujours couvert à distance de freinage. Sur les lignes de chemin de

Fig. 17.

Code des signaux sémaphoriques à bras du Pensylvania-Railroad



fer d'intérêt général, ce cas ne se présente qu'à l'entrée des grandes gares ; en voie courante, la distance entre signaux doit être au moins égale à la distance de freinage, lorsqu'il s'agit du

Fig. 18.

Code des signaux sémaphoriques à feux de position du Pensylvania - Railroad.

1
arrêt

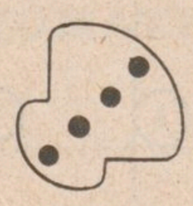
2
s'arrêter puis repartir

3
continuer à faible vitesse et se préparer à s'arrêter

4
continuer à faible vitesse et se préparer à s'arrêter à faible distance d'un autre train ou d'un obstacle sur la voie. (Signal permissif)

5
continuer avec précaution et se préparer à s'arrêter à faible distance d'un autre train ou d'un obstacle sur la voie (Signal permissif)

6
continuer à demi-vitesse



7
continuer et se préparer à s'arrêter au prochain signal

8
continuer et se préparer à passer le prochain signal à demi-vitesse

9
continuer à vitesse normale

10
prendre la voie de garage

Signaux à fleur de sol

1
arrêt

3
continuer à faible vitesse et se préparer à s'arrêter

11
continuer à faible vitesse

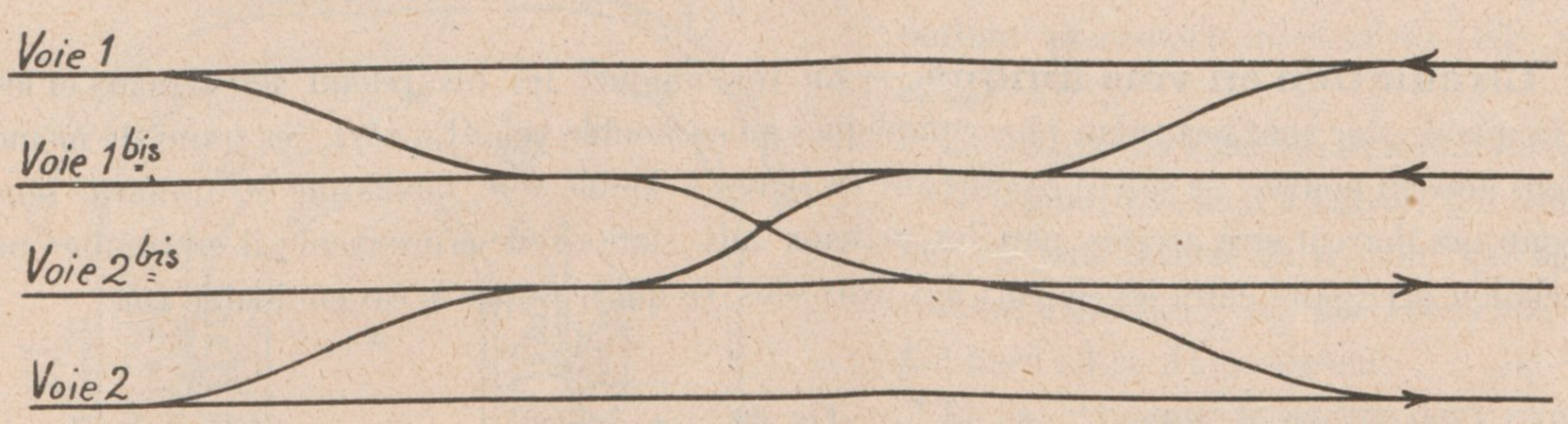
Nota.

La demi vitesse ne doit pas dépasser 30 milles à l'heure
La faible vitesse ne doit pas dépasser 15 milles à l'heure

block avec signaux à 2 positions, un train devant pouvoir s'arrêter entre 2 signaux ; avec les signaux à 3 positions, la distance entre signaux doit être telle que d'un signal au suivant le mécanicien puisse, soit réduire sa vitesse à 30 milles, soit passer de la vitesse de 30 milles à l'arrêt. Sur le Pennsylvania, en palier, cette règle conduit à une distance minima de 3.000 pieds entre signaux (900^{m}), distance nécessaire pour passer d'une vitesse de 70 milles à une vitesse de 30 milles.

Les Figures 17 et 18 reproduisent le code sémaphorique du Pennsylvania Railroad, avec les signaux à bras et avec les signaux lumineux. La combinaison des bras ou des feux permet de donner 11 indications distinctes, et il n'y aurait certainement aucun intérêt à en donner davantage. On peut même se demander si cette multiplicité d'indications ne prête pas à confusion ; en tous cas, elle est contraire à la tendance à l'uniformisation et à la simplification qui prévaut en ce moment en France.

Fig. 19.



Sur les lignes à 4 voies de ce Réseau, au droit des postes d'enclenchements, il y a des diagonaux permettant tous les mouvements (Fig. 19). Les appareils des diagonaux entre les voies 1 et 1 bis et entre les voies 2 et 2 bis, sont à grands rayons permettant le passage à la vitesse de 30 milles (48 kilomètres). Les express passent de la voie 1 sur la voie 1 bis ou réciproquement, et de la voie 2 sur la voie 2 bis ou réciproquement, sans avis préalable et sur la simple indication des signaux avancés, en réduisant leur vitesse à 48 kilomètres. Pour utiliser la bretelle centrale et s'engager à contre-voie, ils doivent s'arrêter et recevoir un ordre écrit.

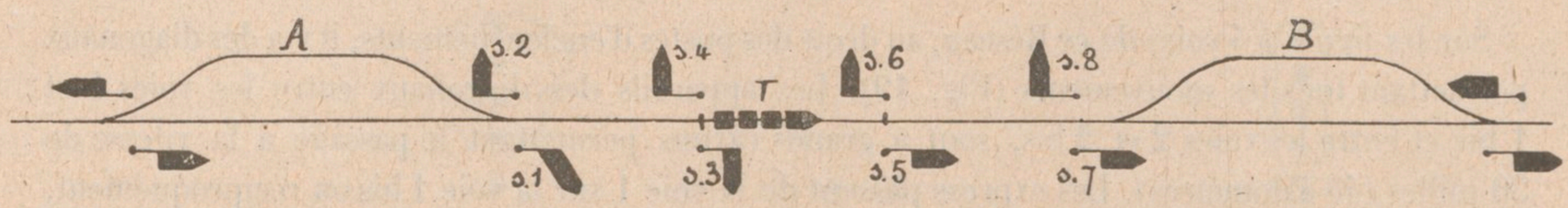
Sur les lignes à 4 voies à très gros trafic, il peut y avoir un grand intérêt à utiliser 3 voies dans un sens et une seule dans l'autre si, à certaines heures, la circulation se fait surtout dans une direction. On utilise alors une des voies à contre-sens au moment du fort mouvement dans cette direction. Dans ce cas, l'une des voies centrales est munie du block automatique pour les 2 sens de circulation. A chacune des extrémités de la section se trouve un poste. Après que les deux postes se sont assurés, par téléphone, que le dernier train d'un sens a quitté la section, on renverse le sens des signaux et la voie est utilisée dans l'autre sens, jusqu'à ce que la manœuvre inverse soit faite. Ce système fonctionne sur la ligne d'Altoona à Pittsburgh, entre Shéridan et South Forth, sur une longueur de quelques milles. Il est question de l'installer sur la même ligne, de part et d'autre du point culminant, entre Gallitzin et Summerhill sur une distance d'environ 15 milles ; sur cette section les déclivités sont de 10 mm. dans un sens et de 18 mm. dans l'autre ; les trains de charbon montent avec 5 machines, 2 en tête et 3 en queue ; au sommet, on les reçoit sur une voie d'évitement sur laquelle on vérifie les freins avant la descente, et on décroche les 3 machines de pousse, qui retournent à leur point de départ.

Sur les Elevated de New-York (lignes métropolitaines aériennes) il y a 3 voies, 2 voies extérieures lentes desservant toutes les stations, et 1 voie centrale rapide ne desservant que les stations importantes ; au droit de ces stations, la voie centrale se relève et l'on à une gare à 2 étages afin de ne pas élargir la superstructure. La voie centrale est bloquée dans les 2 sens : le matin, elle sert exclusivement aux express partant de la périphérie et se dirigeant vers le quartier des affaires, et le soir, elle sert exclusivement en sens inverse. Les voies latérales ne sont pas munies de signaux dans les alignements, elles n'en ont que dans les courbes. Sur les voies d'express, les signaux sont expacés de 800 pieds (240 m.) en voie courante et en palier ; cette distance est très réduite et peut descendre à 50 m. environ aux abords des stations en courbes et dans les pentes.

Les Subways (métropolitains souterrains) ont 4 voies, dont 2 pour les express. Les voies d'express sont bloquées et les signaux sont placés à des distances analogues à celles en usage sur les Elevated. Les voies latérales ne sont également signalisées que dans les courbes et au droit des diagonaux les reliant aux voies express.

Circulation en voie unique. — En voie unique, les fils reliant les signaux et les circuits de voie sont beaucoup plus compliqués qu'en double voie. En effet, les trains de même sens doivent pouvoir se suivre comme sur les lignes à double voie, tandis que les trains de sens contraire doivent être arrêtés par les signaux aux stations de croisement ; il en résulte une relation nécessaire entre les signaux des deux sens, ce qui n'est pas le cas en double voie.

Fig. 20.



Soient 2 stations A et B, dont l'intervalle est divisé en 3 cantons (Fig. 20). Les 8 sémaphores s_1 à s_8 sont enclenchés électriquement de manière que, dès qu'un train T quitte la station A pour se diriger sur B, les sémaphores de sens contraire s_2, s_4, s_6 et s_8 se mettent à l'arrêt et y restent tant que le train ne sera pas entré dans la station B ; quant aux sémaphores s_1, s_3, s_5, et s_7 qui sont à l'ouverture, ils se mettront automatiquement à l'arrêt au passage du train, comme sur une ligne à double voie, et, si l'on emploie des signaux à 3 positions, on aura successivement : le sémaphore s_1 à l'arrêt quand le train sera dans le premier canton, le sémaphore s_3 à l'arrêt et le sémaphore s_1 à 45° quand le train sera dans le 2e canton, les sémaphores s_5 à l'arrêt, s_3 à 45° et s_1 ouvert quand le train sera dans le 3e canton, et enfin s_7 à l'arrêt, s_5 à 45°, s_3 et s_1 ouverts quand le train sera dans la station B.

On a ainsi le maximum de sécurité, mais une très grande complication des fils. Aussi lorsqu'il s'agit de lignes sur lesquelles la circulation n'est pas considérable ou la vitesse pas très grande, on simplifie les conditions. C'est le cas pour le block à signaux lumineux du Chigago, Millwaukee and St-Paul à la traversée des Montagnes Rocheuses, dont nous donnons une descriptiou en annexe.

Le block automatique établi avec cantons courts sur une ligne à voie unique est très coûteux,

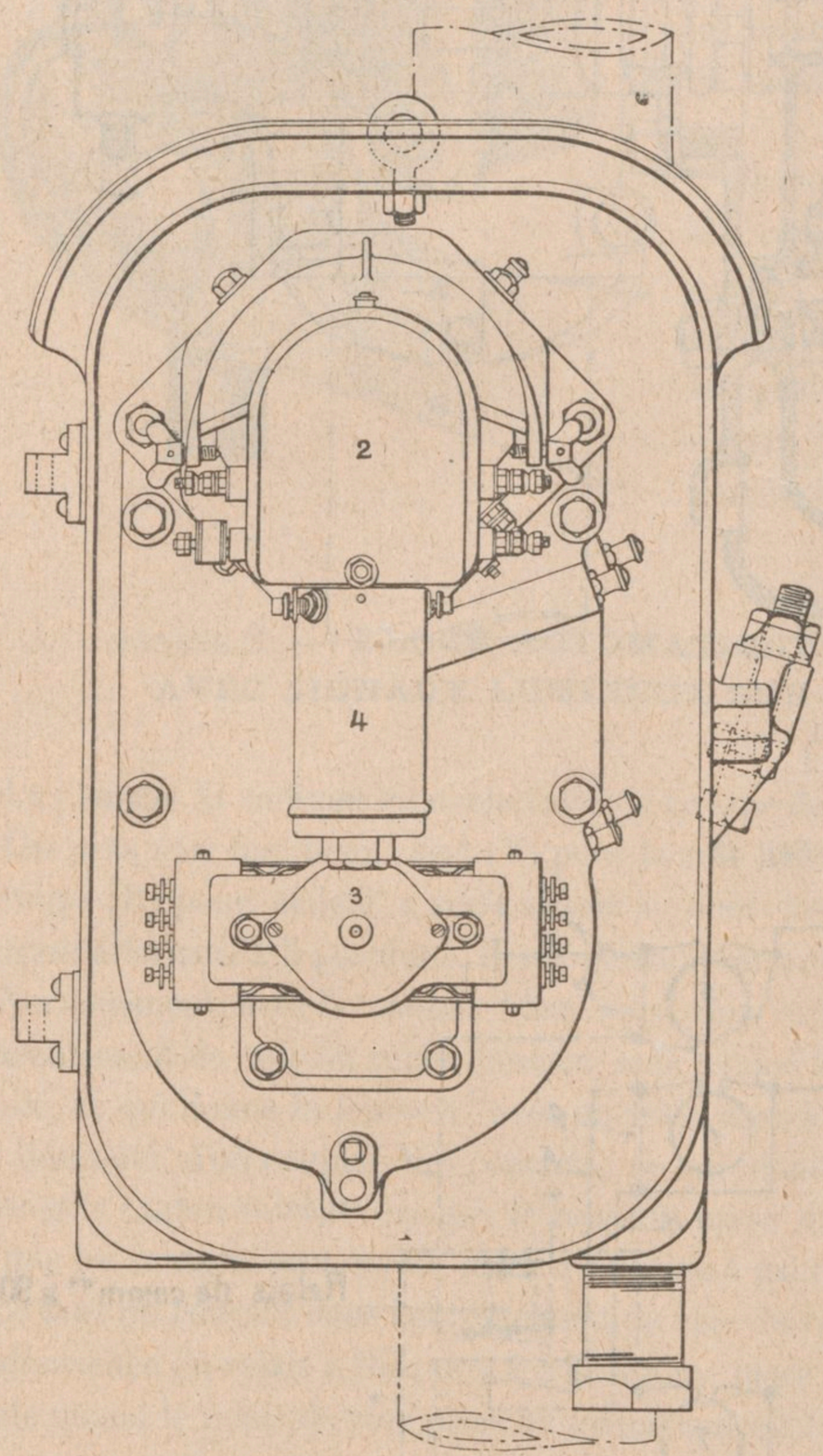
mais il permet d'augmenter dans une proportion considérable le débit. On peut ainsi retarder beaucoup le moment où la ligne devra être doublée, surtout si l'accroissement de trafic n'est pas très rapide. A ce point de vue, son adoption sur les lignes à voie unique arrivées à la limite de leur capacité est extrêmement intéressante.

Annexe 1. — SIGNAL TYPE T²

C'est un signal à moteur au sommet du mât, à manœuvre par courant continu ou par courant alternatif.

En courant continu, le mécanisme comprend un moteur à courant continu (1), un électro-aimant de maintien ou slot (2 & 4) servant à maintenir le signal à la position 45° ou à la position 90° et de plus à commander le circuit à 45°, et un commutateur (3) portant les contacts nécessaires (Fig. 21 et 22).

Fig. 21.



La commande à 90° nécessite un relais.

Le signal, revenant à l'arrêt, fait tourner en sens inverse le moteur qui agit comme génératrice sur une résistance et fait ainsi office d'amortisseur.

La fig. 23 donne le schéma des circuits du moteur à bas voltage.

Dans le cas du moteur à courant alternatif, le slot est remplacé par un frein d'induction calé directement sur l'arbre du moteur.

L'ensemble du mécanisme est contenu dans une boîte en fonte qui se fixe par 4 boulons sur le mât de signal, la palette sémaphorique étant calée sur un arbre relié à celui du moteur par un train d'engrenage.

Mouvement du signal de 0 à 45°. — Le courant de commande excite l'électro-aimant de maintien ou slot 4 par fil A, contact 6, fil B, faible résistance de l'électro, fil C, contact 8, fil D, moteur et retour commun.

Le slot, ainsi excité, lève le doigt 9, ouvre le contact 8, les deux résistances de l'électro sont en série et l'électro reste excité par fil E. Le contact 10 ferme le circuit du moteur par contact 5, fils G et D.

Fig. 22.

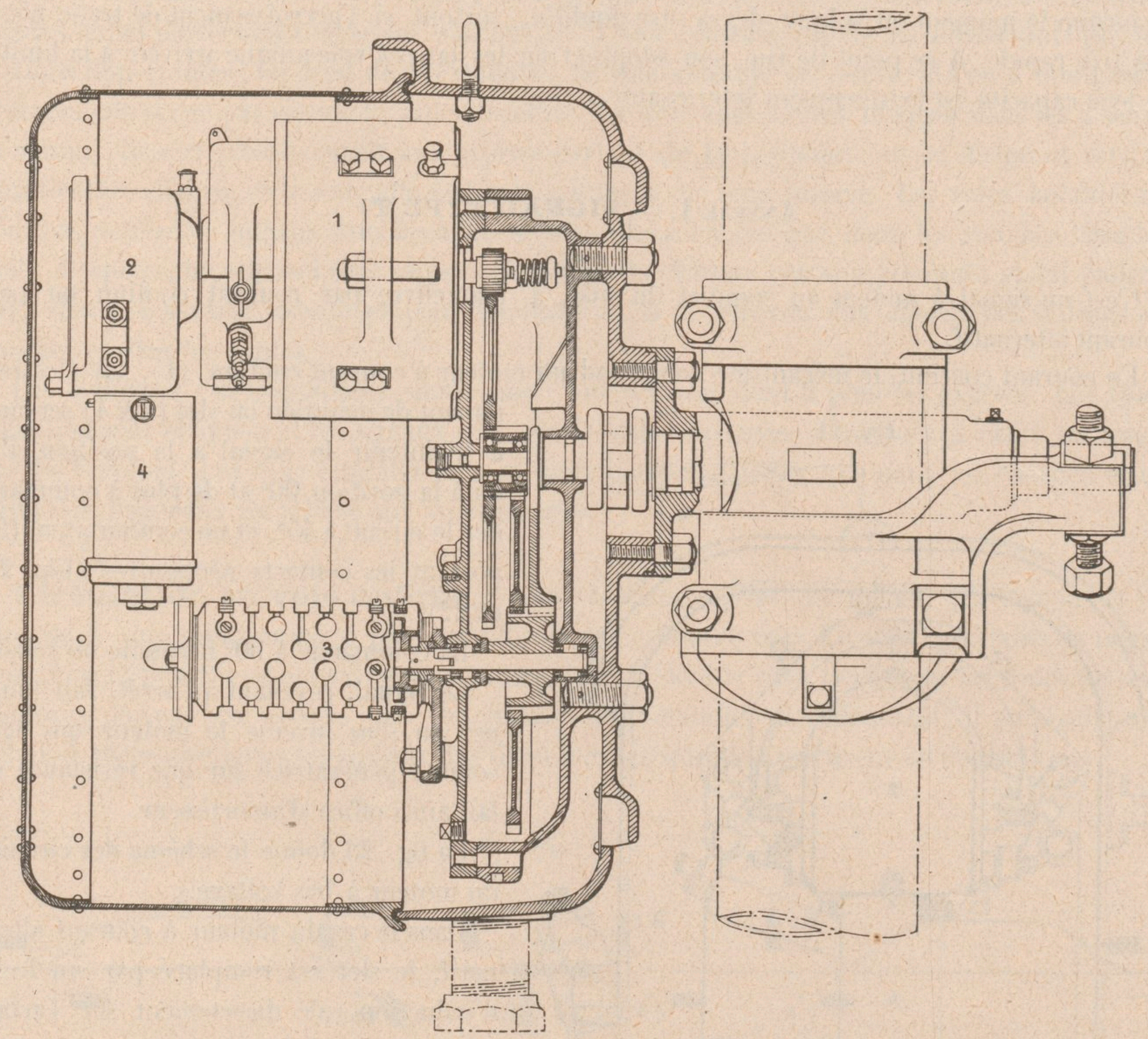
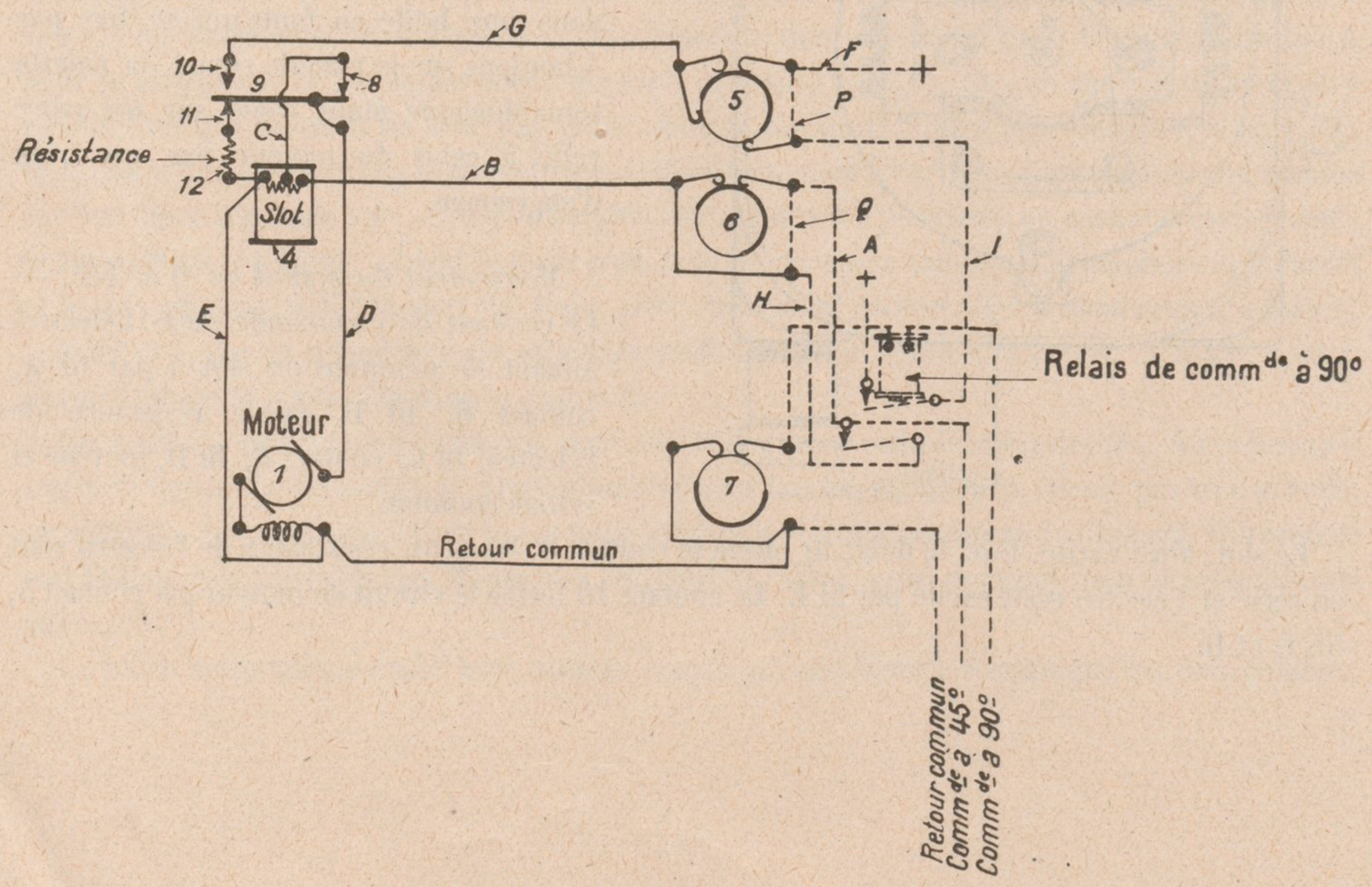
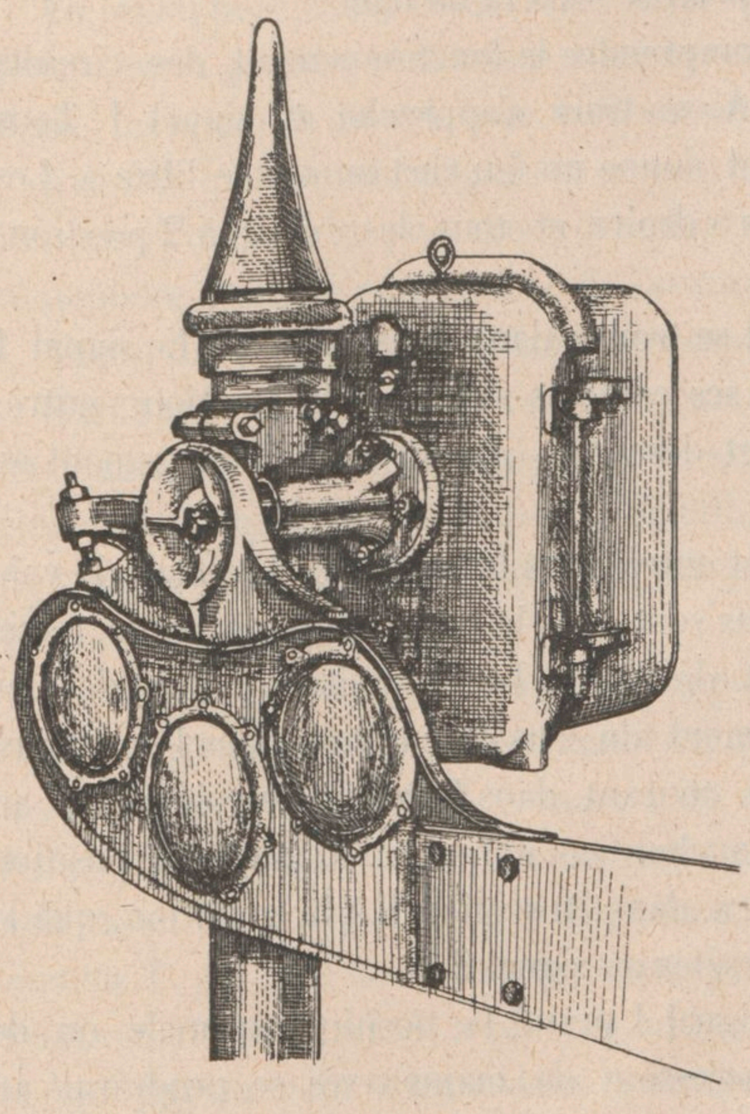

1
2
3
4

Fig. 23.


G
10
9
8
11
C
Résistance
12
Slot
4
B
5
F
+
P
6
Q
A
+
I
H
E
D
Relais de comm^de à 90°
Moteur
1
7
Retour commun
Retour commun
Comm^de à 45°
Comm^de à 90°

Quand le signal atteint la position 45°, le contact 5 coupe le circuit du moteur, mais le slot restant excité maintient le signal dans cette position.

Fig. 24.



Mouvement du signal de 45° à 90°. — Le contact 7 étant fermé, le relais de commande à 90° s'excite ; le slot reçoit toujours son courant par le fil A. Une armature du relais ferme le circuit du moteur par fil 1 et les contacts inférieurs de 5. Ce circuit est coupé quand le signal a atteint 90°.

Les connexions P et Q ont pour effet de shunter le relais de commaude à 90°, on les utilise pour la manœuvre d'un signal à 2 positions 0° et 90°.

Retour à l'arrêt. — La coupure des circuits de commande désexcite l'électro de slot. Le contact en 11 est rétabli. Le circuit du moteur est fermé par fil D, doigt 9, résistance 12, fil E ; le signal est ainsi freiné à l'approche de la position d'arrêt. Si le circuit à 90° est seul coupé le signal s'arrête à la position 45°.

Annexe 2. — BLOCK AUTOMATIQUE A COURANT ALTERNATIF AVEC SIGNAUX LUMINEUX SUR LIGNE A DOUBLE VOIE.

La planche XI indique les connexions de ce type de block.

Les trois feux lumineux : vert (V) pour la voie libre, jaune (J) pour la position « attention » et rouge (R) pour celle d' « arrêt absolu », sont obtenus au moyen d'un relais de voie à courant alternatif à 3 positions. Les 3 positions du relais de voie sont les suivantes :

Normalement, avec le canton libre ainsi que le canton suivant, le courant passe dans l'enroulement de voie du relais dans un sens tel que les contacts sont établis dans la position à droite, ce qui donne le feu vert ; avec un train dans le canton, l'enroulement de voie du relais est désexcité, d'où coupure des contacts, ce qui donne le feu rouge ; enfin, le canton étant libre et le canton suivant occupé, le courant passe dans l'enroulement du relais dans un sens tel que les contacts sont établis dans la position à gauche, ce qui donne le feu jaune.

Le sens du courant dans l'enroulement de voie du relais est déterminé par la position excitée ou désexcitée du relais « Disque » à 2 positions placé au signal suivant. Ce dernier relais est excité quand le relais de voie placé au même endroit est excité, quel que soit le sens du courant dans son enroulement de voie. Il est suffisamment lent pour maintenir établis ses contacts avant, pendant que le relais de voie à 3 positions passe d'une position excitée à l'autre position excitée. Ceci évite un éclat passager du feu rouge, quand le signal passe de la position « attention » à la position de « voie libre ».

L'utilisation d'un relais de voie à 3 positions permet d'obtenir trois feux différents à tout signal sans l'emploi de fils de ligne autres que ceux de transport de force entre les signaux. Ce système est, par conséquent, un block automatique polarisé sans fil de ligne.

En se reportant à la planche XI, il est facile de comprendre le fonctionnement des circuits quand un train se déplace sur la ligne. Sur la figure A, un train s'approche du signal 1. Tous les circuits sont en position normale et chaque signal donne un feu vert ou « voie libre ». Les contacts des relais de voie à 3 positions sont tous à droite et tous les relais à 2 positions sont excités.

Sur la Figure B, le train a dépassé le signal 1 et se trouve dans la section B. Le signal 1 donne un feu rouge, le relais de voie est désexcité et ses contacts sont dans la position neutre. Le relais à 2 positions à l'emplacement du signal 1 est désexcité. Aucun autre changement ne s'est produit.

Sur la Figure C, le train a dépassé le signal 2 et est entré dans la section C. Le relais de voie à l'emplacement du signal 2 est désexcité, ses contacts sont dans la position neutre et le relais à 2 positions à ce même emplacement est également désexcité. La désexcitation de ce dernier relais a établi, par les contacts arrière, le renversement du sens du courant dans le primaire du transformateur de voie T 1 et, par suite, celui du courant dans le relais de voie placé au signal 1 et dont les contacts prennent la position à gauche. Ceci donne le feu jaune ou position « attention ». Un train suivant pourrait donc entrer dans la section B à la condition, que le mécanicien prenne ses dispositions pour pouvoir s'arrêter au signal 2.

Aussitôt que le train a dégagé la section C, le signal 1 prend la position normale ou de « voie libre » comme dans la Figure A. La même succession de manœuvres se produirait au signal 2.

Annexe 3. — BLOCK AUTOMATIQUE A COURANT ALTERNATIF AVEC SÉMAPHORE A 3 POSITIONS SUR LIGNE A DOUBLE VOIE.

La planche XII, donne le schéma de ce type de block utilisant des moteurs de signal T^2. Les sémaphores sont à 3 positions, avec palette à mouvement vers le haut : Position horizontale ou « arrêt absolu », position 45° ou « attention », position 90° ou « voie libre ». Ces trois indications sont obtenues à l'aide d'un relais de voie type « Disque » à trois positions. Le sémaphore actionnant une boîte de contrôle avec inverseur de pôles qui change le sens du courant du circuit de voie, le relais « Disque » à 2 positions employé dans le block automatique avec signaux lumineux, précédemment décrit, n'est pas nécessaire.

Sur la Figure A, un train s'approche du sémaphore 1, tous les circuits sont en situation normale, les contacts des relais de voie à trois positions et ceux des inverseurs de pôles sont établis à droite.

Sur la Figure B, le train a passé le sémaphore 1 et est entré dans la section B. La palette du sémaphore a pris la position horizontale ou d' « arrêt absolu », le relais de voie correspondant est désexcité et ses contacts sont rompus. L'inverseur de pôles, établi dans la position à gauche, renverse le sens du courant du circuit de voie placé en amont du sémaphore 1.

Sur la Figure C, le train a dépassé le sémaphore 2 et a pénétré dans la section C. Le sémaphore 2 a pris la position d'arrêt et le sémaphore 1 celle à 45° ou d' « attention ». Les contacts du relais de voie placé au sémaphore 1 sont établis à gauche. Peu avant que ce dernier ait

atteint la position 45°, l'inverseur de pôles correspondant a établi ses contacts à droite. Le sens du courant alimentant le circuit de voie en amont du sémaphore 1 est donc redevenu normal.

Au sémaphore 2, les contacts du relais de voie sont rompus et les contacts de l'inverseur de pôles sont à gauche, renversant ainsi le sens du courant dans le circuit de voie. Dans ces conditions, les contacts du relais de voie au sémaphore 1 prennent la position à gauche.

Aussitôt que le train dégage la section C, le sémaphore 1 prend la position de voie libre et tous les circuits en ce point redeviennent normaux. Le même cycle d'opérations se reproduit au sémaphore 2 au fur et à mesure de l'avancement du train.

Aucun fil de ligne, à part ceux de transport de force, n'est nécessaire dans ce type de block.

Sur la voie supérieure où est disposée une aiguille de garage E, sont indiqués les circuits de commande de l'indicateur d'aiguille. Il est à noter qu'un dispositif « à temps » et employé concurremment avec l'indicateur d'aiguille. Après la fermeture du sémaphore 3, un intervalle de temps déterminé s'écoule donc avant que l'indicateur permette de renverser l'aiguille. Le fonctionnement est le suivant :

Un Agent du train met en marche l'appareil « à temps » qui immédiatement coupe au contact 8 le circuit de commande du sémaphore 3 qui se met à l'arrêt. Ce circuit est le suivant : borne 1, transformateur T, fils 2, 3, contact 4 du relais de voie A, fils 5, 6, 7 contact 8 de l'appareil à temps, fil 9, contact 10 de la boîte de contrôle d'aiguille, fils 11, 12, 13, contact 14 du relais de voie A, fil 15, sémaphore 3, fil 16, contact 17 du relais de voie A, fil 18 et retour au transformateur T. Au bout de 30 secondes ou plus, suivant la demande, le contact 19 commandant l'indicateur est établi. Si à ce moment le relais de voie A placé au sémaphore 3 n'a pas été shunté par un train entrant dans la section D, et maintient par conséquent ses contacts 4, 14, 17 établis, l'indicateur d'aiguille sera excité et donnera l'autorisation de pénétrer sur la voie principale. Aussi longtemps que le dispositif « à temps », l'indicateur d'aiguille et l'aiguille E, ne seront pas ramenés à leur position normale, le sémaphore 3 ne pourra pas être ouvert.

Annexe 4. — BLOCK AUTOMATIQUE AVEC SIGNAUX LUMINEUX A 3 POSITIONS SUR VOIE UNIQUE.

Ligne du Chicago, Millwaukee and Saint-Paul. — La planche XIII indique les circuits du block à courant alternatif sur voie unique du Chicago, Millwaukee and St-Paul Ry dans le cas de gares entre lesquelles sont disposés 8 signaux.

Elle représente, en traits continus, les distances de protection pour les trains allant dans le même sens, et en traits pointillés, les distances additionnelles pour des trains allant en sens inverse. Le numérotage des signaux indique la position du signal en milles.

Les indications des feux ne sont pas les mêmes que précédemment : blanc signifie voie libre, vert attention, et rouge arrêt.

Fonctionnement des signaux pour un train se déplaçant de l'Ouest vers l'Est. — Un train franchissant le signal 35-0, met à l'arrêt ce signal ainsi que les signaux 32-5 et 29-9 et à l'attention le signal 28-7. Ce train franchissant ensuite le signal 33-6 le met à l'arrêt, et en dépassant le signal 32-5, fait passer le signal 28-7 de la position attention à la position d'arrêt absolu.

Quand l'arrière du train a complètement dégagé la section protégée par le signal 32-5, ce dernier peut s'ouvrir.

Le train pénétrant dans la section comprise entre les signaux 31-2 et 29-9, le signal 31-2 est mis à l'arrêt et le relais 3125 se soulève. Quand le dernier véhicule a complètement dépassé le signal 31-2, le signal 35-0 prend la position attention.

Le train passe ensuite le signal 29-9 et en shuntant le relais du circuit de voie établi entre S. 29-9 et 28-7, coupe le circuit du relais 312 au signal 31-2. Ce relais, à son tour, coupe le circuit du relais 312-A dont l'armature établit en tombant le circuit du relais 3125. Celui-ci reste excité tant que le circuit du relais 312-A est coupé. Quand l'arrière du train a dépassé le signal 29-9, le signal 33-6 prend la position attention. Il est à noter que le signal 33-6 est alors, par suite de l'action du relais 3125, à la position attention, avec un train allant de l'ouest vers l'est et situé entre les signaux 29-9 et 28-7. Ce signal 33-6 serait à la position d'arrêt absolu avec un train se dirigeant de l'Est vers l'Ouest et situé dans la même section entre les signaux 29-9 et 28-7 parce que le relai 3125 est désexcité quand ce train a la voie libre au signal 28-7, et que ses contacts restent ouverts pendant la présence du train entre les signaux 29-9 et 28-7.

La commande du signal 33-6, décrite ci-dessus, permet à un train suivant de franchir le signal 33-6 aussitôt que l'arrière du train précédent a passé le signal 29-9. Comme un second train suivant pourrait quitter la gare et franchir le signal 35-0 aussitôt que l'arrière du train précédent a franchi le signal 31-2, il est évident (en raison de la courte section entre le signal 35-0 et 33-6 et de la longue section entre les signaux 31-2 et 28-8) que les deux trains allant de l'Ouest vers l'Est et marchant approximativement à la même vitesse, le second train serait retardé au signal 33-6 si la commande de ce signal par le relais 3125 n'était pas prévue.

Quand le premier train allant de l'Ouest vers l'Est aura passé le signal 29-9, ce dernier se mettra à voie libre, pourvu qu'un train suivant n'ait pas franchi le signal 35-0. Dans le cas contraire, il restera à voie fermée.

Quand le premier train aura passé le signal 28-7, ce signal prendra la position attention, si le train suivant n'est pas entré dans la section comprise entre les signaux 32-5 et 31-2. Dans le cas contraire, le signal 28-7 indiquera l'arrêt.

Il est à noter que les signaux autorisant les entrées dans les gares sont commandés par la section de voie comprise dans la gare, plus la première section au-delà de cette gare : ceci en vue d'éviter que des trains allant en sens opposé n'utilisent la voie principale de la gare en même temps.

Dans tous les cas, la position de voie libre de chaque signal est commandée par la position attention du signal précédent.

Il est possible que des trains marchant en sens opposé, franchissent en même temps les signaux 35-0 et 28-7, mais ces trains seront arrêtés par les signaux 33-6 et 29-9. Un des trains devra refouler pour laisser le passage à celui qui a la priorité. Ce fait ne peut se produire que si l'un des trains essaie de franchir la section quand il a des ordres pour croiser à la gare suivante le train venant en sens inverse. L'intérêt de cette combinaison consiste dans ce fait que, si des manœuvres sont faites dans une gare et engagent la section, un train peut cependant entrer par l'autre extrémité de cette section. On peut ainsi faire des manœuvres jusqu'au dernier moment, sans retarder les trains réguliers.

Figure A.

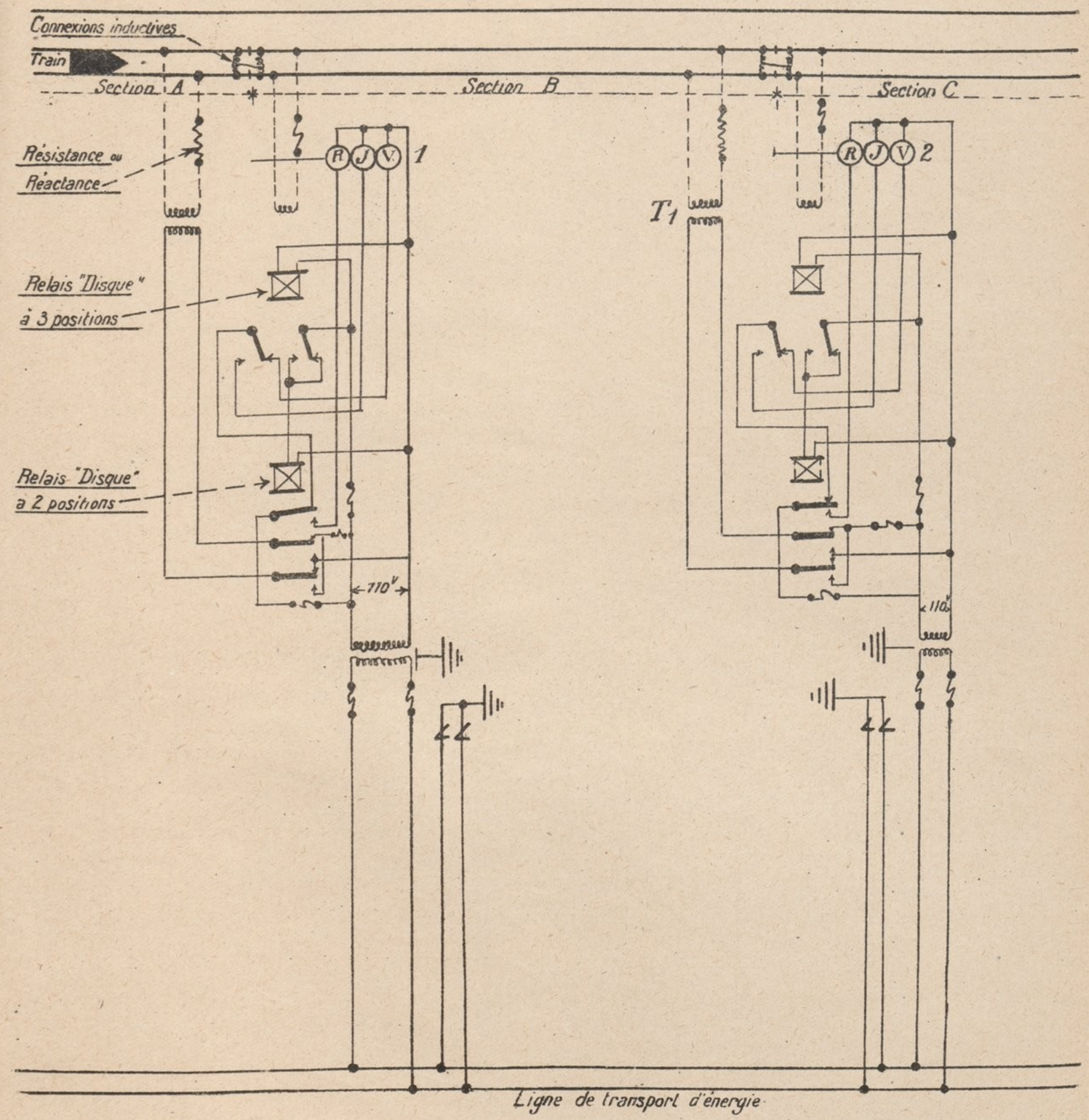


Figure B

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

Figure B

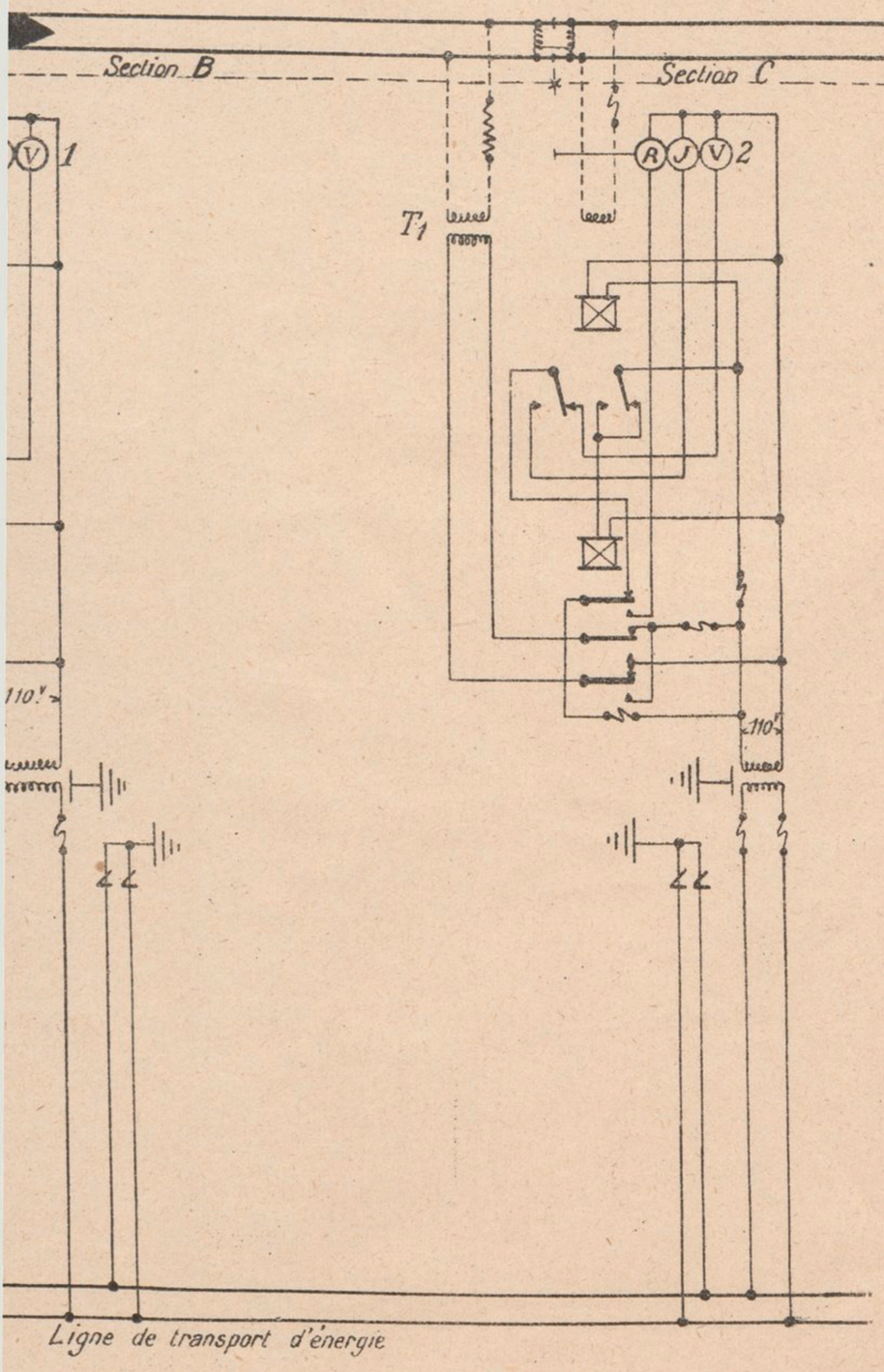
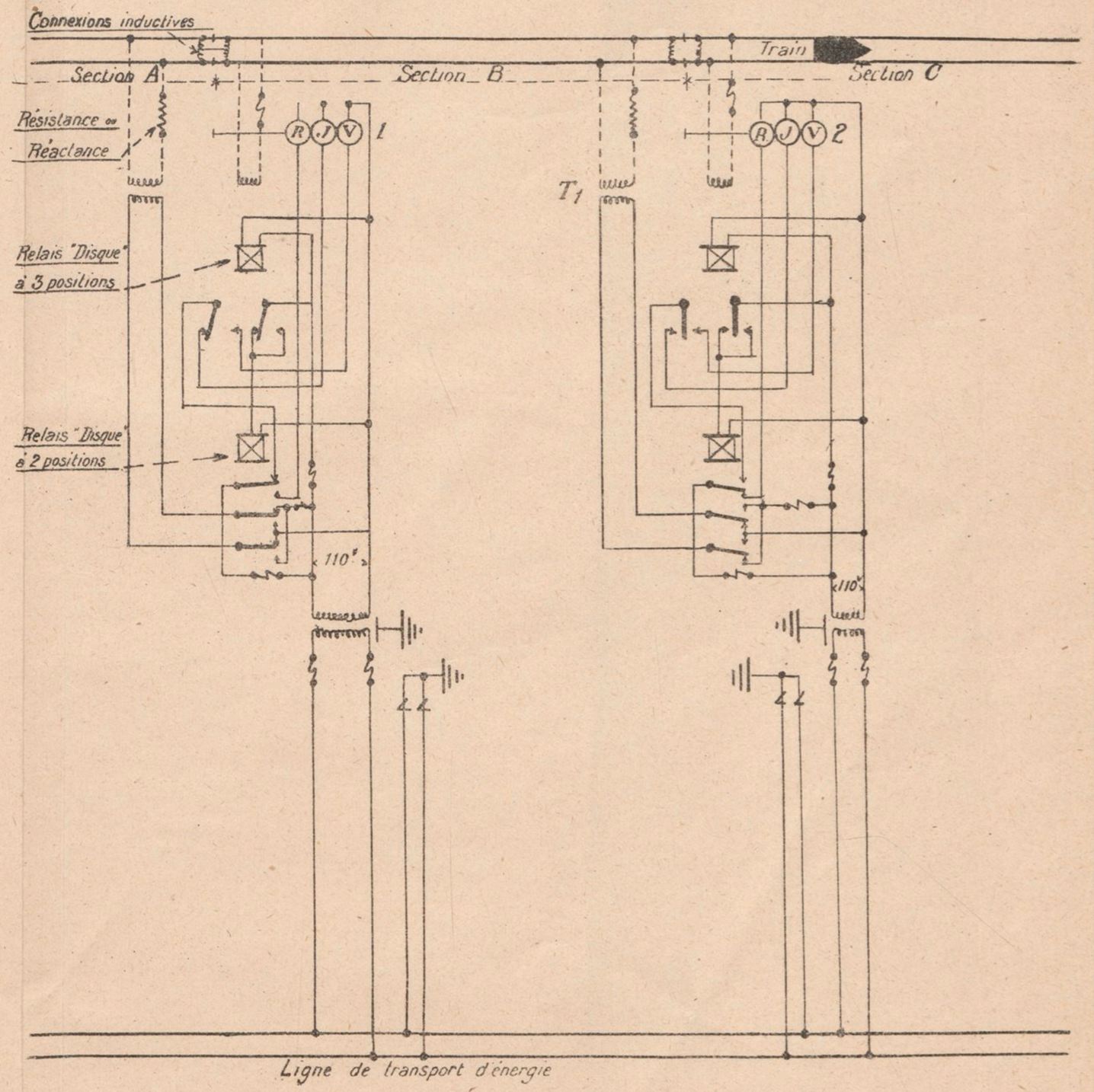


Figure C.



— Éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris.

Courtier et Cie. - Paris.

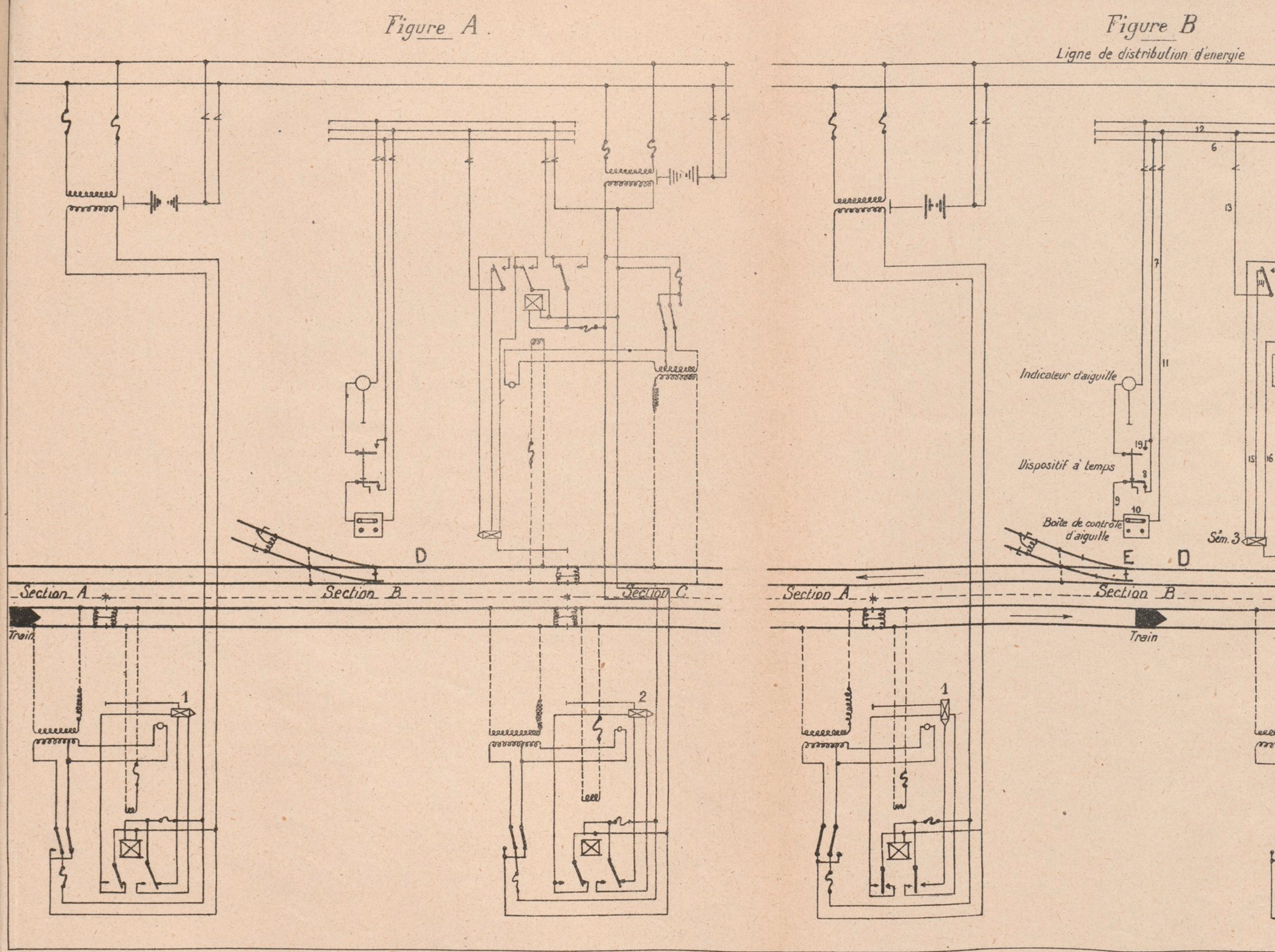
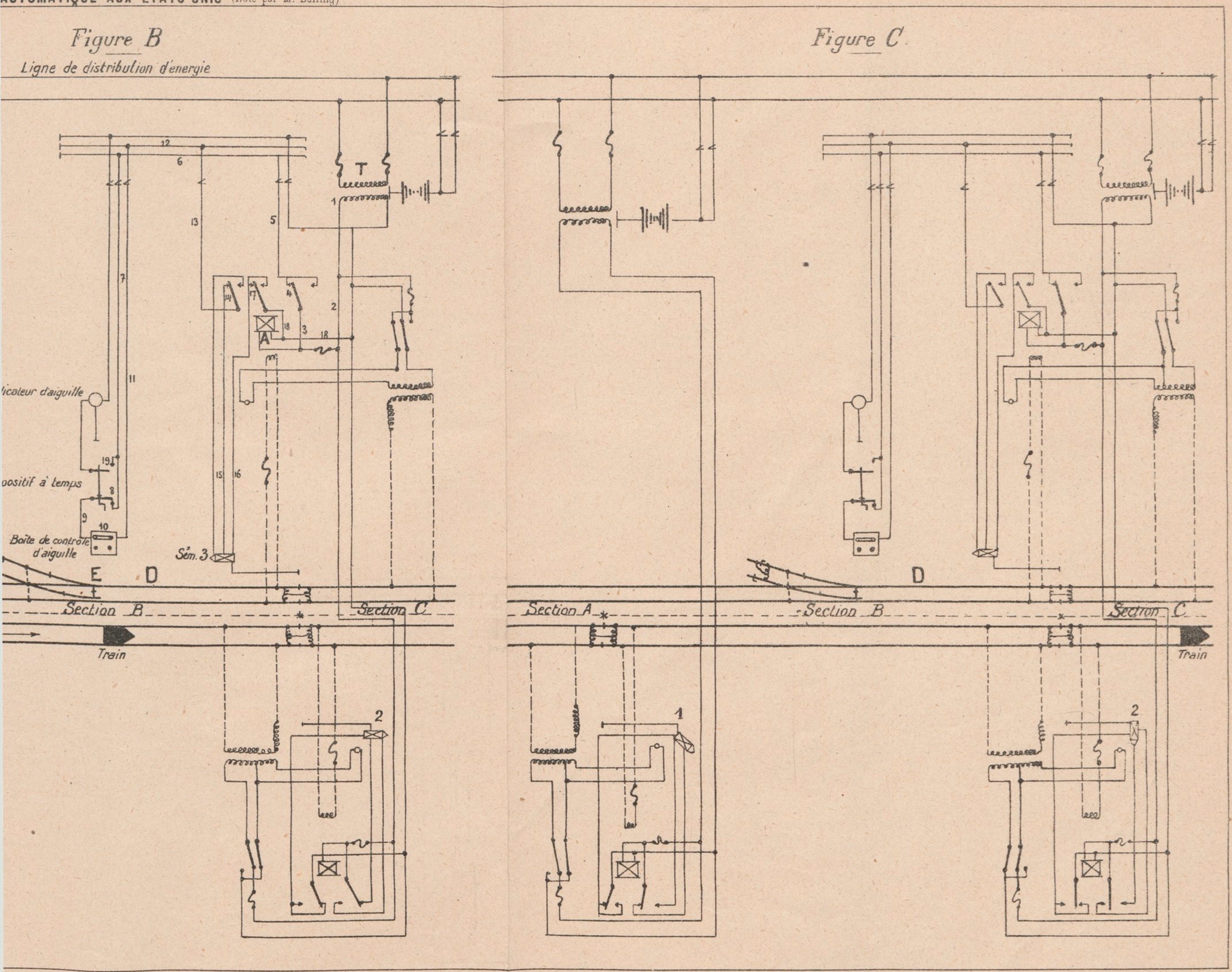
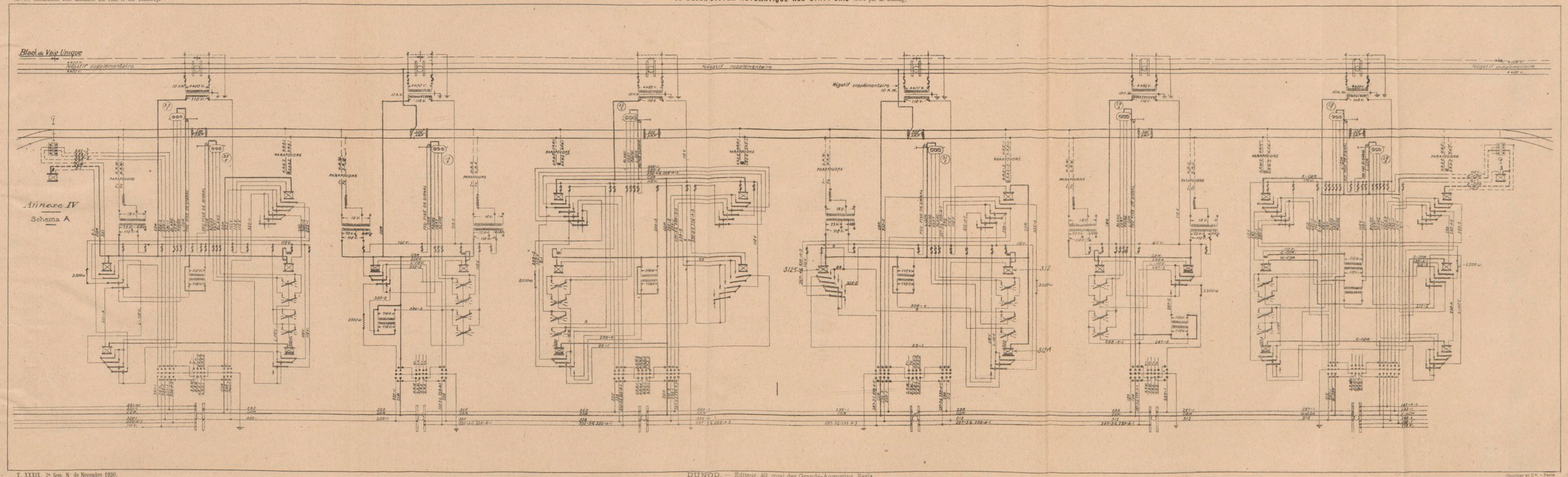


Figure A.
Figure B
Ligne de distribution d'énergie
Indicateur d'aiguille
Dispositif à temps
Boîte de contrôle d'aiguille
Sém. 3
Section A
Section B
Section C
Train
D
E
1
2
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
19



Éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris.

Courtier et Cie. - Paris.



DUNOD. — Editeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris.

Courtier et Cie - Paris