

Revue générale des chemins de fer (1924)

Revue générale des chemins de fer (1924). 1927/05.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'œuvres 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⁽¹⁾

Introduction. — Renseignements statistiques.

Les premiers essais de block-system automatique aux Etats-Unis ont été faits dans la Nouvelle Angleterre en 1881, mais ce n'est qu'en 1879, date de l'introduction du circuit de voie, qu'il a été procédé à l'installation d'un nombre appréciable de signaux automatiques. Les premiers signaux, dits « Banjos », étaient manœuvrés à l'aide d'électro-aimants.

En 1882, apparaît, à Est-St-Louis, le premier sémaphore, dont la commande est assurée par un mécanisme électro-pneumatique. Le premier signal à moteur électrique est réalisé en 1900.

Jusqu'à cette date, toutes les installations fonctionnent en courant continu. En 1903, apparaissent en Californie les premiers circuits de voie à courant alternatif, qui permettent d'installer le block automatique sur les lignes électrifiées.

En 1913, sont faites les premières études pour utiliser les « signaux lumineux », qui donnent, de jour comme de nuit, des indications lumineuses.

Depuis 1913, le développement du block automatique a été considérable. Des progrès techniques incessants ont été réalisés dans la mise au point des montages et des appareils.

Le graphique de la figure 1 indique le développement du block manuel (2) et du block automatique du 1^{er} Janvier 1900 au 1^{er} Janvier 1926. En 1900, la longueur des lignes équipées en block manuel atteint 38.000 kilomètres ; les installations de block automatique sont très restreintes (environ 3.200 kilomètres). De 1900 à 1906, on constate un grand

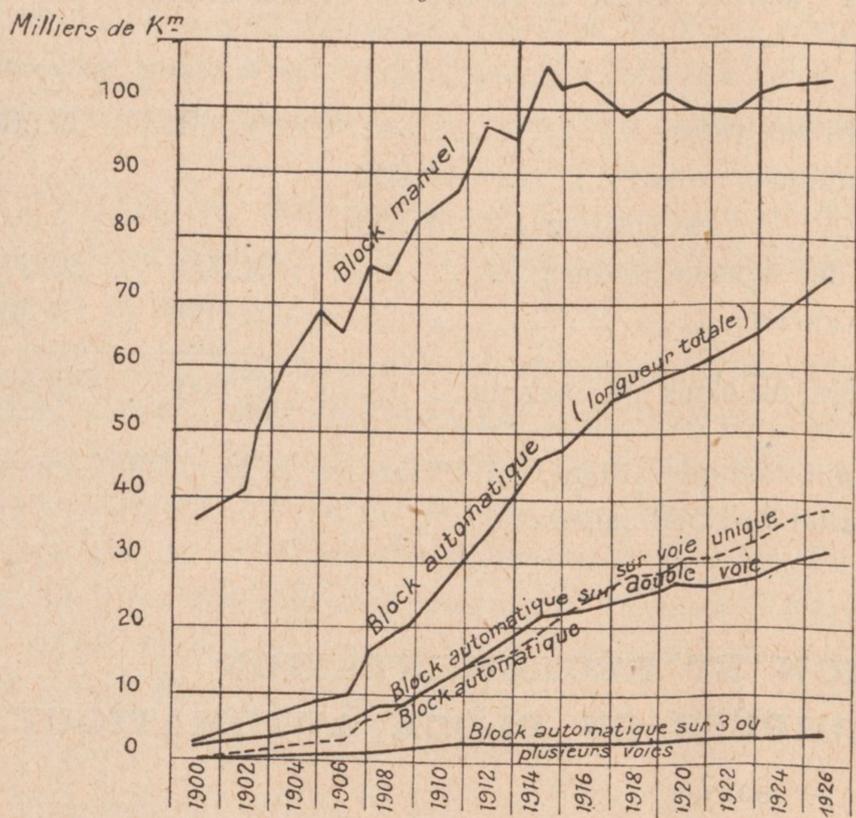
(1) La présente étude est le résumé d'un rapport présenté par MM. Japiot, Tuja, Dargeou, Santini et Bocquet, Ingénieurs de la Compagnie P.-L.-M., qui avaient été chargés d'étudier les installations de block automatique aux Etats-Unis; elle est limitée à l'examen du block automatique sur les voies à sens de circulation spécialisé. Il est rappelé que la circulation se fait à droite sur les Chemins de fer des Etats-Unis ; les signaux sont donc implantés normalement à droite du mécanicien auquel ils s'adressent.

On se reportera utilement à l'article de M. Balling, publié dans la *Revue Générale*, N° de Novembre 1920.

(2) Le block manuel américain donne des garanties très incomplètes au point de vue de la sécurité et n'est pas comparable aux systèmes de block enclenché utilisés sur les Réseaux français.

développement du block manuel (équipement d'environ 32.000 km), alors que la progression des installations automatiques ne dépasse pas 8.000 km.

Fig. 1.



C'est à partir de 1906 que le block automatique se développe rapidement : équipement de 37.000 km entre 1906 et 1914, l'extension du block manuel atteignant à peine 32.000 km pendant la même période.

Depuis 1914, le nombre des lignes équipées en block manuel a plutôt diminué. Au contraire, le block automatique a poursuivi son développement (27.000 km équipés de 1914 à 1926).

On notera également que les installations de block automatique sur voie unique ont été peu nombreuses jusqu'en 1906 ; elles ont, au contraire, depuis cette

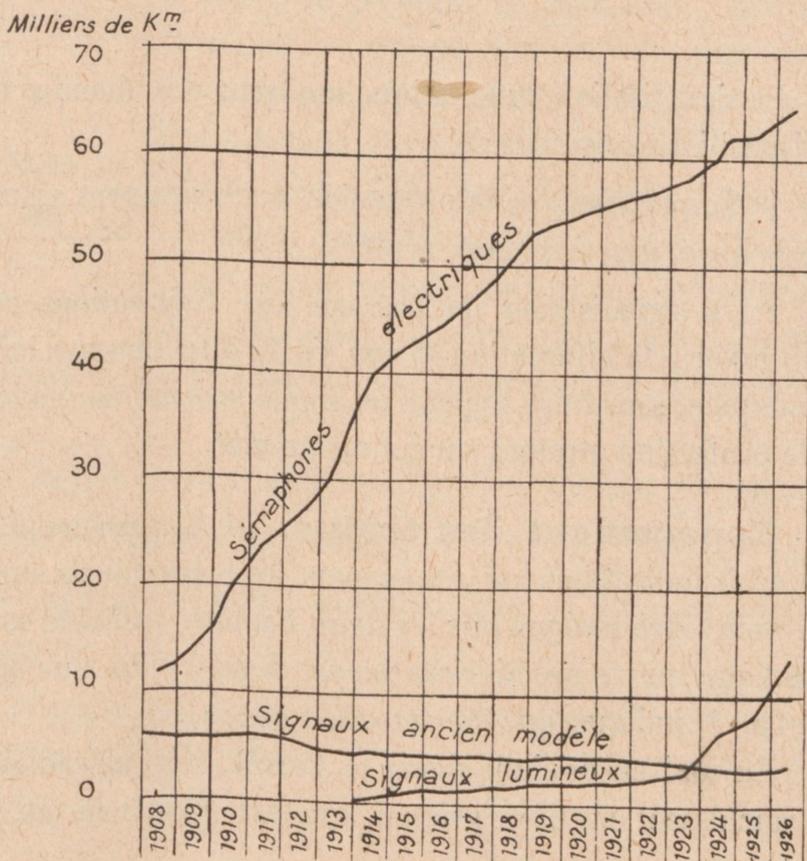
date, suivi une marche parallèle à celles des lignes à voies multiples et leur développement s'est accentué au cours des dernières années. Il faut voir là une conséquence du fait que la plupart des lignes à voies multiples et à forte circulation sont équipées.

A titre de renseignement, les travaux de 1925 ont porté pour 65 % sur des lignes à voie unique.

Le graphique de la figure 2 représente, pour les différents types de signaux, le développement du block automatique. On remarquera la progression constante et rapide du nombre des sémaphores électriques et l'extension, depuis 1914, des installations en signaux lumineux. En 1925, 1.000 km de lignes ont été équipés en sémaphores électriques et 1.760 en signaux lumineux. Ces chiffres atteignent respectivement 2.650 et 5.980 en 1926.

La proportion des lignes équipées en signaux lumineux, qui était

Fig. 2.



de 8,3 % au 1^{er} Janvier 1925, a atteint 10,4 % au 1^{er} Janvier 1926 et 16,5 % au 1^{er} Janvier 1927.

Le tableau suivant indique, au 1^{er} Janvier 1927, la répartition des différents types de signaux :

		Km de lignes	Km de voies	
Différents types de signaux de block automatique	{	Sémaphores électriques.....	65.000	99.500
		Signaux lumineux : colorés.....	11.900	
		de position... ..	1.700	
		Ensemble des signaux lumineux.....	13.600	20.600
		Dispositifs anciens.....	3.700	8.400
		82.300	128.500	
Total général du block automatique.....				

Le nombre des cantons de block automatique atteint, au 1^{er} Janvier 1926, 73.984, ce qui donne une longueur moyenne de canton de 1.590 mètres.

SIGNALISATION ET RÉGLEMENTATION SUR LES LIGNES ÉQUIPÉES EN BLOCK AUTOMATIQUE.

On trouve aux Etats-Unis des types de signaux assez nombreux, mais on constate une tendance marquée vers l'adoption d'une signalisation unifiée, à l'étude de laquelle se bornera le présent exposé.

I. — Principes de la signalisation américaine.

La signalisation automatique moderne des Chemins de fer américains est caractérisée par les dispositions suivantes :

1^o l'espacement et la protection des trains sont assurés par des signaux à trois indications : voie libre, avertissement, arrêt ;

2^o la signalisation de passage aux bifurcations renseigne le mécanicien sur la vitesse à observer à la bifurcation et non sur la direction qui lui est donnée. La vitesse de passage est indiquée, sans faire appel à un signal spécial, au moyen de plusieurs signaux d'espacement et de protection groupés sur un même mât.

Espacement des trains. — L'espacement des trains est assuré par des signaux à trois indications qui renseignent les mécaniciens sur l'état d'occupation de la voie. Le signal à voie libre indique que les deux cantons suivants sont dégagés ; le signal à l'avertissement indique que le premier canton est dégagé mais que le deuxième est occupé ; enfin, le signal à l'arrêt indique que le canton est occupé.

En présence d'un signal à l'arrêt, les mécaniciens se bornent à marquer l'arrêt. Ils franchissent ensuite ce signal, qui est *permissif*, et pénètrent en marche prudente dans le canton.

Un signal permissif à l'arrêt peut, dans certains cas, être franchi sans que le train ait à marquer l'arrêt. Il est alors complété par une indication (aile supplémentaire ou plaque éclairée la nuit) qui en fait un « *signal de rampe* » (« *grade signal* »). Cette disposition exceptionnelle n'est appliquée que dans les fortes rampes où les démarrages sont particulièrement pénibles ; elle ne concerne que les trains de marchandises à fort tonnage, tous les autres trains devant marquer l'arrêt comme à un signal ordinaire.

Protection des gares. — Les mouvements des petites gares sont protégés, comme on le verra plus loin, par le signal permissif de block à trois indications placé immédiatement en amont.

Mais, dès que la gare prend une certaine importance, la protection doit être assurée par un signal infranchissable dit *absolu*, par opposition aux signaux permissifs. Ce signal, commandé par un levier et dépendant des enclenchements, n'en est pas moins un signal de block lié au fonctionnement des circuits de voie. Comme tel, il assure l'espacement des trains en même temps que la protection des mouvements de gare. Un signal absolu diffère d'un signal permissif par des détails de construction (forme de l'aile, disposition des feux). Bien entendu, le signal absolu, comme le signal permissif, est en relation avec le signal précédent, qui donne l'avertissement (Fig. 3).

Ainsi conçu, un signal absolu dépend :

- 1° des circuits de voie,
- 2° des enclenchements de la gare.

Il peut arriver que le circuit de voie empêche la mise à voie libre du signal alors que les enclenchements ne s'opposent nullement au renversement du levier de commande, et il peut être intéressant, dans ces circonstances, qu'un train franchisse le signal à l'arrêt. Cette situation se présente, en particulier, lorsque le signal est affecté par un dérangement électrique ou lorsque, le circuit de voie étant occupé, il y a lieu de pénétrer dans le canton pour faire une adjonction ou un retrait en queue d'un train.

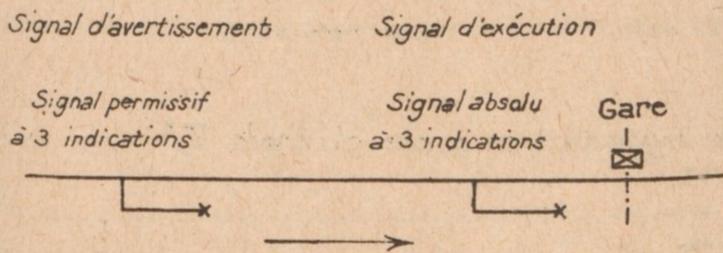
Le signal absolu doit donc, en général, être complété par une indication donnant

la possibilité de le rendre permissif. Tel est le but du « *signal auxiliaire de franchissement* » (« *call on* »).

Le signal de franchissement est un signal complémentaire placé en dessous du signal principal. Il peut donner trois indications dont la signification est :

- 1^{re} indication. — Conformez-vous à l'indication du signal principal, qui est infranchissable s'il est à l'arrêt.
- 2^e indication. — Faible vitesse et marche prudente. Vous pouvez franchir le signal principal à l'arrêt mais vous devez marcher à faible vitesse et vous attendre à trouver un obstacle (cas où le circuit de voie est occupé).

Fig. 3.

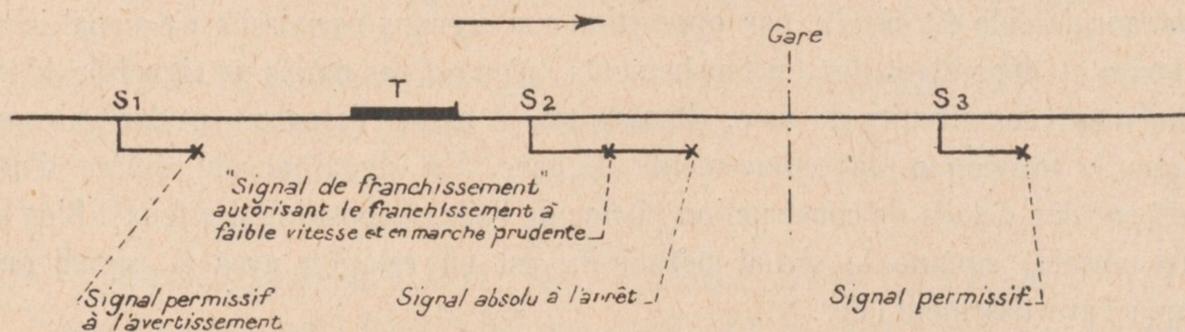


3^e indication. — Faible vitesse (1). Vous pouvez franchir le signal principal à l'arrêt, mais vous devez marcher à faible vitesse.

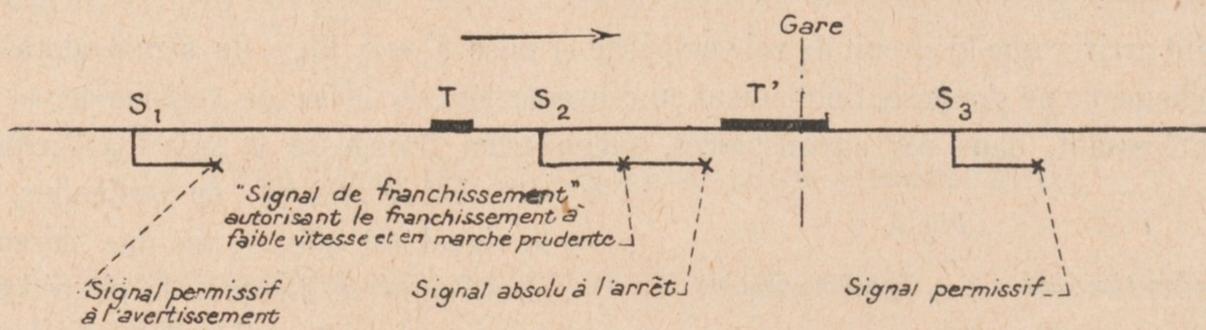
Cette dernière indication du signal de franchissement est utilisée alors même que le circuit de voie est libre et que rien ne s'oppose à la mise à voie libre du signal principal. Elle permet d'imposer à un train une vitesse faible (de l'ordre de 20 km à l'heure) pour lui faire emprunter en manœuvre une voie de service ou d'évitement commandée par une aiguille en pointe.

A noter que le signal de franchissement autorise le franchissement d'un signal sans imposer l'arrêt. Un signal absolu, rendu franchissable par un signal de franchissement, est donc, à ce point de vue, moins impératif qu'un signal permissif ordinaire.

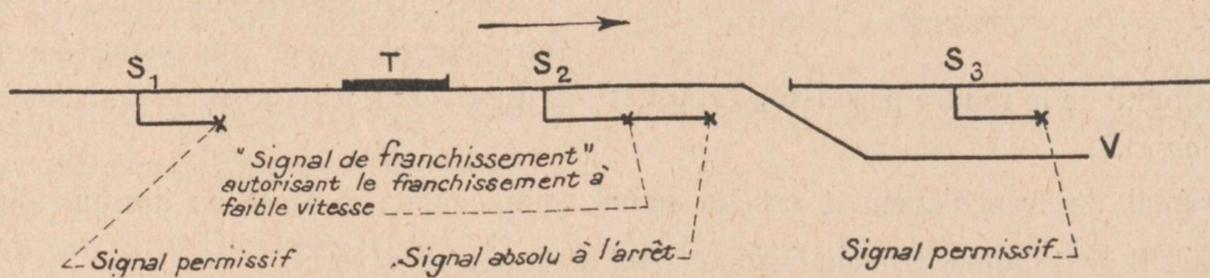
Fig. 4. — EXEMPLES D'EMPLOI DU " SIGNAL DE FRANCHISSEMENT ".



A. Un dérangement électrique existe entre S₂ et S₃



B. On désire faire un retrait ou une adjonction en queue du train T'



C. Le train T va entrer sur la voie de service V

La figure 4 indique, à titre d'exemple, les principaux cas d'emploi du signal de franchissement.

(1) Cette troisième indication n'existe pas sur tous les Réseaux.

Signalisation des bifurcations. — Les Chemins de fer américains ont renoncé à donner l'indication de la direction aux bifurcations. A leur avis, elle n'est pas indispensable; elle exige, en outre, dans le cas de nombreuses branches, l'emploi de signaux compliqués; elle est enfin trop souvent tardive et n'empêche pas un train mal dirigé d'engager l'aiguille de dédoublement.

L'indication de la vitesse à observer est, au contraire, capitale au point de vue de la sécurité; elle est fournie aussi bien à distance qu'au point d'exécution. Comme il a été dit au début de ce chapitre, on ne fait pas usage d'un signal spécial pour donner cette indication, qui est obtenue dans les conditions suivantes par le groupement de plusieurs signaux à trois indications.

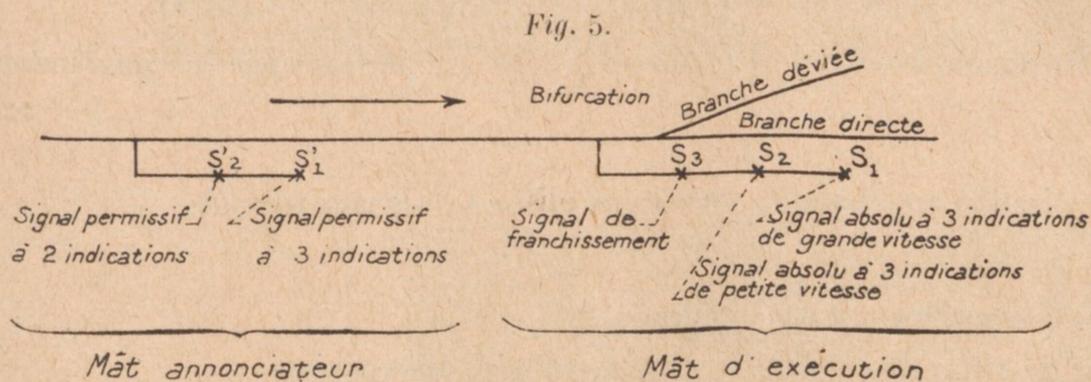
La bifurcation (Fig. 5) est précédée immédiatement d'un mât d'exécution portant trois signaux superposés (*mât de bifurcation*):

1° un signal S_1 absolu à trois indications relatif à la circulation à grande vitesse (branche directe),

2° un signal S_2

absolu à trois indications relatif à la circulation à vitesse réduite (branche déviée).

3° un signal de franchissement S_3 (1).



Le mât annonceur à distance est constitué par le signal *permissif* de block précédent, mais ce signal est dédoublé sous forme de deux signaux, S'_1 et S'_2 , superposés sur le même mât (*mât d'approche de bifurcation*).

Laissant de côté le fonctionnement du signal de franchissement S_3 , qui a été décrit plus haut, nous allons examiner la position des signaux S'_1 , S'_2 , S_1 , S_2 dans les différents cas. Le tableau suivant résume ces renseignements :

INDICATION DONNÉE	INDICATIONS DES SIGNAUX S'_1 et S'_2 sur le mât d'approche de bifurcation		INDICATIONS DES SIGNAUX S_1 et S_2 sur le mât de bifurcation		
	S'_1	S'_2	S_1	S_2	
Branche directe {	1° Voie libre. Grande vitesse (<i>branche directe</i>).	Voie libre	Arrêt	Voie libre	Arrêt
	2° Grande vitesse. Le signal suivant la bifurcation sur la <i>branche directe</i> est l'arrêt.....	d°	d°	Avertiss ^t	d°
Branche déviée {	3° Voie libre. Vitesse réduite (<i>branche déviée</i>)..	Avertiss ^t	Voie libre	Arrêt	Voie libre
	4° Vitesse réduite (<i>branche déviée</i>). Le signal suivant la bifurcation sur la <i>branche déviée</i> est à l'arrêt	d°	d°	d°	Avertiss ^t
Arrêt {	5° La bifurcation ne doit pas être franchie (sauf autorisation donnée par le signal de franchissement).....	Avertiss ^t	Arrêt	Arrêt	Arrêt

(1) Dans le cas où la bifurcation a plus de deux branches, le mât ne porte toujours que deux signaux absolus. L'un étant relatif aux branches directes, l'autre aux branches déviées.

Le mécanicien trouve ainsi, à la bifurcation même, un signal S_1 relatif à la grande vitesse, un signal S_2 relatif à la vitesse réduite. L'un de ces signaux est toujours à l'arrêt et le mécanicien se conforme aux indications de l'autre, *sa vitesse étant déterminée par la nature même du signal qui donne le passage : signal supérieur S_1 , grande vitesse ; signal inférieur S_2 , vitesse réduite*. A distance, deux signaux S'_1 et S'_2 annoncent respectivement la position des deux signaux d'exécution S_1 et S_2 (1).

Compte tenu du signal de franchissement, le signal S_1, S_2, S_3 permet de prescrire à un train trois vitesses différentes :

1° la grande vitesse (passage sur branche directe), qui peut atteindre 100 à 120 km, à l'heure,

2° une vitesse réduite (passage sur branche déviée), de l'ordre de 40 km à l'heure,

3° une vitesse faible (voie occupée ou manœuvre), de l'ordre de 20 km à l'heure.

Pour cette raison, la signalisation qui vient d'être décrite est parfois appelée *signalisation à trois vitesses*.

En résumé, la signalisation automatique américaine utilise les signaux suivants :

Signaux permissifs :

- signal permissif d'espacement à trois indications,
- mât d'approche de bifurcation (deux signaux permissifs superposés) ;

Signaux absolus :

- mât d'arrêt absolu (un signal d'arrêt absolu à trois indications et un signal de franchissement),
- mât de bifurcation (deux signaux d'arrêt absolu à trois indications et un signal de franchissement).

II. — Aspect des signaux américains.

Les Chemins de fer américains utilisent deux catégories de signaux :

- les signaux sémaphoriques,
- les signaux lumineux.

Ces signaux sont utilisés conformément aux principes exposés dans le paragraphe précédent et peuvent, en général, donner trois indications. Leur étude se résume donc dans l'examen du mode de représentation de ces trois indications, qu'elles soient fournies au moyen de la position d'une aile sémaphorique ou par la couleur ou la position de foyers lumineux.

(1) On remarquera, cependant, que le signal S'_2 est à deux indications seulement : voie libre et arrêt. Lorsque le signal S_2 est à l'arrêt, S'_2 est, non pas à l'avertissement, mais à l'arrêt. Les Américains estiment que cette disposition ne peut entraîner aucune erreur d'interprétation.

Fig. 7.

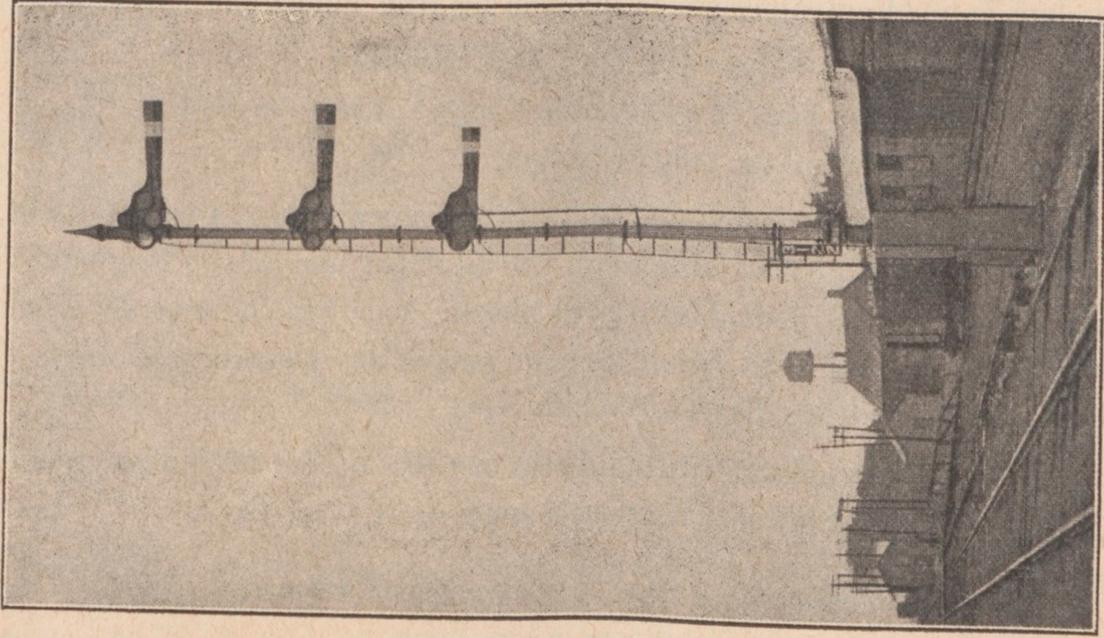
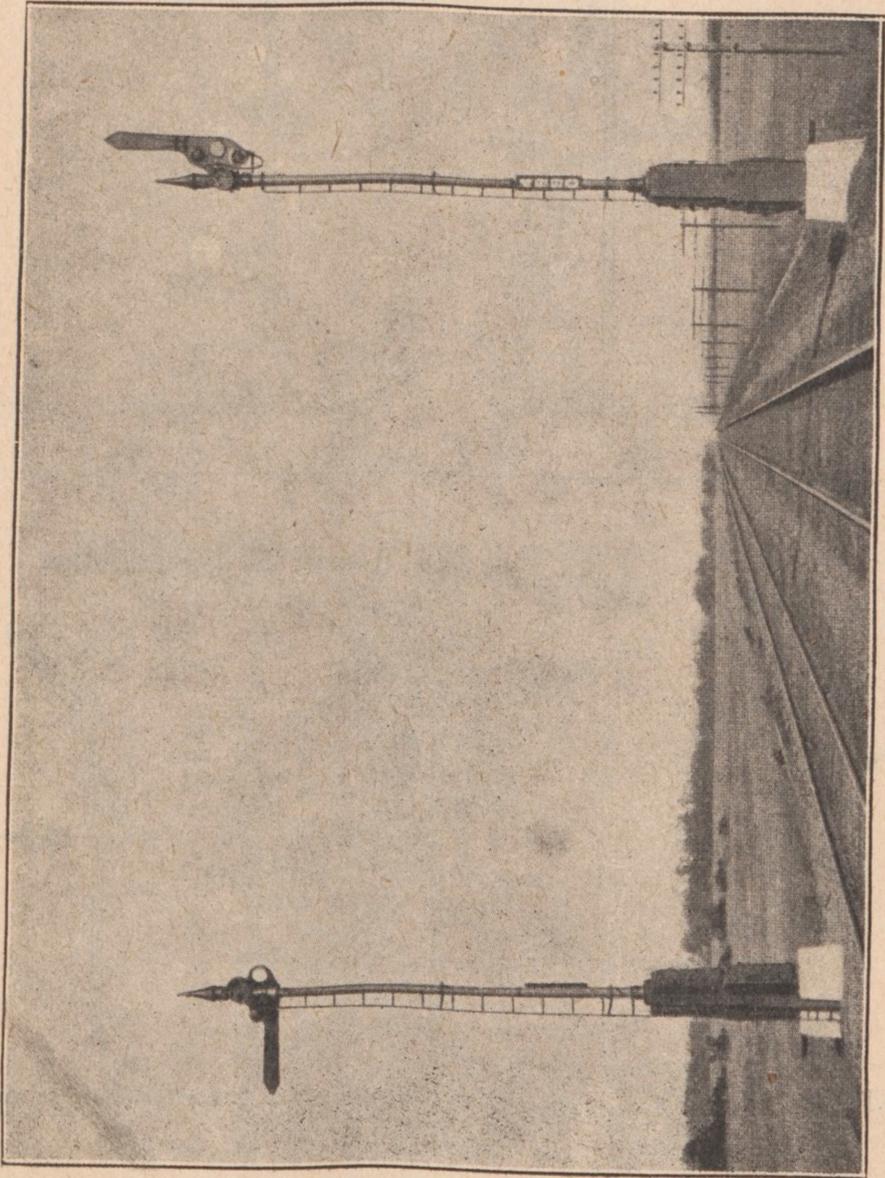


Fig. 6.



Signalisation sémaphorique. — Les ailes sémaphoriques à trois positions se déplacent dans le quadrant supérieur et donnent les trois indications suivantes :

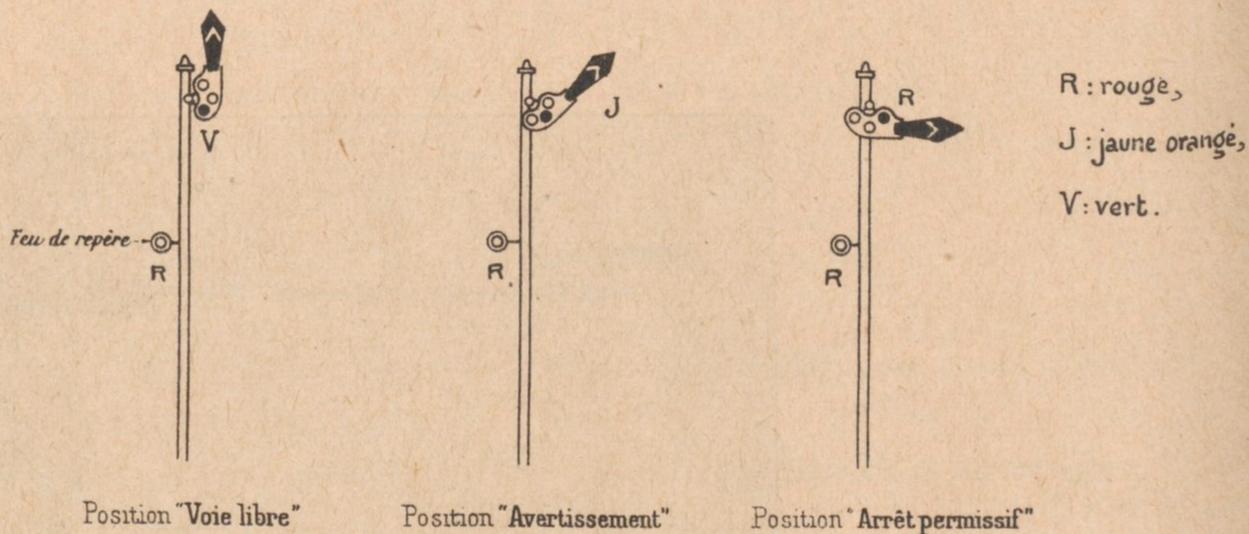
- 1^o position verticale vers le haut (un feu vert) : voie libre ;
- 2^o position à 45° vers le haut (un feu jaune orangé) : avertissement ;
- 3^o position horizontale (un feu rouge) : arrêt.

Coume on l'a vu au paragraphe précédent, les signaux absolus se caractérisent, en général, par la présence du signal de franchissement, constitué par une aile de longueur réduite placée en dessous de l'aile ou des deux ailes d'arrêt absolu. Mais les Chemins de fer américains ont estimé utile de différencier plus complètement encore les signaux permissifs et absolus en adoptant, le plus souvent, les dispositions suivantes :

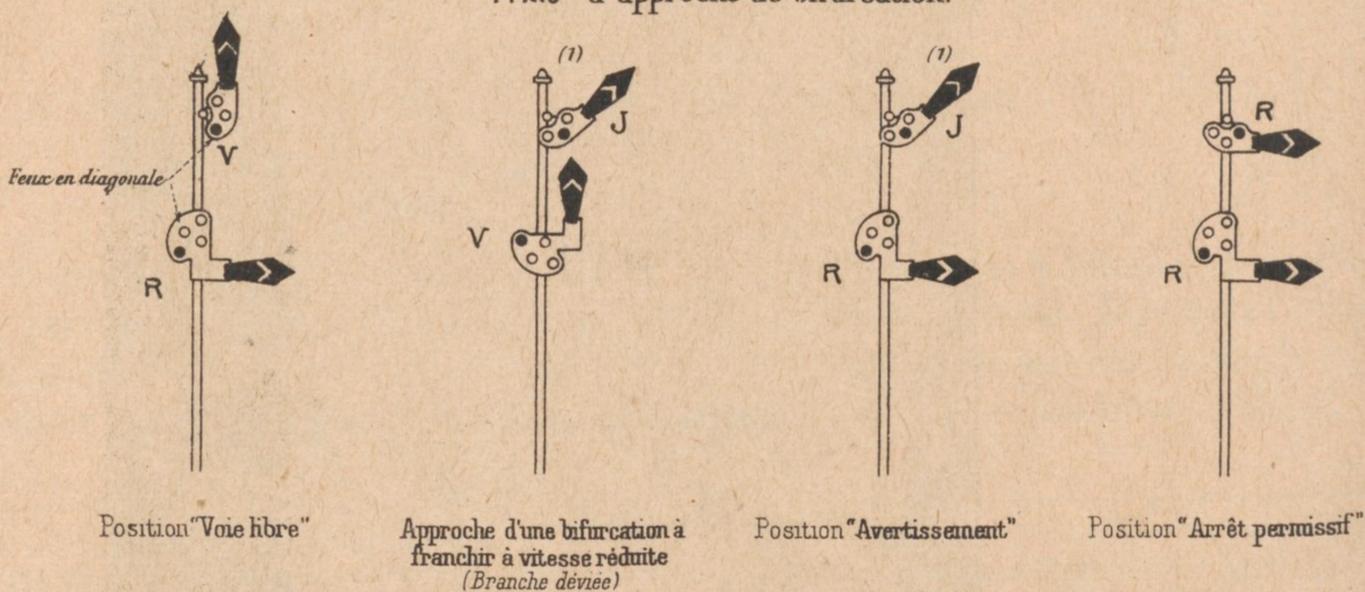
Aspect de jour. — Les ailes des sémaphores permissifs sont terminées en pointe (Fig. 6) ; celles des sémaphores absolus sont coupées à angle droit (Fig. 7).

Fig. 8. — SIGNAUX SÉMAPHORIQUES PERMISSIFS.

Signal à 3 positions.



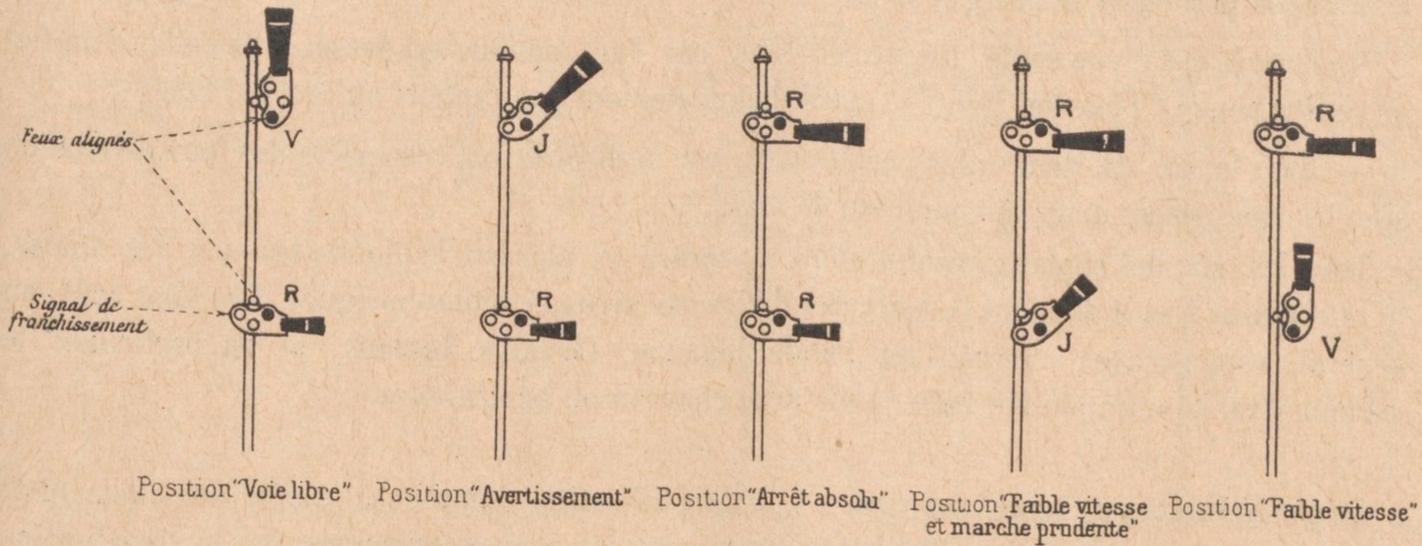
Mât d'approche de bifurcation.



(1) L'indication " approche d'une bifurcation à franchir à vitesse réduite " ne peut être donnée en même temps que l'indication " avertissement " à laquelle on donne la prépondérance.

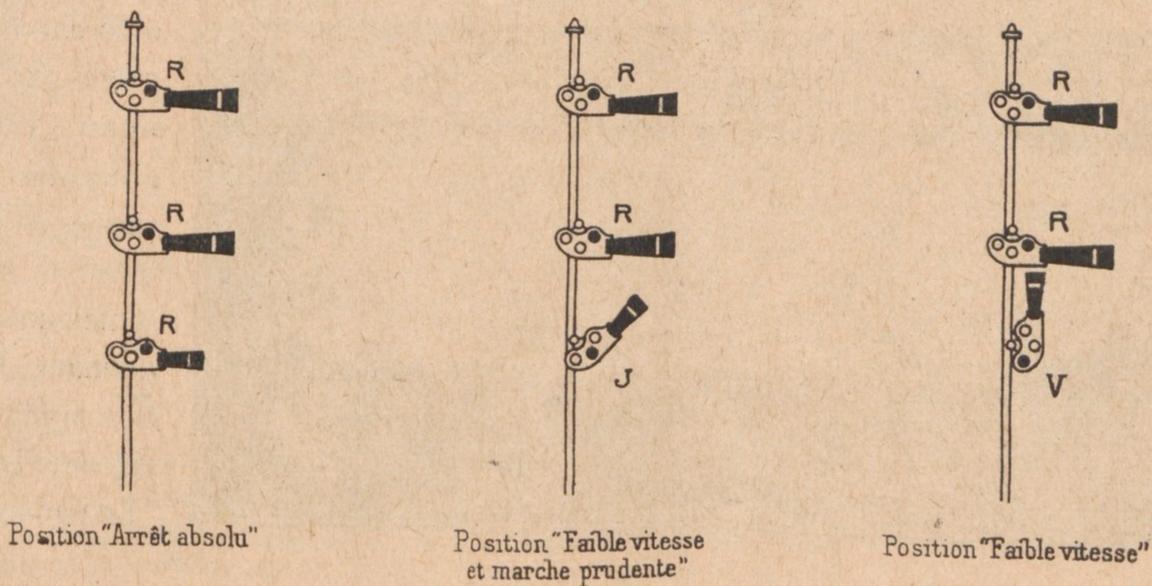
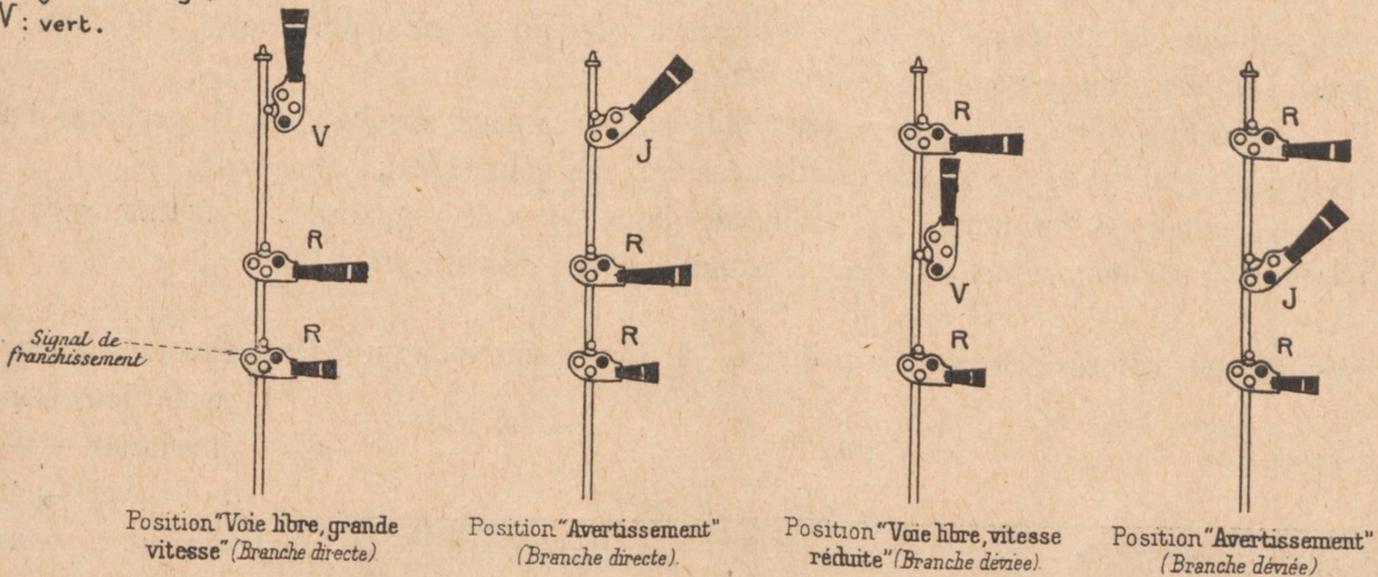
Fig. 9. — SIGNAUX SÉMAPHORIQUES ABSOLUS.

Mât d'arrêt absolu.



R: rouge,
J: jaune orangé,
V: vert.

Mât de bifurcation.



Aspect de nuit. — Les signaux sémaphoriques présentent, la nuit, un feu vert, un feu jaune orangé ou un feu rouge sur chacune des ailes à trois positions et la distinction entre les signaux permissifs et absolus se fait :

— dans le cas d'une seule aile permissive, par l'adjonction, en dessous de l'aile, d'un feu de repère rouge ("marker light"), placé diagonalement par rapport au feu de l'aile ;

— dans le cas de deux ailes permissives, par la disposition respective des feux de chaque aile, qui sont placés diagonalement sur le mât.

Tous les feux des signaux absolus sont, au contraire, placés à l'aplomb les uns des autres.

Les figures 8 et 9 donnent l'aspect des différents signaux sémaphoriques. Les ailes sont, en général, rouges, avec chevron ou bande blanche. Certains Réseaux, et en particulier le « Pennsylvania », emploient l'aile jaune avec chevron ou bande noire.

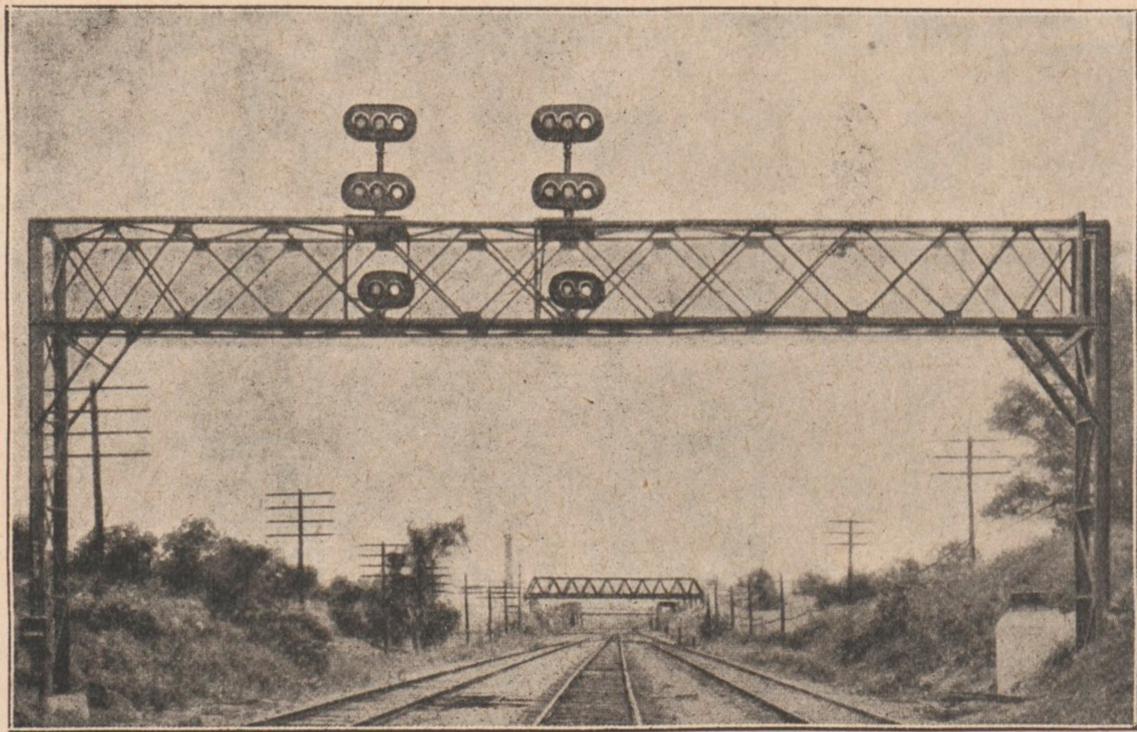
Signalisation lumineuse. — La signalisation lumineuse donne des indications identiques le jour et la nuit ; elle est établie suivant les mêmes principes que la signalisation sémaphorique, à savoir :

- emploi des trois indications : voie libre, avertissement et arrêt ;
- emploi du signal de franchissement ;
- groupement sur un même mât de plusieurs signaux à trois indications, pour fixer la vitesse à observer au passage des bifurcations ;
- distinction entre les signaux permissifs et les signaux absolus par la position d'un feu de repère ou par la position respective des feux des deux signaux superposés.

Les Chemins de fer américains utilisent deux types de signalisations lumineuses : la signalisation par feux colorés et la signalisation par feux de position.

Les signaux colorés donnent, en principe, de jour comme de nuit, les indications fournies

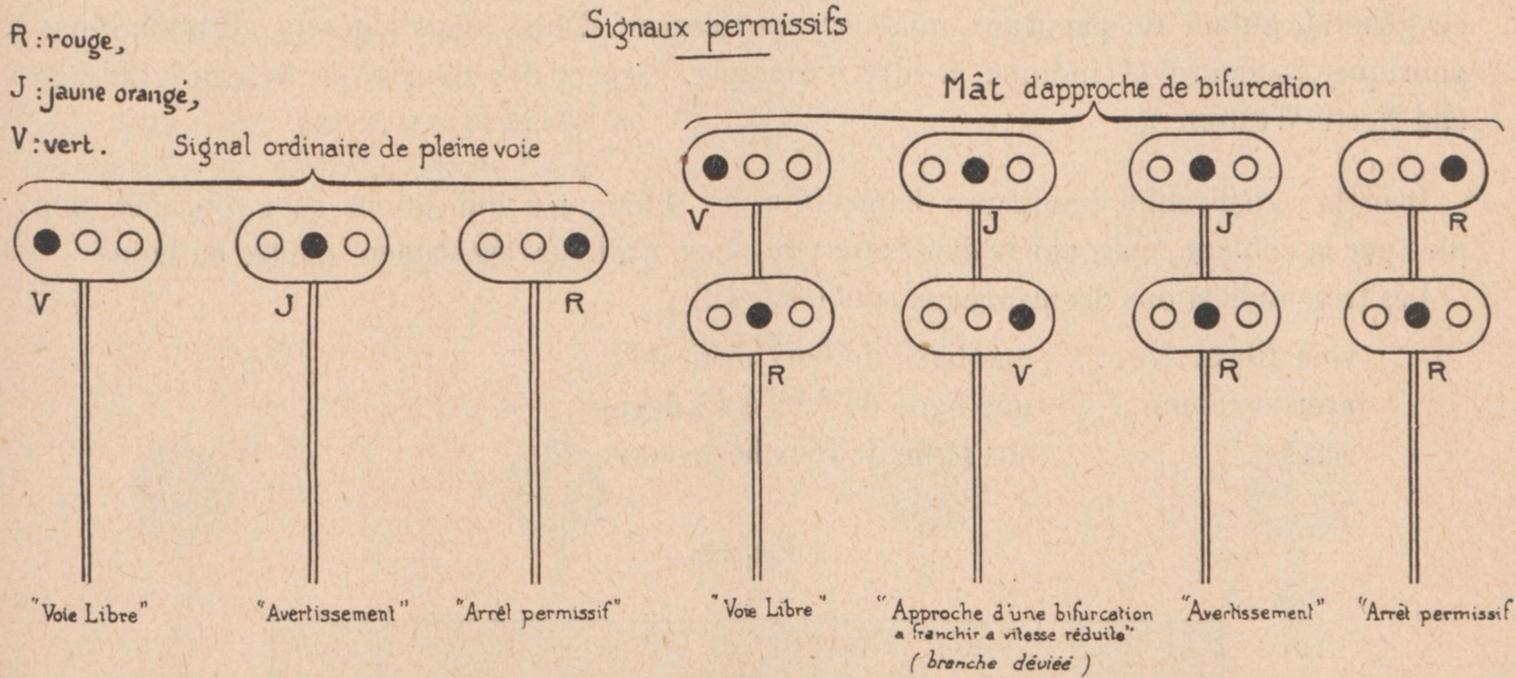
Fig. 10.



par les feux sémaphoriques, c'est-à-dire : vert pour voie libre, jaune orangé pour avertissement, rouge pour arrêt. Les différents feux sont portés par un panneau pouvant avoir des formes variées et sur lequel on présente seulement le feu donnant l'indication la plus impérative (Fig. 10).

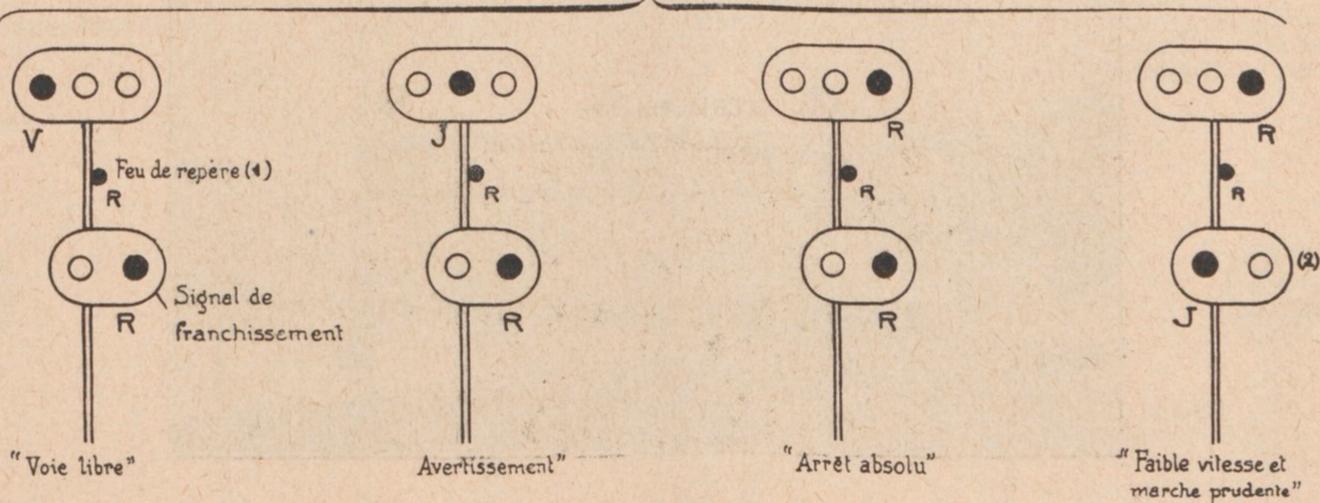
Le panneau joue

Fig. 11. — SIGNAUX LUMINEUX COLORÉS (Réseau du " Chicago and North-Western).

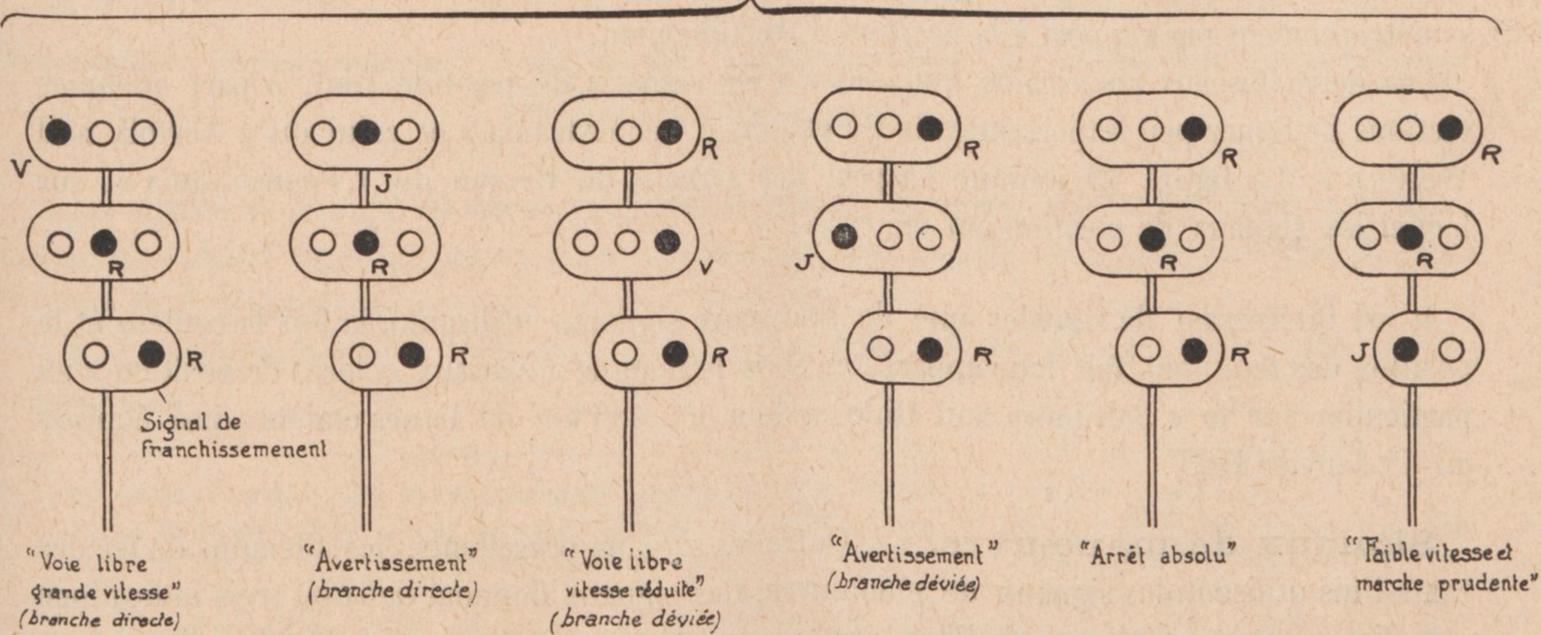


Signaux absolus

Mât d'arrêt absolu



Mât de bifurcation



(1) Les feux de repère sont placés sur les signaux absolus et non sur les signaux permissifs.
 (2) Le "signal de franchissement" donne l'indication "Faible vitesse et marche prudente" mais ne donne pas l'indication "Faible vitesse".

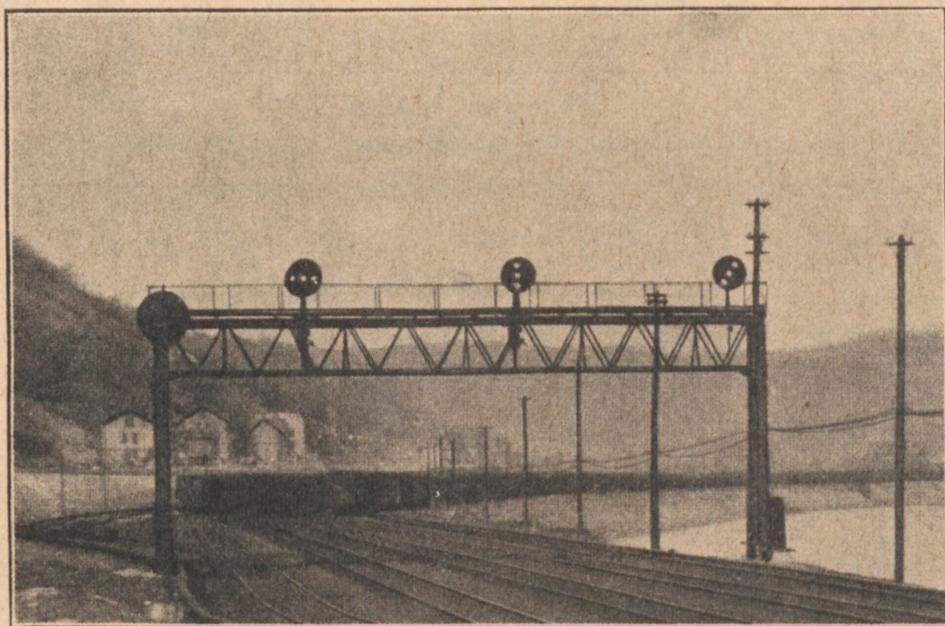
le même rôle qu'une aile sémaphorique à trois positions. Les mâts comportent donc, en général, autant de panneaux qu'ils comporteraient d'ailes dans une signalisation sémaphorique. La figure 11 indique, à titre d'exemple, l'aspect des signaux du Réseau « Chicago and North-Western ».

Dans la signalisation lumineuse de position, les différentes indications sont fournies, non plus par la couleur, mais par la disposition des feux, d'ailleurs légèrement teintés en jaune.

Les trois indications des panneaux sont (Fig. 12) :

- | | |
|--------------------|---------------------------------|
| voie libre..... | une ligne de feux verticale ; |
| avertissement | une ligne de feux à 45 degrés ; |
| arrêt | une ligne de feux horizontale. |

Fig. 12.



On utilise parfois une quatrième position dans laquelle les feux sont disposés à 45 degrés, symétriquement par rapport à la position d'avertissement.

Les deux Réseaux américains qui utilisent les signaux de position sont, à part quelques sections de lignes peu importantes, le Réseau du « Pennsylvania » et celui du « Norfolk and Western ». La figure 13 indique l'aspect des signaux du Réseau du « Pennsylvania », sur lequel les signaux de position ont été créés.

Il est intéressant de signaler que de nouveaux signaux, utilisant à la fois la couleur et la position des feux, ont fait leur apparition sous le nom de « signaux colorés de position » en particulier sur le « Baltimore and Ohio system » : 480 km de lignes étaient ainsi équipés au 1^{er} Janvier 1927.

Signaux de manœuvre. — Outre les signaux précédents, les Chemins de fer des Etats-Unis utilisent des signaux de manœuvre. Ces signaux donnent deux ou trois indications (avertissement et arrêt ; ou voie libre, avertissement et arrêt). Ils sont de faibles dimensions et situés au ras du sol (« dwarf signals »).

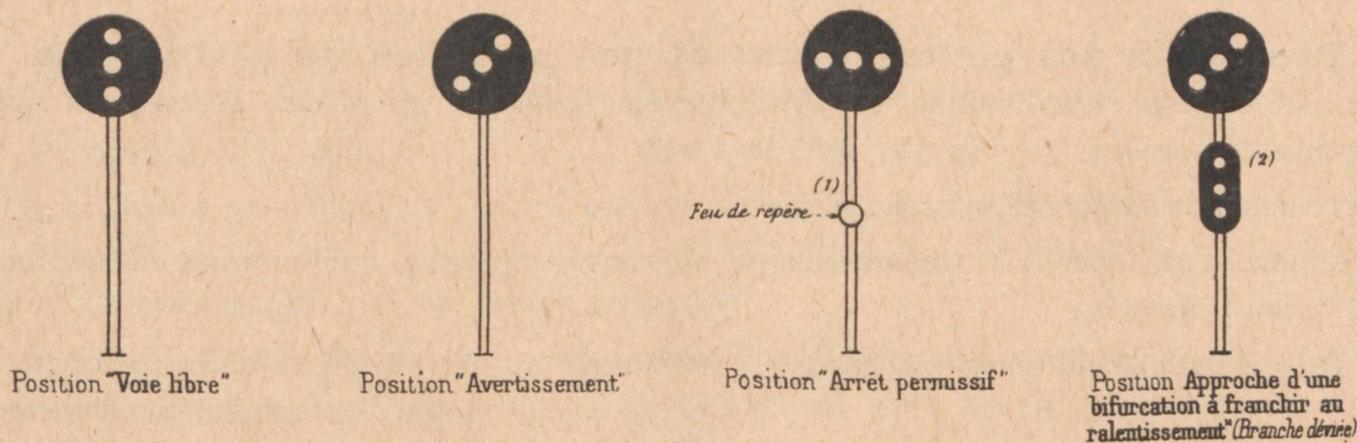
Ils sont utilisés dans les circonstances suivantes :

— situés sur des voies de service, ils permettent de commander les mouvements donnant accès aux voies principales ;

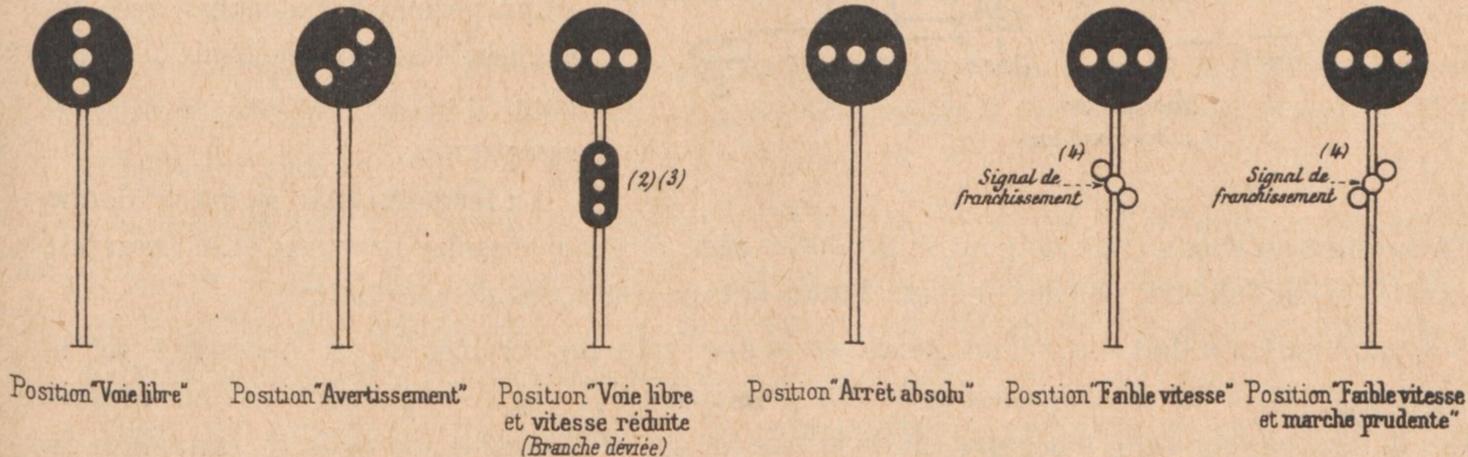
— situés sur des voies principales, ils permettent de scinder les itinéraires et de commander les mouvements de refoulement.

Fig. 13. — SIGNAUX LUMINEUX DE POSITION (Réseau du " Pennsylvania ").

Signaux permissifs.



Signaux absolus.



Les faibles dimensions de ces signaux ont le double avantage d'empêcher toute confusion avec les signaux normaux qui s'adressent aux trains de passage et de permettre une implantation particulièrement aisée.

Certaines grandes gares terminus des Etats-Unis sont traitées uniquement en signaux de manœuvre.

(1) Le feu de repère des signaux permissifs est éteint toutes les fois que le signal n'est pas à l'arrêt.

(2) La distinction entre le mât permissif d'approche de bifurcation et le mât absolu de bifurcation, qui comportent l'un et l'autre deux panneaux, résulte simplement de la nature des indications données par ces signaux.

(3) Il n'est pas prévu que le mât — de bifurcation puisse donner l'indication de la vitesse à observer quand il donne l'indication d'avertissement.

(4) En cas d'arrêt absolu, le signal de franchissement est éteint.

III. — Implantation et utilisation des signaux.

Espacement des trains. — Les signaux automatiques donnent, sur la plupart des Réseaux, l'indication « voie libre » quand les circuits de voie sont dégagés.

L'emploi du système de l'« overlap », qui consiste à équiper, au delà de chaque signal, une petite section isolée dont l'évacuation est nécessaire pour permettre la libération du signal précédent, est exceptionnel.

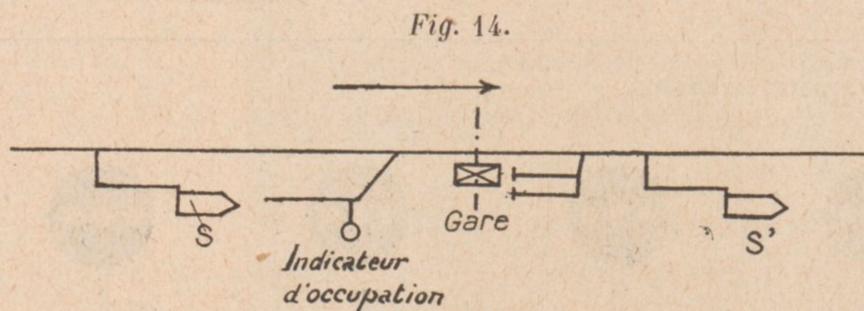
La longueur des cantons, sur les lignes à fort trafic, oscille autour de 1 mille (1.609 mètres).

Protection des petites gares et des aiguilles de pleine voie. — Les petites gares et les aiguilles de pleine voie sont protégées par la mise à l'arrêt du signal permissif précédent S (Fig. 14), qui est à l'arrêt :

- 1° quand le canton SS' est occupé ;
- 2° quand un appareil de voie quelconque est dans une position qui supprime la continuité de la voie principale.

La première condition est réalisée par le jeu même du circuit de voie, la deuxième au

moyen de commutateurs électriques placés sur les leviers de commande de chaque appareil et, en particulier, de chaque aiguille. Cette disposition permet d'enclencher avec les signaux tous les appareils de gare, bien que les leviers soient en campagne.



La fermeture du signal S donne l'assurance qu'aucun train ne peut se présenter sans être en marche prudente. Ce train est arrêté, le cas échéant, par des signaux à main faits par un Agent de couverture.

Quand un train doit sortir d'un garage ou d'une voie de service, il est nécessaire de le renseigner sur l'état d'occupation de la voie principale. S'il s'agit simplement de lui fournir des indications sur l'état d'occupation de la voie au delà de l'aiguille, on peut se contenter de placer un signal de cantonnement peu après la sortie du garage ou de la voie d'évitement. S'il s'agit de le renseigner en même temps sur l'état d'occupation de la voie principale en deçà de l'aiguille, on place, sur la voie de garage ou de service et près de sa jonction avec la voie principale, un signal miniature, dit « *indicateur d'occupation* », qui est solidaire de l'état du circuit de voie de la voie principale en amont et en aval de l'aiguille. Cet indicateur renseigne donc, en particulier, sur l'occupation de la section comprise entre l'aiguille et le signal S' et permet, en éloignant ce signal, d'alléger la signalisation de voie principale.

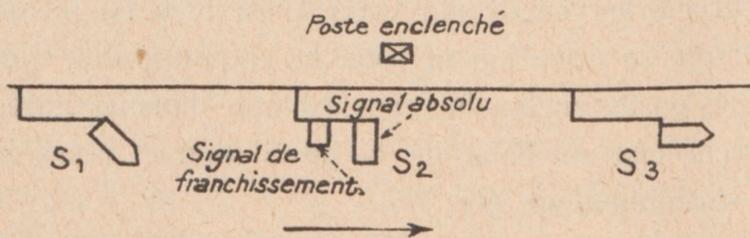
Postes enclenchés. — La protection de la zone des postes enclenchés est assurée, sous la responsabilité des Agents des postes, par des signaux absolus à trois positions, munis en général d'un signal de franchissement.

Considérons un signal absolu S_2 , précédé d'un signal permissif S_1 servant d'avertisseur. Soit

S_3 le premier signal permissif situé au delà de la zone du poste enclenché (Fig. 15). Le signal S_2 est à commande semi-automatique et fonctionne de la manière suivante :

Les signaux S_1 et S_2 sont normalement, le premier à l'avertissement, le deuxième à l'arrêt.

Fig. 15.



Quand un train est annoncé, l'Agent du poste efface ces signaux, si rien ne s'y oppose. Dès que le premier essieu attaque le signal S_2 , celui-ci passe à l'arrêt. L'Agent du poste confirme cette fermeture par le levier du signal S_2 et les signaux ne peuvent être effacés à nouveau que si :

- 1° rien ne s'oppose au point de vue des enclenchements au renversement du levier S_2 ;
- 2° le canton $S_2 S_3$ est libre.

Si la première condition est seule réalisée, le levier du signal S_2 peut être renversé, mais les circuits de voie maintiennent le signal à l'arrêt. Par contre, le signal de franchissement peut effectivement être mis en position de passage.

Si la deuxième condition est seule réalisée, les leviers du signal S_2 et du signal de franchissement sont immobilisés en position normale par le jeu des enclenchements.

IV. — La Réglementation américaine de block automatique.

Avant d'exposer les principes de la réglementation américaine, il convient d'indiquer qu'une liaison bilatérale existe dans les trains entre le Mécanicien et le Conducteur d'arrière. Cette liaison est réalisée :

- dans le sens Mécanicien — Conducteur d'arrière, au moyen du sifflet de la locomotive ;
- dans le sens Conducteur d'arrière — Mécanicien, au moyen d'une conduite spéciale à air comprimé qui court tout le long du train et qui permet au Conducteur d'arrière de déclencher un sifflet spécial sur la machine.

Dans un sens comme dans l'autre, la correspondance s'effectue au moyen d'un code conventionnel utilisant une succession de signaux brefs et longs. Ces signaux permettent en particulier :

- 1° au Mécanicien, de donner au Conducteur d'arrière l'ordre d'aller assurer la couverture du train,
- 2° au Conducteur d'arrière, de donner au Mécanicien des ordres d'arrêt, de départ, d'accélération, de ralentissement, etc...

Tous les Agents du train ont d'ailleurs, en cas d'urgence, le libre usage de la conduite à air comprimé et peuvent ainsi intervenir efficacement pour assurer la sécurité.

La différence la plus importante entre la réglementation française et la réglementation américaine réside dans le rôle dévolu aux Chefs de train. En France, sauf cas particuliers, la responsabilité du Chef de train n'existe guère qu'en pleine voie. Dans les gares, c'est le Chef de

service qui est le maître de la circulation et qui prend les dispositions utiles au point de vue du mouvement et de la sécurité.

Aux États-Unis, les seuls Agents des gares intervenant efficacement dans la circulation des trains sont les Agents des postes enclenchés. Encore la responsabilité de ce personnel est-elle limitée à la zone des postes et à la manœuvre correcte des appareils.

C'est au Chef de train qu'il incombe d'assurer le service de son train aussi bien en pleine voie que dans les gares. C'est, en particulier, sous sa direction et sous sa responsabilité que s'exécutent toutes les manœuvres en dehors des postes enclenchés, par exemple dans les gares secondaires. Le Chef de train doit donc être renseigné sur l'état de la circulation et recevoir des directives pour les garages, les temps de stationnement, etc.

Le Dispatcher est chargé de lui donner ces indications. L'emploi du Dispatching est, en effet, tout à fait général aux États-Unis ; il prévoit la subordination de tous les Agents de mouvement au Dispatcher, qui donne des ordres formels. La liaison entre les Chefs de train et le Dispatcher s'effectue directement par le téléphone ou par l'intermédiaire des Chefs de gare, qui se bornent à transmettre les indications reçues et à les répercuter au personnel des trains au moyen d'ordres écrits ou par la présentation des signaux. La première solution — ordres écrits, appelés « *train orders* » — a constitué pendant longtemps, par raison d'économie, le mode d'exploitation le plus général. Elle tend à céder la place à l'emploi plus sûr et plus rapide des signaux (1).

Conduite à tenir devant un signal d'arrêt. — Un signal absolu ne peut être franchi sans autorisation. Cette autorisation est donnée par l'Agent qui manœuvre le signal ou par un Agent au courant de l'état d'occupation des voies.

Au contraire, un signal permissif à l'arrêt peut être franchi. Le Mécanicien est autorisé, après avoir marqué l'arrêt, à pénétrer en marche prudente dans le canton bloqué. Il doit, d'après les règlements, « s'attendre à trouver dans le canton un train, un rail cassé, un obstacle ou une aiguille en mauvaise position ».

Couverture des trains. — Le Conducteur d'arrière dispose, pour couvrir son train : pendant le jour, d'un drapeau rouge, de pétards et de fusées ; pendant la nuit, d'une lanterne, de pétards et de fusées. Les fusées sont constituées par des tubes cylindriques contenant une matière fusante analogue à celle des feux de Bengale et donnant une flamme de couleur rouge ; leur durée de combustion est de l'ordre de quelques minutes.

Les règlements américains prévoient l'obligation de la couverture toutes les fois qu'un train est arrêté sur voie principale en dehors de la protection des signaux absolus. Les prescriptions correspondantes sont très impératives et sembleraient devoir entraîner souvent des pertes de Conducteurs ou des retards dans la circulation des trains, mais les règlements prévoient une restriction à l'obligation de la couverture et ne l'imposent que « dans les circonstances où un train peut être rattrapé par un train suivant », formule assez vague sur le sens de laquelle les Chemins de fer américains ne se sont pas appesantis.

(1) Dans la méthode d'exploitation par « *train orders* », on arrête les trains, auxquels les ordres écrits doivent être remis, par la présentation de signaux spéciaux, tout à fait indépendants des signaux décrits dans cette étude.

Sous cette réserve, le Conducteur doit, en cas d'arrêt, se porter à une distance « suffisante pour assurer la protection ». Une fois arrivé à la distance de couverture, où il doit demeurer jusqu'à ce qu'il soit rappelé par les coups de sifflet conventionnels du Mécanicien, le Conducteur d'arrière place des pétards sur la voie, présente des signaux d'arrêt et, « si les circonstances l'exigent », une fusée allumée.

Si le train suivant arrive avant que le Conducteur ait atteint la distance requise, celui-ci fait immédiatement des signaux d'arrêt avec tous les moyens dont il dispose et ne doit pas revenir à son train, même s'il est rappelé, avant que le train suivant soit arrêté.

Quand il est rappelé, le Conducteur laisse sur la voie des pétards et une fusée. Une fois revenu à son train, il donne au Mécanicien le signal de départ en utilisant la conduite spéciale à air comprimé.

Les règlements américains prévoient, en général, le cas où un train en marche lente risque d'être rattrapé par le train suivant. La seule disposition précise indiquée dans les textes consiste, pendant la nuit ou en cas de mauvaise visibilité, à laisser tomber de l'arrière du train, à des intervalles convenables, des fusées allumées. Ces fusées brûlent quelques minutes et sont destinées à prévenir un train qui suivrait de trop près le train en marche lente.

RÉALISATION TECHNIQUE DU BLOCK AUTOMATIQUE.

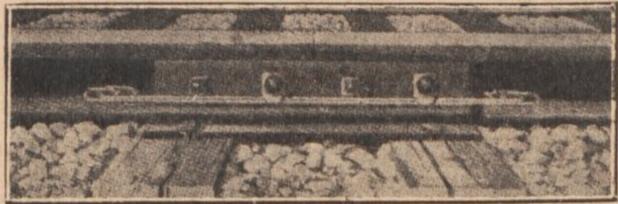
I. — Circuits et relais de voie.

Équipement du circuit de voie. — Les connexions de rail à rail sont constituées, aux Etats-Unis, par des fils de fer galvanisé, des fils d'acier-cuivre dit « copperclad » (fil « bi-métallique » à âme d'acier recouverte d'une couche de cuivre), des fils de cuivre, ou encore une association de ces derniers. Leur longueur varie de 1 m à 1 m,50 selon la dimension des éclisses. Leur diamètre, sur les lignes à traction à vapeur, est égal à 4 mm,20 pour les fils de fer galvanisé et à 4 mm,12 pour les fils de cuivre.

Chaque joint est généralement muni de deux fils de connexion, afin d'assurer la continuité du circuit de voie si l'un d'eux vient à se rompre. On utilise même quatre fils en des points particuliers (croisements, ponts, etc...). Les deux fils de connexion sont placés à l'extérieur des éclisses et du côté intérieur du rail. Des dispositifs divers (crochets, crampons, etc...) sont

parfois employés pour les maintenir appliqués contre le rail et diminuer les risques de dégradation (Fig. 16).

Fig. 16.



Les fils de connexion sont, le plus souvent, fixés au rail à l'aide de broches. Celles-ci peuvent être du type ordinaire, possédant un seul canal à section semi-circulaire, dans lequel vient se placer l'extrémité d'un fil de connexion ; en ce cas, la broche est enfoncée dans l'âme

du rail de telle manière que le canal soit tourné vers le bas. Elles peuvent être également du type « duplex », avec deux canaux symétriques par rapport à l'axe de la broche (Fig. 17), qui

permettent de fixer au rail deux fils de connexion à la fois. La broche est alors enfoncée de manière que les canaux soient tournés vers les côtés.

Fig. 17.



Les Réseaux américains ont tenté de se protéger contre les ruptures de connexions de rail à rail ; ils ont cherché, en même temps, à éviter la diminution de résistance mécanique et de conductibilité électrique dues à l'oxydation et à la corrosion du fil et des broches.

Les solutions les plus généralement usitées sont l'emploi de connexions inoxydables, en fer pur recouvert de zinc, fixées avec des broches ordinaires, et l'emploi de petits câbles en fils de fer, de cuivre ou d'acier « copperclad », présentant une grande section totale. Ces câbles sont fixés au rail par l'intermédiaire de bouchons de 9 mm,5 de diamètre. Une seule connexion suffit alors pour un joint (Fig. 18). Cette deuxième solution est réservée aux cas où l'on a besoin d'une bonne conductibilité locale.

Un autre procédé consiste à utiliser des connexions soudées dites « welded bonds » (Fig. 19), composées d'un seul fil ou câble de cuivre, de section variable suivant l'intensité du courant dans les rails, et soudé aux champignons à l'extrémité même de chacun des deux rails contigus. Les conducteurs de cuivre sont ainsi de faible longueur et leur prix de revient assez faible. Ce type de connexion ne semble guère utilisé que sur les lignes électrifiées.

Les conducteurs qui amènent le courant de la source d'énergie aux rails sont :

- soit des câbles armés ;
- soit des câbles non armés ou de simples fils isolés, protégés par une gaine de bois (« trunking »). Cette dernière méthode semble être la plus générale.

Fig. 19.

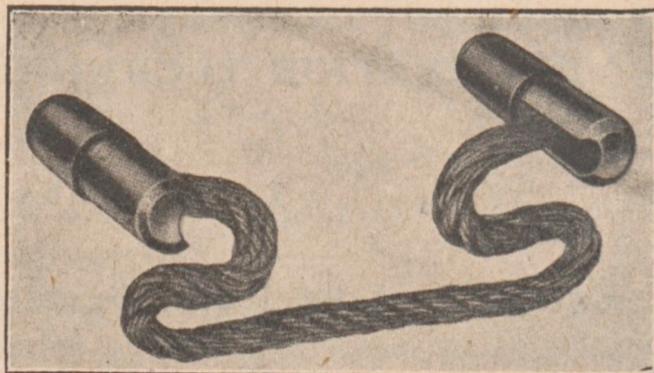
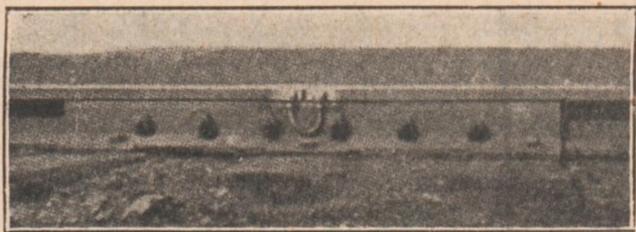


Fig. 18.



Les méthodes de prise au rail varient suivant les Réseaux. Les uns utilisent des boîtes d'extrémités, les autres y ont renoncé et effectuent directement leurs prises aux rails.

Tous les joints isolants américains sont « portés », ce qui leur assure une durée relativement grande.

Les deux types de joints employés le plus fréquemment sont : le joint « Weber » (Fig. 20), qui utilise le bois comme matière isolante, et le joint « Continuous » (Fig. 21), qui utilise la fibre. Les Réseaux américains donnent la préférence au joint Weber au point de vue électrique et au joint Continuous au point de vue mécanique. Pour cette dernière raison,

le joint Continuous est largement employé en pleine voie ; son isolement électrique est d'ailleurs suffisant en raison de l'excellente qualité des fibres américaines, qui répondent à des spécifications sévères établies par l'«American Railway Association et relatives à leur densité, à leur résistance mécanique, à leur résistance électrique et à leur pouvoir d'absorption de l'eau.

Les connexions inductives utilisées sur les lignes à traction électrique par courant continu sont des connexions à noyau de fer. Ces dernières ont l'avantage de réduire le poids de cuivre

Fig. 20.

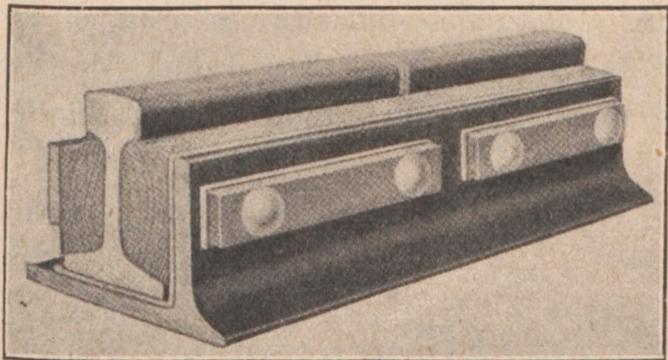
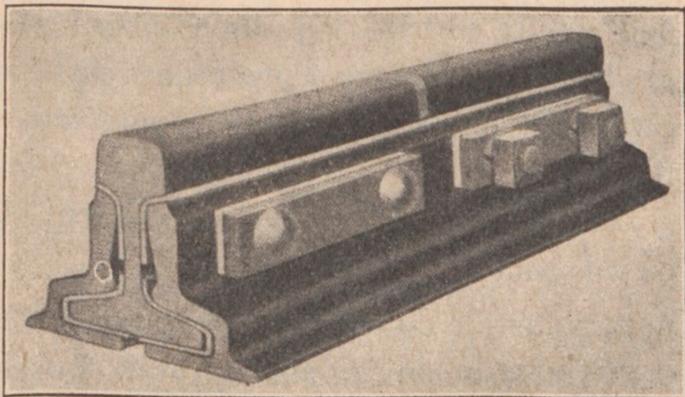


Fig. 21.



utilisé ; par contre, elles ont l'inconvénient d'être aimantées par les courants de circulation qui résultent de la différence d'intensité entre les courants de retour dans les deux rails. Les connexions sont en général établies de manière que leur réactance reste dans des limites admissibles avec un déséquilibre de 10 à 20 %.

Lorsque la traction se fait en courant alternatif, on emploie également, le plus souvent, des connexions à noyau de fer. Les fréquences généralement admises dans ce cas sont : 25 périodes pour le courant de traction, 60 pour le courant de signalisation.

Relais de voie. — Classification et fonctionnement. — On peut distinguer cinq types de relais de voie :

Relais à courant continu :

- type neutre,
- type polarisé.

Relais à courant alternatif :

- type ordinaire à un élément,
- type ordinaire à deux éléments,
- type de fréquence.

Rappelons que les relais à courant continu du type polarisé sont munis de deux armatures. une armature neutre, qui fonctionne comme celle d'un relais du type neutre, une armature polarisée qui fait la sélection entre les circuits commandant les positions « voie libre » et « avertissement » du signal. Ces relais peuvent ainsi donner trois indications.

Quant aux relais à courant alternatif, ils sont dits « à un élément » quand ils n'utilisent pas de source auxiliaire de courant local ; ils sont dits « à deux éléments » quand ils

comportent un « enroulement de voie » alimenté par le circuit de voie et un « enroulement local » alimenté par une source d'énergie locale. Ce dernier type de relais peut être construit à deux ou à trois positions.

Enfin, les relais du type « de fréquence » ne sont effectivement actionnés qu'à partir d'une fréquence déterminée, celle du courant de signalisation.

Nous ne décrivons pas ces relais, qui sont déjà connus sur les Réseaux français ; nous signalerons cependant que les contacts « hauts », commandant la mise à voie libre des signaux, sont du type carbone-argent, qui évite toute possibilité de soudure.

Les relais de voie traduisent, comme on le sait, l'état d'occupation du circuit de voie. Ils doivent être « excités » quand ce circuit est dégagé et « désexcités » quand il est occupé. Le problème du fonctionnement du relais de voie se résume donc dans l'étude de ses caractéristiques électriques, compte tenu des variations d'état du circuit de voie auquel il est relié.

Les valeurs caractéristiques qui servent de base aux mesures américaines sur les relais de voie sont :

- 1° l'intensité du courant d'excitation (pick up),
- 2° l'intensité du courant de travail (working),
- 3° l'intensité du courant de chute (drop away).

L'intensité d'excitation est celle du courant qui doit circuler à travers l'enroulement de voie E pour déplacer la partie mobile (armature, rotor, ailette, etc...) jusqu'au point où les doigts de contact viennent s'appuyer sur les charbons (contacts hauts), sans exercer sur eux aucune pression.

Si l'on augmente l'intensité du courant qui traverse E à partir de la valeur d'excitation, la partie mobile du relais poursuit son déplacement ; les doigts de contact exercent sur les charbons une pression croissante, sous l'effet de laquelle ils fléchissent progressivement. Leurs extrémités décrivent en même temps une certaine course sur la surface des charbons, assurant ainsi par leur frottement un excellent contact. *L'intensité de travail* est la valeur atteinte par le courant lorsque la partie mobile arrive au bout de sa course.

L'enroulement E étant primitivement parcouru par le courant de travail, supposons qu'on diminue progressivement l'intensité du courant. Le couple agissant sur la partie mobile décroît avec l'intensité ; la flèche des doigts de contact diminue peu à peu jusqu'au moment où ces derniers n'exercent plus aucune pression sur les pièces de charbon. A ce moment, le couple moteur électro-magnétique est juste égal au couple mécanique résistant exercé sur la partie mobile par le dispositif de rappel ; la valeur correspondante de l'intensité dans l'enroulement E est celle *de chute*.

Si le courant diminue encore, l'armature est rappelée à sa position de repos, coupant les contacts « hauts » et venant fermer les contacts « bas ».

Ces définitions posées, on peut préciser les conditions de fonctionnement d'un relais de voie monté sur un circuit de voie. Ces conditions sont au nombre de trois :

- 1° l'intensité normale du courant dans le relais doit être supérieure ou égale au courant de travail ; il est bon, d'ailleurs, de ne pas trop dépasser cette valeur, un courant trop intense à travers les bobines du relais pouvant nuire, à la longue, à son bon fonctionnement ;

2° l'intensité à travers le relais doit tomber au-dessous de la valeur de chute, aussitôt que des véhicules shuntent le circuit de voie ;

3° l'intensité doit prendre une valeur supérieure à celle d'excitation, dès que le circuit de voie est dégagé.

Ces conditions sont d'autant plus faciles à réaliser que le relais est établi avec une intensité d'excitation plus faible et avec des rapports $\frac{\text{intensité de chute}}{\text{intensité de travail}}$ et $\frac{\text{intensité de chute}}{\text{intensité d'excitation}}$ plus voisins de l'unité. Les valeurs de l'intensité d'excitation et des rapports ci-dessus sont donc des caractéristiques d'une importance capitale, puisqu'elles mesurent la facilité avec laquelle un relais se désexcite et s'excite à nouveau.

Le tableau suivant indique les valeurs caractéristiques des *relais neutres à courant continu* de la « General Railway Signal Co », correspondant aux spécifications de l'« American Railway Association » :

	Intensité de travail	Intensité de chute	Intensité d'excitation
Relais de 2 ohms.....	0,132 amp.	0,044 amp.	0,088 amp.
— 4 ohms.....	0,090 »	0,030 »	0,060 »

D'une manière générale les conditions de réception prévoient que l'intensité minima de chute doit avoir une valeur au moins égale à 50 % de celle de l'intensité maxima d'excitation.

En ce qui concerne les *relais à courant alternatif* les spécifications de l'« American Railway Association » sont moins impératives. Elles prévoient que le rapport $\frac{\text{intensité de chute}}{\text{intensité d'excitation}}$ ne doit pas être inférieur à 45 %. En fait, il atteint souvent des valeurs de 78 à 90 % ; l'essai correspondant, pour un relais à deux éléments, doit être effectué en réduisant seulement la tension de l'élément de voie, tandis que celle de l'élément local est maintenue à sa valeur normale ; on se trouve ainsi dans les conditions de la pratique. Quant au rapport $\frac{\text{intensité d'excitation}}{\text{intensité de travail}}$ il ne doit pas être inférieur à 50 % et, en fait, il dépasse fréquemment 75 % ; l'essai correspondant, pour un relais à deux éléments, doit également être fait par simple variation de la tension de l'élément de voie. Tous les relais américains à courant alternatif doivent enfin fonctionner de manière satisfaisante lorsque les diverses tensions sont réduites à 85 % de leurs valeurs normales.

Emploi des divers types de circuits et de relais de voie. — Sur les lignes électrifiées, l'emploi du courant alternatif s'impose. Au contraire, sur les lignes à traction à vapeur, le choix est possible, à priori, entre les divers types de circuits et de relais de voie.

D'une manière générale, les Réseaux américains estiment que les relais de voie à courant continu présentent les avantages suivants :

- faible prix d'achat,
- facilité d'entretien,
- sûreté de réglage,
- grande simplicité de montage,

— rendement mécanique très supérieur à celui des relais à courant alternatif (leur consommation d'énergie est, en effet, de huit à dix fois plus faible).

Ils présentent, par contre, deux inconvénients. Ils ne peuvent être employés avec des piles que sur des sections de voie de longueur moyenne, du moins lorsque le ballast est peu satisfaisant. En effet, les éléments de piles ont une force électromotrice réduite et le prix de revient élevé de l'énergie qu'ils fournissent limite leur montage en série, les pertes d'énergie dans le ballast devenant rapidement prohibitives. D'autre part, les relais à courant continu sont facilement affectés par les courants étrangers au circuit de voie.

En ce qui concerne les *relais à courant continu* du type neutre, les Réseaux américains attachent la plus grande importance à choisir judicieusement la résistance de leur enroulement.

Les relais de 4 ohms ont été longtemps les plus employés aux Etats-Unis. Mais, actuellement, on tend à utiliser largement les relais de 2 ohms avec piles à la soude (force électromotrice : 0v,65).

Comme le montre le calcul, confirmé d'ailleurs par les résultats de l'expérience, les relais de 2 ohms sont moins sensibles aux fuites de courant à travers les joints isolants. Ils peuvent fonctionner de manière satisfaisante avec une résistance de ballast plus faible que ceux de 4 ohms. L'emploi du relais de 2 ohms permet également d'augmenter la longueur des circuits de voie, toutes choses étant égales d'ailleurs, à la condition d'insérer entre la batterie et la voie une résistance suffisante. Enfin, la consommation d'énergie du relais de 2 ohms est inférieure d'environ 50 % lorsque la voie est occupée ; si la voie est dégagée, la consommation est également plus faible, tant que la résistance du ballast n'est pas trop grande.

La pratique courante aux Etats-Unis est actuellement d'employer le relais de 4 ohms quand le circuit de voie est alimenté par des accumulateurs ou quand il est alimenté par des piles à la soude avec de bonnes conditions de ballast. Le relais de 2 ohms est surtout utilisé sur les longs circuits de voie équipés avec des piles à la soude et présentant une faible résistance de ballast.

L'emploi des relais polarisés à courant continu reste assez exceptionnel. Ils ont l'avantage d'éviter l'emploi des fils et des relais de ligne mais on leur reproche d'être sujets à de fréquents incidents dus vraisemblablement aux variations de l'aimantation de l'aimant permanent.

Les installations à *circuits et relais de voie à courant alternatif*, imposées sur les lignes à traction électrique, se répandent également sur les lignes à traction à vapeur lorsque la présence de courants vagabonds est à craindre.

Les relais à un élément ne sont employés que sur des circuits de voie d'une longueur inférieure à 350 mètres environ. Avec des relais à deux éléments, on utilise des circuits de voie allant jusqu'à 3 ou 4 km. Parmi ces derniers, les relais à trois positions ont l'avantage d'éviter l'emploi des circuits et des relais de ligne ; ils fonctionnent d'ailleurs de manière satisfaisante, mais ils ont l'inconvénient, en cas de rupture des joints isolants, de pouvoir donner, au lieu de l'indication « arrêt », une fausse indication d'« avertissement ».

Quant aux relais de fréquence, ils sont, en général, réservés aux lignes équipées en traction électrique à courant alternatif.

(à suivre).