

Revue générale des chemins de fer (1924)

Revue générale des chemins de fer (1924). 1927/06.

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

Suite et fin (1)

RÉALISATION TECHNIQUE DU BLOCK AUTOMATIQUE *(suite)*

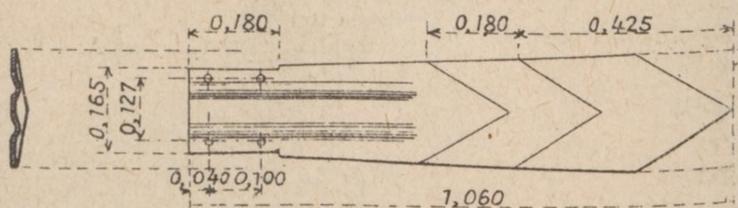
II. — Description et fonctionnement des signaux automatiques

Comme on l'a vu, les Chemins de fer américains utilisent deux catégories de signaux automatiques : les *signaux sémaphoriques* et les *signaux lumineux*.

Description des signaux sémaphoriques. — Les Réseaux américains ont adopté comme type standard le sémaphore automatique à trois positions, avec mouvement dans le quadrant supérieur. Les indications de ce signal sont données : le jour, par les positions de l'aile sémaphorique ; la nuit, par des feux colorés (rouge, jaune orangé ou vert).

Les *ails* des sémaphores (Fig. 22) sont en métal émaillé, ce qui en facilite l'entretien et

Fig. 22.



donne à la palette un éclat et une fraîcheur remarquables. Elles sont généralement recouvertes d'émail rouge foncé, avec un chevron blanc parallèle à la pointe dans le cas des signaux automatiques permissifs (2); parfois elles sont émaillées en jaune clair avec un chevron noir (2). La présence de ce

chevron, qui tranche nettement sur le fond de l'aile et en repère l'axe de symétrie, contribue à l'excellente visibilité des indications.

Les ailes sont fixées, par l'intermédiaire de boulons ou de crampons, au *porte-lucarnes* (Fig. 23), portant trois verres colorés convexes A, B et C, qui viennent se placer successivement devant la lampe du sémaphore (3). L'ensemble du porte-lucarnes et de l'aile tourne autour d'un axe O, supporté par des coussinets fixés au mât du signal, comme on le voit sur

(1) Voir *Revue Générale* N^o de Mai, p. 436.

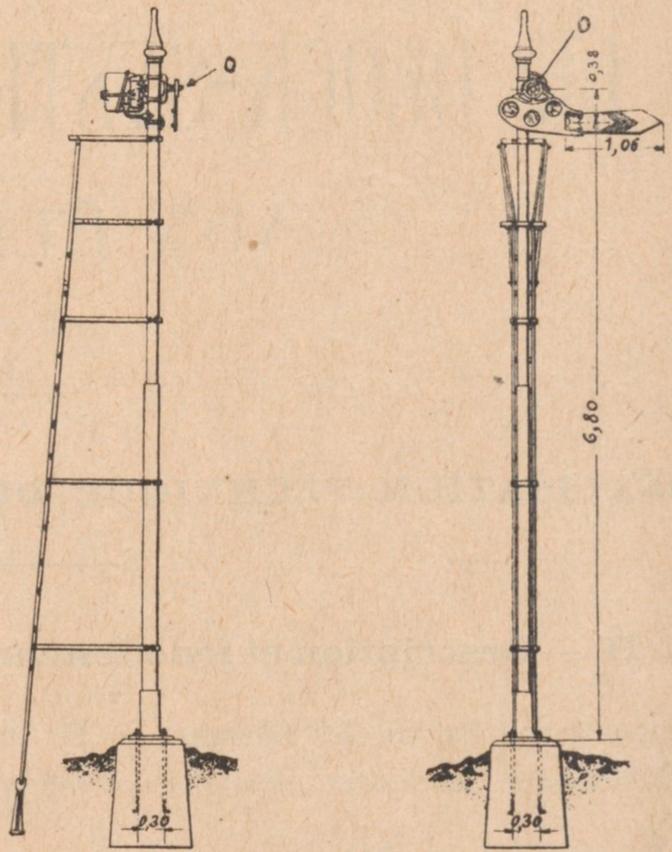
(2) Le chevron est remplacé par une bande rectiligne dans le cas des signaux absolus.

(3) L'emploi de verres convexes a permis d'éviter les « indications fantômes » ou fausses indications, qui étaient provoquées par la réflexion sur les verres plats de la lumière solaire ou des faisceaux lumineux émis par les phares des locomotives.

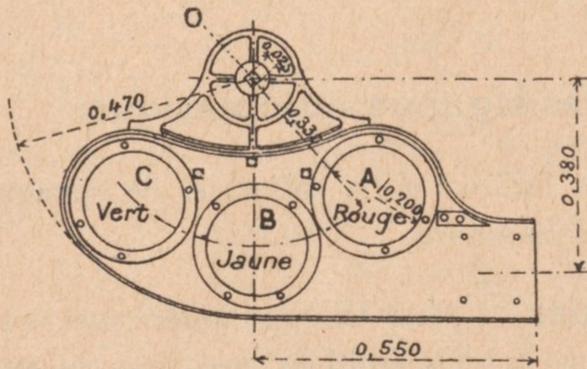
la figure 24. Cette disposition assure à l'aile, dans sa position verticale, un décrochement « en baïonnette » par rapport au mât, ce qui rend l'indication « voie libre » tout à fait positive.

Les mâts sont de divers types, selon qu'ils sont implantés dans le sol ou montés sur potences ou sur portiques, et qu'ils portent une ou plusieurs ailes sémaphoriques. Pour un mât implanté dans le sol et muni d'un seul bras, l'axe de rotation O du porté-lucarnes est à 7 m,24 de la base du rail (Fig. 25). Lorsque

Fig 24.

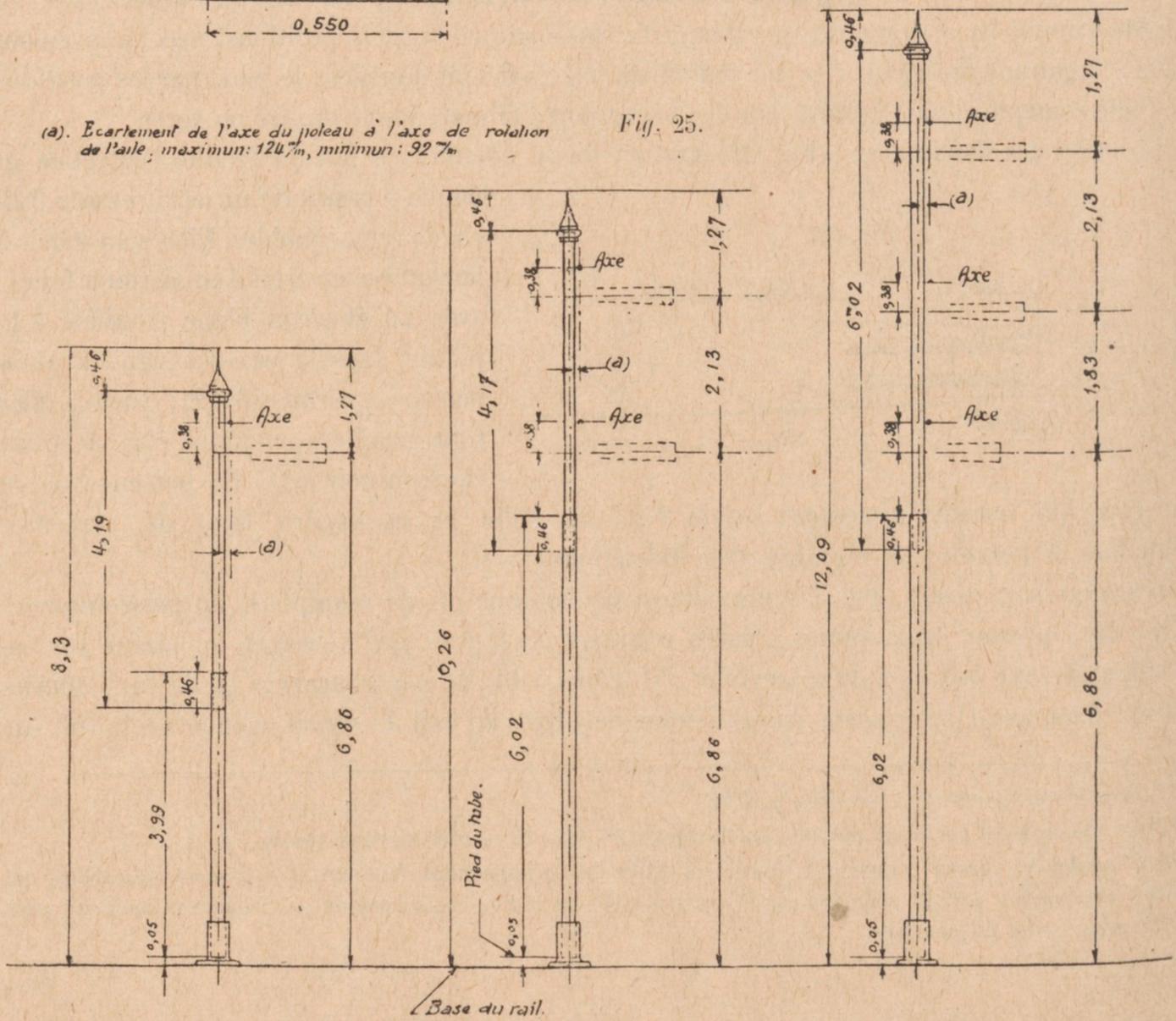


Fig, 23.



(a). Écartement de l'axe du joleau à l'axe de rotation de l'aile; maximum: 124,7m, minimum: 92,7m

Fig. 25.



les mâts portent plusieurs ailes, c'est toujours l'aile inférieure qui se trouve à cette distance du niveau du sol, l'intervalle étant de 2 m,13 entre deux grandes ailes et de 1 m, 83 seulement entre une grande aile et une petite aile de signal de franchissement.

La lanterne destinée à fournir les indications de nuit est portée par une potence réglable, fixée au mât et qui permet d'effectuer un alignement précis du feu du sémaphore. La lanterne est généralement pourvue d'une lentille en verre incolore, qui peut être munie de dispositifs spéciaux destinés à étaler le faisceau dans les courbes.

Le bras sémaphorique est mû par un moteur électrique qui, dans les signaux modernes, entraîne le porte-lucarnes par l'intermédiaire d'un simple train d'engrenages, sans aucune transmission par tringles ou par fils. A cet effet, la boîte contenant le moteur et l'ensemble du mécanisme est fixée au mât, par des colliers, derrière le porte-lucarnes (Fig. 26) ; elle est établie de manière à n'affecter en rien la silhouette du signal.

Un tel mécanisme doit satisfaire à de nombreuses spécifications : il doit, par exemple, mettre automatiquement le signal à l'arrêt, dès qu'une avarie survient à une pièce quelconque, l'aile revenant de la position voie libre à la position arrêt en 8 secondes

Fig. 26.

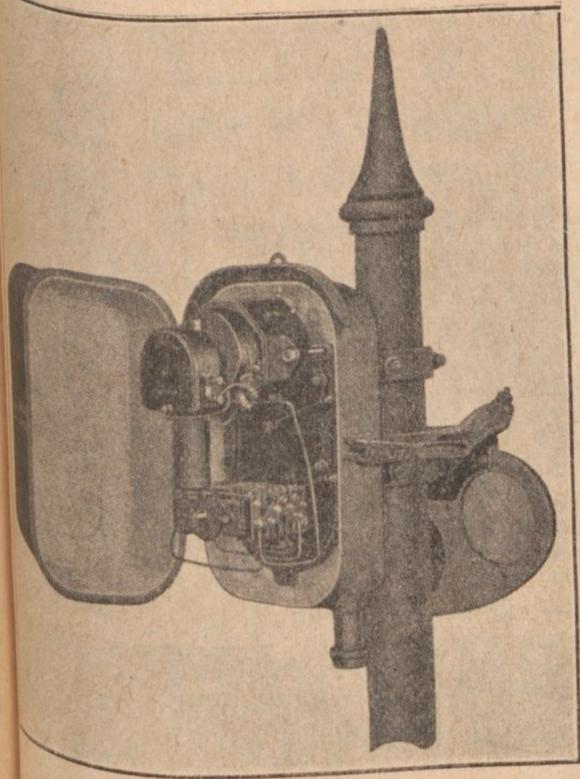
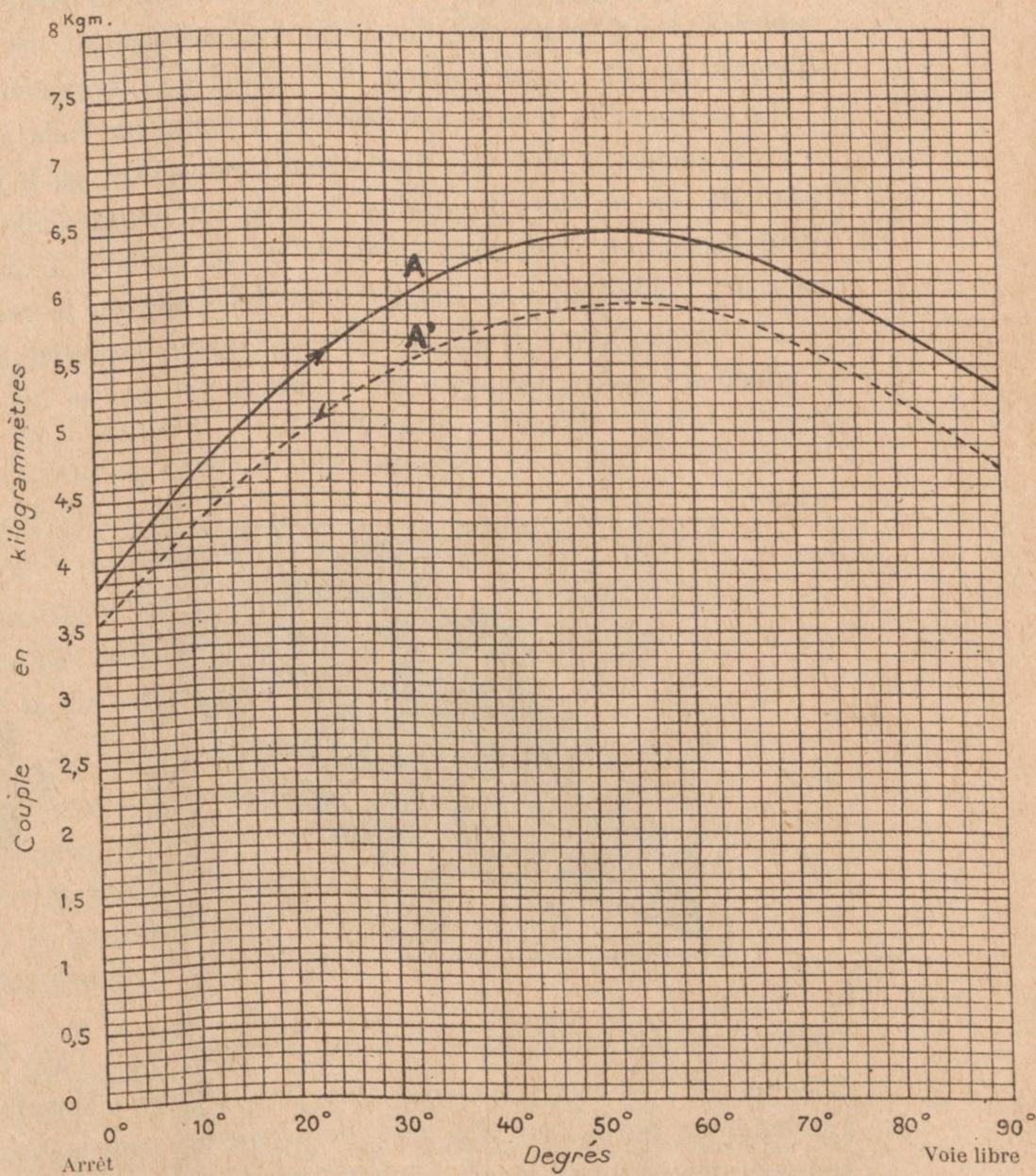


Fig. 27.



au plus. Le couple (moteur ou résistant), que doit exercer le moteur électrique sur l'arbre d'un signal muni d'un porte-lucarnes et d'une aile standards, est représenté par les courbes

de la figure 27 : la courbe A représente la variation du couple moteur pendant le mouvement de 0° (arrêt) à 90° (voie libre), la courbe A' la variation du couple résistant dans le mouvement inverse.

Fonctionnement des sémaphores automatiques. — Le moteur représenté en M sur la figure 28 est, en général, à courant continu du type série ou à courant alternatif du type asynchrone diphasé. Il est à *dévirage*, c'est-à-dire que l'accouplement de son induit et de l'aile sémaphorique est bilatéral : quand les enroulements sont sous tension, l'induit entraîne l'aile vers les positions « avertissement » ou « voie libre » ; réciproquement, lorsque l'aile retombe par gravité, elle entraîne l'induit en sens inverse du sens normal de rotation, disposition qui permet le freinage électrique. Cet accouplement de l'aile et du moteur, qui se fait par l'intermédiaire d'un train d'engrenages E, n'est d'ailleurs pas absolument rigide : afin d'éviter au moteur et aux engrenages des arrêts trop brusques et des efforts intérieurs trop importants lorsque l'aile s'arrête, à la fin du dévirage en particulier, les constructeurs américains ont prévu des dispositions d'encliquetage, des bagues de frottement sur les roues d'engrenage, etc..., qui donnent de l'élasticité à l'accouplement.

Le *dispositif de maintien* D, destiné à maintenir l'aile à 45° ou à 90°, lorsque les positions « avertissement » ou « voie libre » sont commandées par le jeu des relais de voie, consiste, par exemple, en un électro, qui s'excite un peu avant que l'aile atteigne la position commandée et dont l'armature vient alors immobiliser un tambour tournant à frottement dur sur l'arbre moteur ; l'induit est ainsi freiné et immobilisé dès que le moteur n'est plus sous tension.

Le *commutateur* C (Fig. 28 et 29) est l'organe essentiel de commande des différents circuits (inducteurs, induit, dispositif de maintien) ; il est, en général, constitué par un tambour de

Fig. 28.

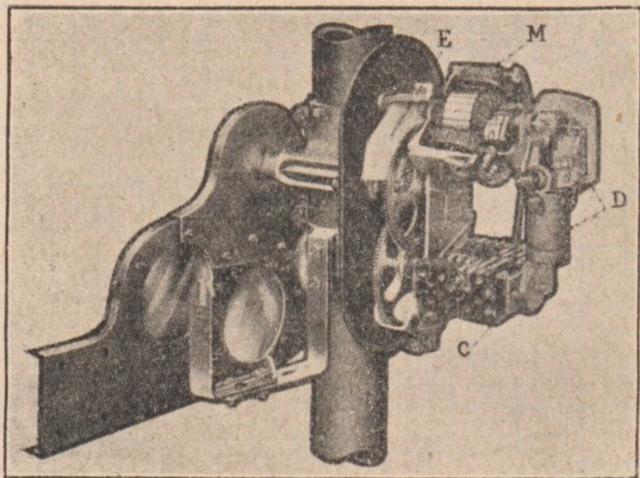
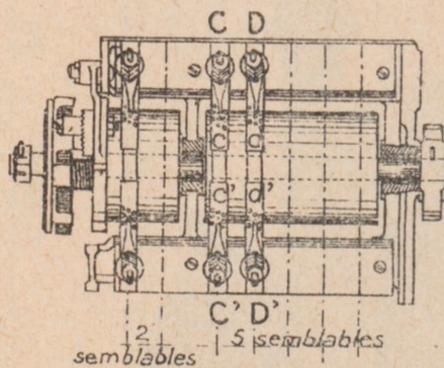


Fig. 29.



matière isolante, relié par un train d'engrenages à l'axe du bras sémaphorique : à toute position de l'aile correspond donc une position bien déterminée du tambour du commutateur. Ce tambour porte, sur des arcs de longueurs convenables, des lames conductrices qui, au moment voulu, ouvrent ou ferment, par l'intermédiaire de contacts *c, c', d, d'*, etc..., les divers circuits aboutissant aux bornes C, C', D, D', etc...

A titre d'exemple, la figure 30 représente, dans leurs traits essentiels, les *circuits de commande d'un moteur à courant continu* actionnant un sémaphore S₁ (Fig. 31). I représente

l'induit et E les inducteurs du moteur ; D figure l'électro de maintien ; le commutateur est schématisé en C et C' : les tiges conductrices A et A' tournent en même temps que l'aile sémaphorique et occupent les positions A_0, A_{45}, A_{90} , etc..., quand l'aile est respectivement à

Fig. 30.

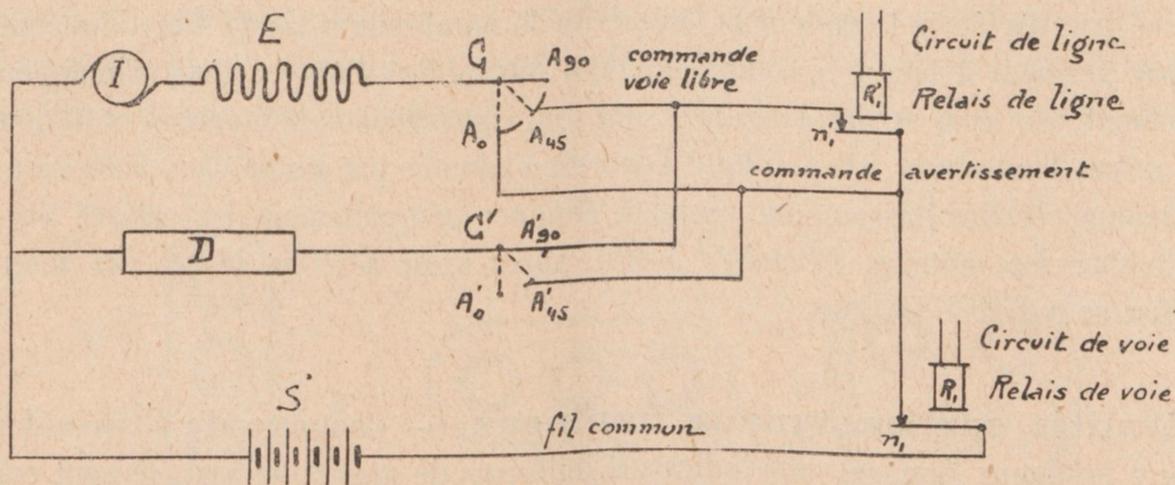
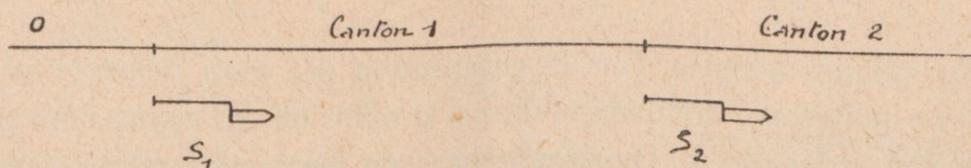


Fig. 31.



0° (arrêt), 45° (avertissement) ou 90° (voie libre) ; s' représente la source de courant continu (batterie de piles ou d'accumulateurs) ; R_1 figure le relais de voie du canton 1 ; R'_1 est un « relais de ligne » alimenté par un « circuit de ligne » et dont l'armature reproduit à l'emplacement de S_1 la position de l'armature du relais de voie du canton 2.

Si un train pénètre dans le canton 1, R_1 se désexcite ; les divers circuits de commande (moteur et maintien) sont coupés par l'ouverture du contact n_1 ; l'aile tombe, par gravité, en entraînant par dévirage l'induit et le commutateur qui vient en A_0, A'_0 .

Si le train dégage le canton 1 en occupant le canton 2, R_1 s'excite, R'_1 se désexcite : le contact n_1 se ferme, n'_1 s'ouvre. Les circuits de commande de la position « avertissement » étant ainsi fermés, les inducteurs E sont mis sous tension par A_0 et le moteur entraîne l'aile jusqu'à ce que le commutateur atteigne la position A_{45}, A'_{45} ; à ce moment, l'alimentation des inducteurs est coupée en A_{45} et le moteur s'arrête ; le dispositif de maintien étant excité en A'_{45} , l'aile est maintenue à l'avertissement.

Si le train dégage le canton 2, 1 restant libre, le relais R'_1 s'excite ; n'_1 se ferme ; le commutateur étant en A_{45}, A'_{45} , les inducteurs E sont excités à nouveau et le moteur entraîne l'aile jusqu'à la position « voie libre ». Le moteur s'arrête alors, le circuit d'excitation de E étant coupé en A_{90} ; au contraire, l'électro de maintien est excité en A'_{90} et maintient l'aile à voie libre.

Bien entendu, l'on trouve aux Etats-Unis une grande variété de montages différents, selon le type et la marque des moteurs utilisés, selon les montages adoptés pour la liaison de signal à signal (relais de voie à deux positions et relais de ligne, à courant alternatif ou continu ; relais

de voie continu du type polarisé ou alternatif à trois positions, qui cumulent les fonctions des relais de voie et de ligne du montage décrit ci-dessus). Mais le principe du fonctionnement des sémaphores automatiques reste le même dans les différents cas.

Les sémaphores établis selon les principes ci-dessus fonctionnent remarquablement, sur des milliers de kilomètres, aux Etats-Unis ; la suppression de toute transmission mécanique par tringles ou par fils entre le moteur et l'aile évite de nombreux ratés de fonctionnement ; les calages par gel sont à peu près complètement évités, grâce, d'une part, au soin apporté dans l'établissement des axes et des coussinets, qui sont rigoureusement étanches et toujours bien lubrifiés, grâce, d'autre part, à la politique d'entretien adoptée par les Réseaux américains. Nous signalerons que certains Réseaux ont réussi à éliminer complètement les calages par gel en faisant plomber les moteurs d'Octobre à Mai, après avoir aéré les boîtes des mécanismes et soigneusement graissé les axes.

Généralités sur les signaux lumineux. — Comme on l'a dit précédemment, les signaux lumineux donnent une indication uniforme de jour et de nuit. Ils sont constitués par des panneaux portant plusieurs feux élémentaires : un feu rouge, un feu jaune orangé et un feu vert pour les signaux colorés, trois rangées de feux blancs jaunâtres pour les signaux de position.

Les dispositifs optiques adoptés dans la constitution des *feux élémentaires* (lamp units) doivent éviter les « indications fantômes », dues à la réflexion des rayons émis par une source extérieure (soleil au voisinage de l'horizon, phare de locomotive, etc....). Cette condition interdit en général l'usage des réflecteurs dans les signaux lumineux.

On exige, aux Etats-Unis, que la portée des signaux lumineux, utilisés sur les lignes droites où circulent des trains à grande vitesse, soit d'au moins 1.200 mètres par un jour clair, le soleil étant au voisinage du zénith, ce qui nécessite un faisceau lumineux d'une intensité moyenne de 5 à 6.000 bougies. Pour réaliser de semblables portées sans augmenter exagérément la consommation des lampes, on est obligé de donner une faible ouverture au faisceau, ce qui conduit à employer des lampes à filaments concentrés que l'on place au foyer des systèmes optiques. Une telle lampe, consommant 18 watts, permet, d'après les constructeurs, d'obtenir une intensité lumineuse de 20.000 bougies sur l'axe du faisceau, tandis qu'une lampe commerciale de même consommation ne donnerait que 500 bougies.

Les faisceaux émis par les signaux lumineux n'ayant qu'une très faible ouverture (3° autour de l'axe en moyenne), il est nécessaire :

— de munir les feux élémentaires de lentilles prismatiques destinées à étaler le faisceau horizontalement dans les courbes ;

— de prévoir des dispositifs de visibilité rapprochée (close up), permettant à un mécanicien arrêté au pied du signal de lire l'indication fournie ;

— de construire les signaux de manière à faciliter leur mise en direction rigoureuse, à l'aide de réglages horizontaux et verticaux indépendants ;

— de mettre les feux, autant que possible, au niveau de l'œil du mécanicien ; c'est pourquoi les Réseaux américains placent, en principe, le feu inférieur à une hauteur de 3 m, 60 à 4 m, 30 au-dessus du rail.

Signaux lumineux colorés. — La plupart des signaux lumineux colorés utilisés sur les Réseaux américains sont constitués par des panneaux à trois feux élémentaires : un feu rouge, un feu jaune orangé et un feu vert. Ces trois feux sont disposés, suivant le type du signal, en ligne droite horizontale, en ligne droite verticale ou en triangle (Fig. 32).

Le feu élémentaire coloré de la " *General Railway Signal Co*", par exemple, est représenté par la figure 33. Le foyer lumineux est constitué par une lampe à double filament concentré en tungstène. Ce double filament est placé au foyer d'un système optique constitué par deux lentilles à échelons ; la lentille extérieure est en verre clair ; elle a 204 mm de diamètre et

Fig. 32.

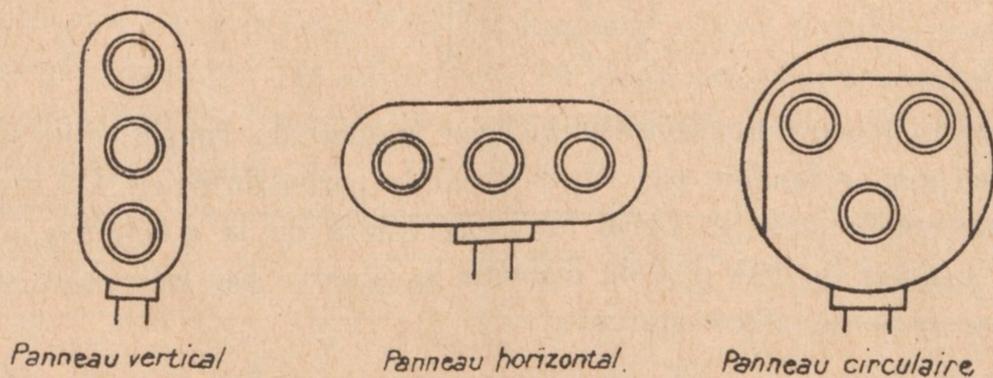
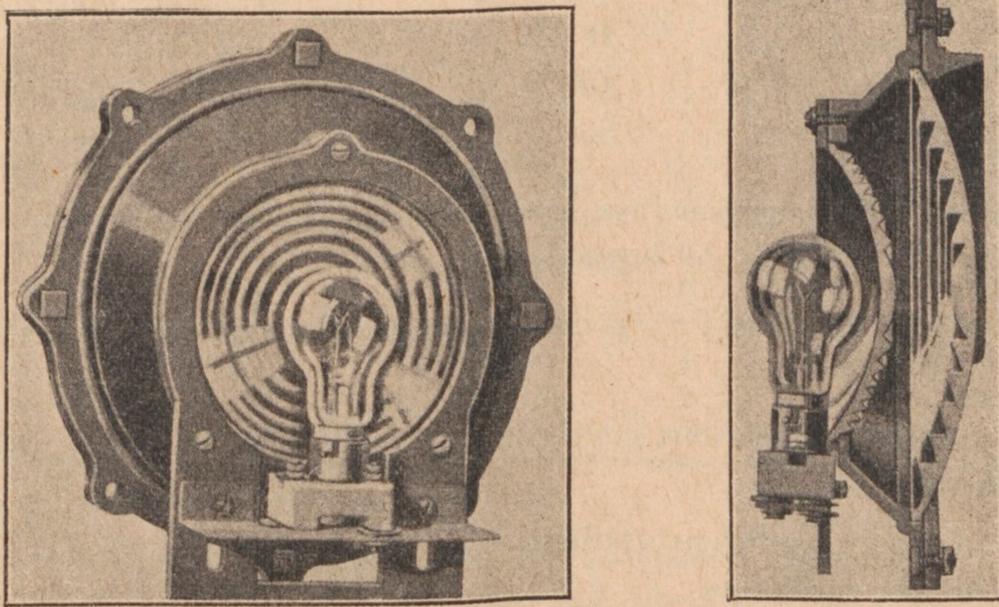


Fig. 33.



100 mm de distance focale ; la lentille intérieure est en verre coloré ; elle a 140 mm de diamètre et sa distance focale peut descendre jusqu'à 12 mm,50. Grâce à cette grande convergence, la lampe se trouve placée très près de la lentille intérieure, qui reçoit pratiquement tous les rayons lumineux émis par la moitié antérieure de l'ampoule. Les deux lentilles sont supportées par des cadres de fonte établis et dressés avec grand soin, de telle sorte que les deux axes optiques coïncident constamment. L'ensemble du système, constitué par les deux lentilles, la lampe et le porte-lampe, forme un tout susceptible d'être enlevé d'un seul bloc. Mais l'une quelconque des deux lentilles peut être remplacée sans modifier aucunement le réglage optique du système.

La position du porte-lampe par rapport aux lentilles et celle des filaments par rapport aux broches des ampoules sont soigneusement réglées à l'usine. On a ainsi l'assurance que le filament se trouve exactement au foyer de la lentille et que l'on pourra remplacer une lampe en campagne sans avoir besoin de procéder à un nouveau réglage optique.

Les lampes à filaments concentrés normalement fournies par la « G.R.S. » sont établies pour les tensions et les consommations suivantes :

8 volts	—	10 watts,
8 »	—	18 »
10 »	—	18 »
10 »	—	40 »
120 »	—	30 »

Dans la pratique, on augmente considérablement la durée des lampes en les sous-voltant de 10% environ, ce qui ne modifie pas sensiblement la portée du signal. Les valeurs approximatives de cette portée pour un signal lumineux coloré de la « G.R.S. », muni de feux élémentaires à lentilles de 204 mm de diamètre et observé par clair soleil sur une ligne droite, sont données par le tableau suivant :

Tension d'alimentation	Consommation de la lampe	Portée du signal
10 volts	40 watts	1.500 à 1.800 m.
10 »	18 »	1.200 à 1.500 m.
8 »	18 »	» »
8 »	10 »	750 à 1.050 m.
120 »	30 »	1.200 à 1.500 m.

L'intensité lumineuse obtenue sur l'axe, après traversée de deux lentilles en verre clair, est de 20.000 bougies environ avec une lampe de 18 w.

Les lentilles utilisées aux Etats-Unis pour les signaux lumineux sont classées en cinq types principaux :

— Le type « optical » à échelons intérieurs, qui est le plus courant, fournit un faisceau intense de faible ouverture.

— Le type « inverted » à échelons extérieurs, muni d'un verre protecteur, donne un faisceau d'une ouverture un peu supérieure.

— Le type « yard » ou « gare de triage » fournit un faisceau de très grande ouverture mais d'intensité relativement faible ; il est utilisé, en général, dans les gares de triage.

— Le type « spreadlite » ou dispersif est un compromis entre les deux types « optical » et « yard » ; il étale les rayons lumineux en éventail dans un plan horizontal et permet d'obtenir un faisceau suffisamment intense ; il est particulièrement utile pour les signaux placés dans les courbes.

— Le type « toric » à très faible ouverture est employé pour les signaux lumineux dont la portée de jour doit être particulièrement grande. Un faisceau secondaire doit être réfracté vers le sol pour fournir une bonne indication de visibilité rapprochée.

La lentille extérieure livrée normalement avec les signaux colorés est en verre clair ; elle fournit un faisceau lumineux principal d'une ouverture de 3° autour de l'axe optique (1) et un faisceau secondaire réfracté faisant un angle de 20° avec l'horizontale. La lentille intérieure des signaux « G.R.S. » est une lentille colorée du type « inverted ».

Les *lentilles colorées* fournies par les Constructeurs américains peuvent donner un feu rouge, vert, jaune orangé, bleu, pourpre ou « blanc lunaire ». Elles doivent posséder certaines qualités optiques et répondre à diverses spécifications spectrophotométriques qui ont été codifiées par l'« American Railway Association » (2). Leur indice de réfraction doit être au moins égal à 1,5. Les lentilles et verres colorés sont soumis à une analyse spectrophotométrique dont les résultats doivent correspondre aux chiffres donnés par le tableau ci-dessous. La première colonne de ce tableau donne les longueurs d'onde des différentes radiations du spectre mesurées en microns. Les autres colonnes indiquent, pour chacune de ces longueurs d'onde, le pourcentage de l'énergie lumineuse correspondante transmise par les verres ou lentilles des six couleurs standards.

LONGUEUR d'onde	VERRE rouge	VERRE jaune orangé	VERRE vert	VERRE bleu	VERRE pourpre	VERRE blanc lunaire
0,41.....	0	0	40	80	90	90
0,43.....	0	0	53	73	82	80
0,45.....	0	0	62	68	74	60
0,47.....	0	0	68	54	59	65
0,49.....	0	0	70	27	18	54
0,51.....	0	2	64	10	5	38
0,53.....	0	8	48	2	1	22
0,55.....	0	18	30	2	0,5	23
0,57.....	0	29	16	1	0,5	26
0,59.....	0	42	6	0	0	11
0,61.....	0	50	3	0	0	12
0,63.....	47	54	1	0	0	11,5
0,65.....	74	57	0	0	0	10,5
0,67.....	78	57	0	0	0,2	23
0,69.....	75	55	0	1	12	51
0,71.....	74	52	0	2	52	79

Ce tableau montre que :

- les feux rouges émettent une lumière ne contenant aucun rayon jaune de la flamme de sodium ; leur spectre est tout entier dans la zone du rouge et de l'orangé ;
- les feux verts ont une teinte légèrement bleuâtre ; leur spectre contient la plus grande partie des radiations vertes et bleues, avec un peu de jaune ;
- les feux jaune orangé fournissent un spectre contenant tout le jaune, la plus grande partie du rouge, une partie du vert, mais pas de bleu du tout ;
- le spectre des feux pourpres comprend la plus grande partie du bleu et du vert, et une étroite bande du rouge extrême ;

(1) Cette limite correspond à l'angle sous lequel l'intensité du faisceau lumineux n'est plus que la moitié de l'intensité sur l'axe.

(2) Les verres colorés employés sur les sémaphores doivent satisfaire aux mêmes spécifications.

— le spectre du feu « blanc lunaire » contient à peu près tout le bleu et le vert, environ 10 % du jaune, de l'orangé et une assez grande proportion de rouge. Vus à la lumière du jour, ces feux semblent légèrement bleutés et une flamme jaune de kérosène placée derrière un verre « blanc lunaire » apparaît absolument blanche.

Le pouvoir de transmission des lentilles et verres colorés n'est en moyenne que de 20 % pour une lentille rouge et de 40 à 50 % pour une lentille jaune. Une tolérance assez large est d'ailleurs admise à ce point de vue.

Les *panneaux de signaux lumineux* sont constitués par trois feux élémentaires respectivement rouge, jaune orangé et vert. Les panneaux de la « G.R.S. » sont de trois types différents :

— Les types « D » et « E » (Fig 34 et 35) dont les trois feux élémentaires sont disposés en ligne droite verticale ou horizontale ; chaque feu est logé dans une boîte en fonte (Fig. 36),

Fig. 34.

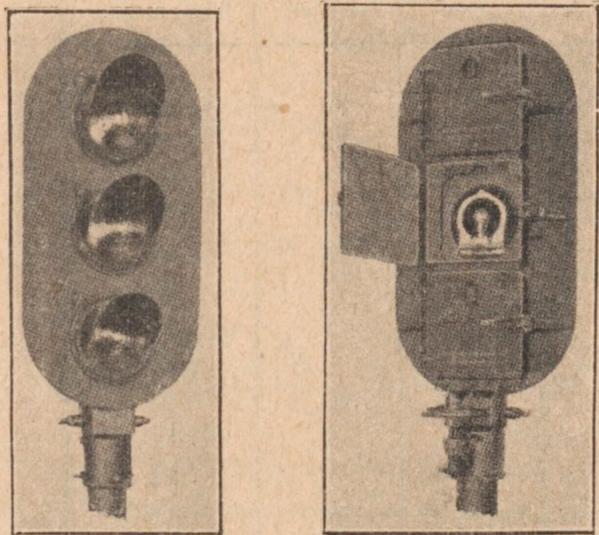


Fig. 35.

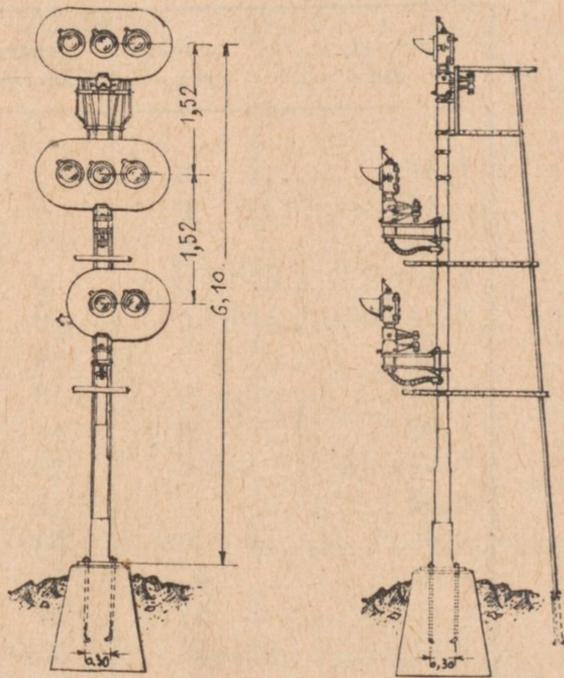
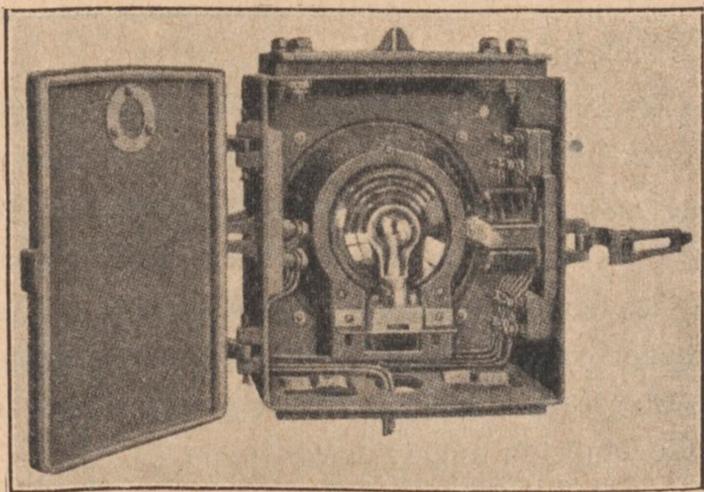
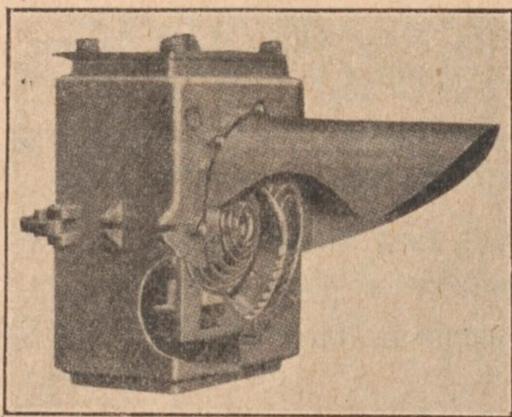


Fig. 36.



munie d'une visière individuelle, le parallélisme des trois axes optiques étant assuré à l'usine par un dressage soigné des surfaces de contact des boîtes.

— Le type « G » (Fig 37), caractérisé par la disposition triangulaire des feux élémentaires, est très ramassé, les trois feux étant contenus dans une même boîte rectangulaire et protégés par une visière unique.

Pour permettre d'effectuer avec rigueur la mise en direction d'un panneau, qui doit être extrêmement précise étant donnée la faible ouverture des faisceaux lumineux, la « G.R.S. » munit ses panneaux d'un trou de visée et d'un support réglable (Fig 38). Une mise en direction grossière est effectuée pendant le montage même du signal ; le réglage définitif est exécuté à l'aide du support réglable, qui permet au panneau un mouvement de rotation de 5° dans un plan vertical (vis V) et de 10° dans un plan horizontal (secteur coulissant C).

Fig. 37.

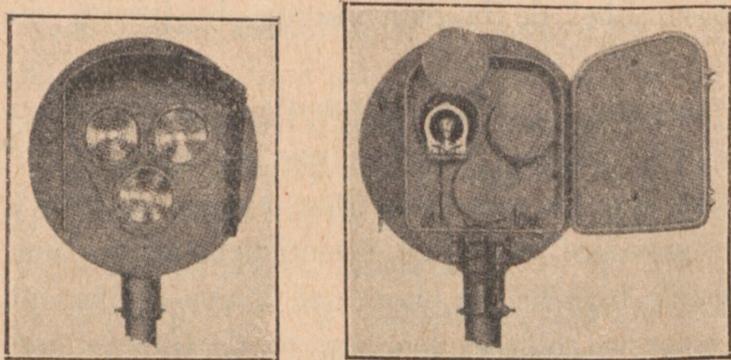
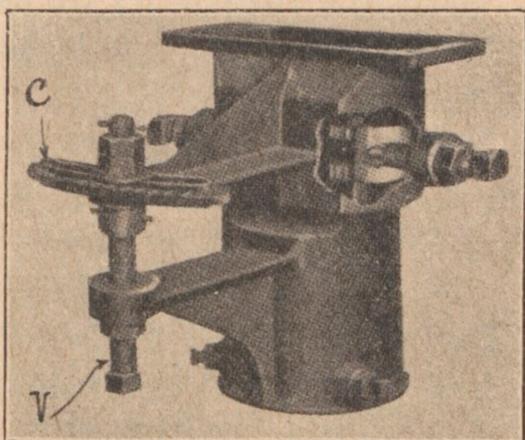


Fig. 38.



Pour parer aux risques d'extinction d'une lampe, les constructeurs américains ont imaginé divers dispositifs ;

- emploi d'une lampe de réserve à chaque feu élémentaire ;
- emploi d'une lampe à double filament : c'est la solution généralement adoptée ; après rupture du filament principal, le deuxième filament donne encore une indication, pendant un temps plus ou moins long ;
- adoption d'un montage spécial, utilisant des relais supplémentaires, qui remplacent automatiquement toute lampe brûlée par un feu dont l'indication est au moins aussi restrictive.

En pratique, la tendance actuelle, sur les Réseaux américains, est de se borner à employer les lampes de signaux lumineux colorés pendant un nombre d'heures déterminé, notablement inférieur à la durée pour laquelle elles sont garanties : 4.000 heures, par exemple, pour une durée garantie de 2.000 heures. Cette méthode a donné entière satisfaction.

Nous mentionnerons, enfin, un type de signal très ingénieux et qui ne fait appel qu'à un seul foyer lumineux pour donner les trois indications : rouge, jaune orangé et vert. Ce signal,

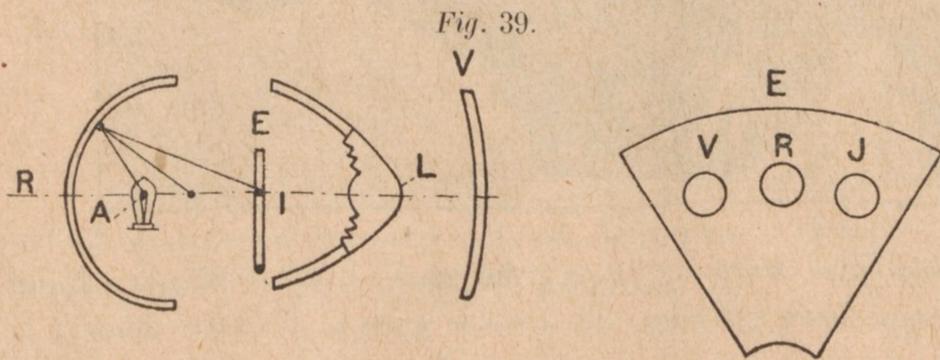


Fig. 39.

appelé « Searchlight », a été étudié et construit par l'ancienne Compagnie « Hall » pour le Réseau du « New-York-Central » : il comprend (Fig. 39) une lampe placée devant un réflecteur R, qui

donne une image du filament en I, au foyer d'une lentille à échelons L en verre clair. Un écran mobile E, sur lequel sont sertis trois petits verres colorés R, J et V (respectivement rouge, jaune orangé et vert), se déplace en I; il est entraîné directement par la partie mobile d'un relais à trois positions. Pour chacune des positions du relais, un des trois verres vient en I, ce qui permet de donner, suivant l'état des circuits de voie, les trois indications désirées. L'emploi du réflecteur améliore le rendement du système optique et rend inutile l'emploi d'une lampe à filament concentré; aussi ce signal est-il muni d'une simple lampe pour phare d'automobile. A noter que la présence de ce réflecteur ne provoque point d'indication fantôme, puisque tout rayon lumineux venant de l'extérieur et réfléchi par lui traverse le verre coloré placé en I et donne, par suite, l'indication colorée convenable.

Signaux lumineux de position. — Les signaux lumineux de position (Fig. 40) ont été imaginés par M. Rudd, Ingénieur en Chef de la Signalisation du Réseau du « Pennsylvania ».

Le fond des panneaux est constitué par une plaque de fer circulaire, montée sur poteau ou sur portique et percée de trois rangées de trous (une horizontale, une verticale et la troisième à 45° sur l'horizontale). Dans chaque ouverture vient s'adapter un feu élémentaire, constitué essentiellement par une lentille incolore au foyer de laquelle se place une lampe à filament concentré. Les lentilles n'étant pas colorées, leur pouvoir de transmission est très élevé; il suffit donc d'une puissance relativement faible pour obtenir un faisceau lumineux d'une grande intensité. Ce signal peut fournir une quatrième indication, par l'addition d'une rangée lumineuse, inclinée à 45° symétriquement par rapport à la position ordinaire. Aucun dispositif spécial n'est nécessaire pour parer à l'extinction d'un feu élémentaire; car, si une lampe vient à brûler sur une rangée de feux, il en reste encore deux, qui suffisent à donner une indication positive.

Les figures 41 et 42 représentent un *feu élémentaire* de signal de position, construit par l'« Union Switch and Signal Co ». Une lentille

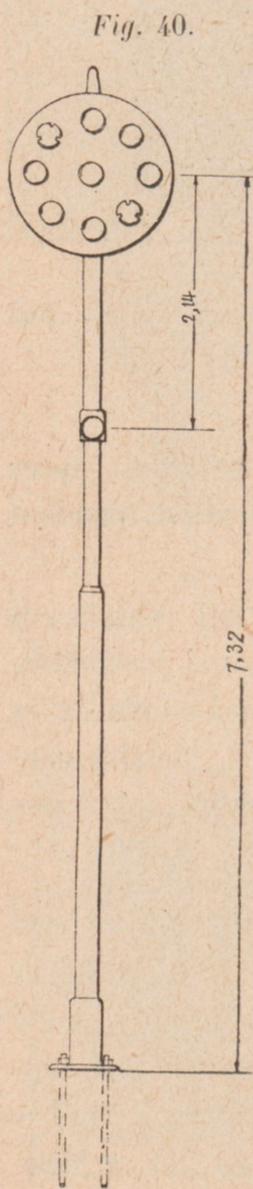
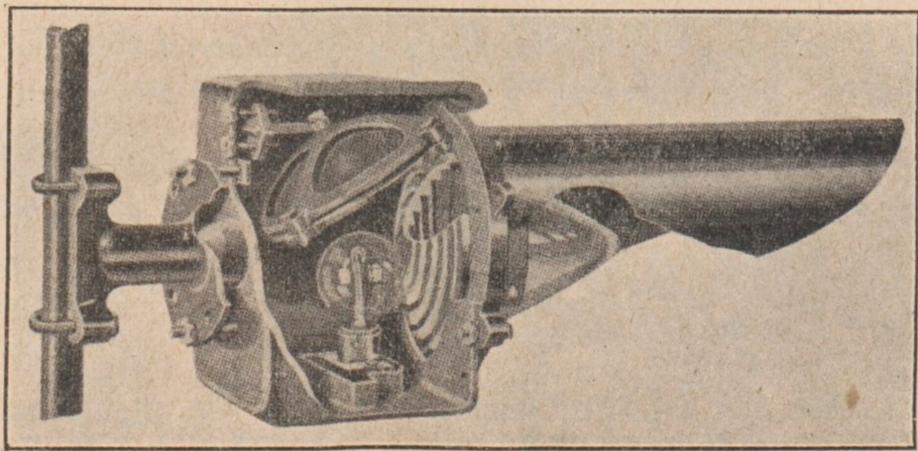


Fig. 41.



de 135 mm de diamètre, à échelons extérieurs (type « inverted »), est protégée par un verre *a* d'une forme et d'une composition spéciales, dit « cover glass ». Ce verre donne à la

lumière transmise une teinte légèrement jaunâtre, qui la rend plus facile à distinguer tout en lui assurant une grande pénétration au brouillard. L'ampoule à filament concentré est

placée au foyer de la lentille. Un réflecteur à miroir *r* est disposé au-dessus, de manière à détourner vers le sol quelques rayons lumineux pour obtenir une bonne indication de visibilité rapprochée. Le réglage du porte-lampes et le centrage des filaments par rapport aux culots des ampoules sont effectués avec précision à l'usine même. La consommation normale des lampes pour signaux de position de l'« U.S.S. » est de $7 w,5$ sous 12 volts ; en pratique, elles sont légèrement sous-voltées ($11 v$ à $11 v,5$), ce qui leur assure une durée supérieure et réduit leur consommation à $6 w,3$ ou $6 w,9$.

Les risques d'indications fantômes sont extrêmement réduits grâce à la forme du verre protecteur *a* : d'une part, les rayons qui se réfléchissent sur la zone *BC* ne reviennent pas vers la locomotive ; d'autre part, l'extrémité *D* de ce verre est dépolie, ce qui empêche toute réflexion sur la partie correspondante. En outre, les lentilles utilisées sont peintes en noir sur la partie cylindrique de leurs échelons, disposition qui contribue encore à éliminer toute possibilité d'indication fantôme.

Comme pour les signaux colorés, une visière *V* en tôle de fer, de 270 mm de longueur, destinée à protéger chaque feu élémentaire contre les rayons du soleil, s'étend sur plus de la moitié du périmètre de la lentille et réduit au minimum les chances d'une accumulation de neige ou de glace sur le verre protecteur *a*.

Les différentes boîtes contenant les feux élémentaires sont portées par trois tiges tubulaires *t* fixées à une boîte de fonte *B* au centre du signal (Fig. 43).

Le panneau complet (Fig. 44) est monté à l'usine, où l'on procède à l'alignement, fort

Fig. 42.

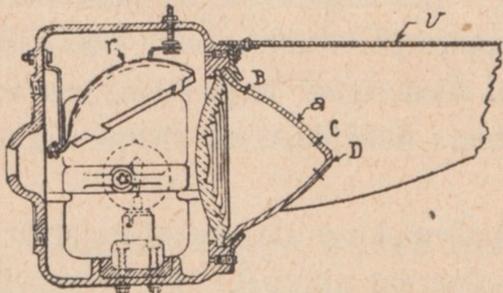


Fig. 43.

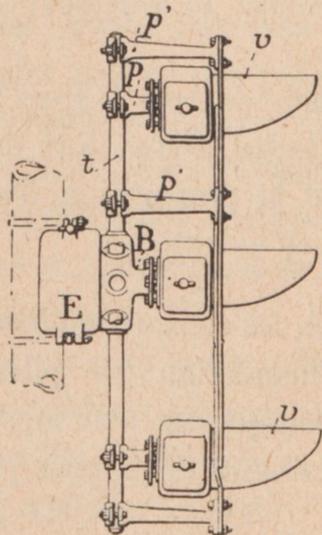
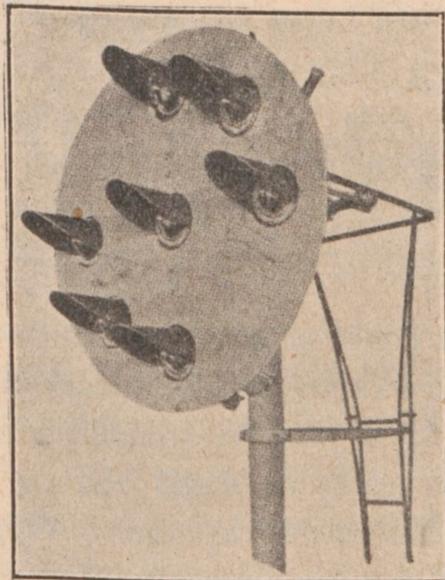


Fig. 44.



délicat, des axes optiques des sept feux élémentaires qui doivent être rigoureusement parallèles ; il est envoyé sur place, tout prêt à être fixé sur le mât, les diverses unités de lampes étant

connectées à la boîte d'extrémités E par des fils isolés. Quant aux fils d'amenée de courant, ils sont conduits, par un tube flexible, de l'intérieur du mât à cette boîte d'extrémités, ce qui permet de modifier l'alignement du signal sans risquer de détériorer le câblage.

Fonctionnement des signaux lumineux. — Les circuits d'alimentation des signaux lumineux sont d'une très grande simplicité : de simples fils conducteurs relient les différents feux d'un signal coloré ou les différentes rangées d'un signal de position, soit au transformateur unique du signal, soit aux trois transformateurs individuels de chaque unité ou de chaque rangée.

Il semble que la tendance actuelle, aux États-Unis, soit d'employer des transformateurs individuels pour les feux des signaux colorés alimentés en courant alternatif. Les contacts des relais de voie et de ligne sont intercalés sur les circuits primaires de ces transformateurs au lieu de l'être sur leurs secondaires ; dans ces conditions, l'intensité du courant qui passe par les contacts est considérablement réduite. En outre, ce dispositif permet d'effectuer le réglage de la tension avec beaucoup plus d'exactitude.

Nous n'insisterons pas sur les schémas de montage du block en signaux lumineux, pour lesquels de nombreuses variantes sont possibles (signaux colorés ou de position, block à courant continu ou alternatif avec relais de voie à deux positions et relais de ligne, ou avec relais à trois positions). Un des montages les plus usités a d'ailleurs été donné par M. Balling dans son article de la *Revue Générale* de Novembre 1920 (Annexe 2. Block automatique à courant alternatif avec signaux lumineux sur ligne à double voie).

Nous nous bornerons à signaler la nécessité d'utiliser parfois un type spécial de relais dit « relais lent », dont la désexcitation ne provoque l'ouverture des contacts hauts qu'au bout d'un certain temps. La « G.R.S. », par exemple, établit des relais lents à courant continu qui ouvrent leurs contacts hauts 8/10 de seconde après la désexcitation des électros. Ce résultat est obtenu par l'insertion d'une chemise de cuivre entre la bobine de chaque électro et son noyau de fer doux. On donne les mêmes qualités de lenteur aux relais alternatifs en intercalant un engrenage dans le dispositif de transmission du mouvement aux doigts de contact. Pour les relais à courant alternatif à deux éléments, il suffit d'augmenter la puissance de l'élément local pour rendre le relais plus « paresseux ».

Ces relais lents sont employés conjointement avec les relais de voie à trois positions. Ils évitent l'apparition d'une indication fugitive rouge, à un signal donné, lors du passage d'avertissement à voie libre ; en même temps, ils empêchent la propagation d'une vague d'indications fugitives jaunes et rouges affectant tous les signaux en amont.

Partout où l'on dispose de courant commercial à bon marché, les signaux lumineux restent éclairés en permanence ; mais, lorsqu'on doit recourir à l'alimentation par piles ou par accumulateurs, on peut être conduit à limiter la période d'allumage des feux aux moments où un train approche du signal ; dans ce but, les Américains utilisent deux types principaux de montages d'*allumage par approche* (approach lighting).

Le premier montage (employé, par exemple, par le Réseau du « New-York, New-Haven and Hartford ») consiste à remplacer, à chaque emplacement de signal, la résistance auxiliaire en série sur la batterie de voie par un relais de même résistance. Ce relais s'excite à l'approche d'un train, lorsque, par suite du shuntage effectué sur le circuit de voie précédent, l'intensité

débitée dépasse la valeur d'excitation. Son contact haut ferme alors le circuit d'alimentation du feu commandé sur le panneau. Ce montage présente un inconvénient : si une connexion de rail à rail est brisée ou offre une résistance trop grande, l'allumage du feu n'a lieu qu'après franchissement du joint correspondant et risque ainsi d'être tardif.

Le deuxième montage, adopté par le Réseau du « Pennsylvania », utilise un relais de ligne, dont les contacts sont insérés sur les circuits d'alimentation des feux d'un panneau. Ce relais étant commandé par les contacts bas d'un relais de voie situé en amont, les feux du panneau ne s'allument que si un train a pénétré dans le canton correspondant à ce relais de voie.

Comparaison entre les différents types de signaux. — La plupart des Ingénieurs de signalisation américains *préfèrent les signaux lumineux aux sémaphores automatiques* pour les raisons suivantes :

- l'élimination de toute partie mécanique diminue les chances de ratés par coïncement, calage, gel, etc... ;
- leur visibilité moyenne est meilleure ;
- l'indication fournie est la même de jour et de nuit ;
- accessoirement, enfin, ils sont moins encombrants ; leur prix de revient et d'entretien est plus faible.

Parmi les signaux lumineux, les signaux colorés ont à leur actif un certain nombre d'avantages sur les signaux de position :

— Un panneau de signal coloré dépense actuellement 18 watts au maximum, tandis qu'un panneau de signal de position consomme au minimum 21 watts (7 watts pour chacun des trois feux élémentaires d'une rangée).

— Le nombre de lampes à remplacer est moindre pour les signaux colorés que pour les signaux de position.

— La mise en direction des diverses lampes d'un panneau est beaucoup plus facile pour un signal coloré.

Certes, les signaux lumineux de position permettent d'obtenir facilement quatre indications très distinctes avec un seul panneau, tandis que les signaux lumineux colorés nécessitent, pour obtenir le même résultat avec des indications à feu unique, l'adoption d'un feu pourpre, bleu ou blanc lunaire, dont la visibilité à distance peut être insuffisante. Leurs indications ne risquent pas d'être mal interprétées par un mécanicien atteint de daltonisme. Enfin, l'extinction d'une lampe sur une rangée de trois feux n'empêche pas le signal de donner encore une indication suffisante.

Il n'en reste pas moins que la plupart des Réseaux américains préfèrent nettement les signaux colorés aux signaux de position. D'une part, en effet, leur visibilité paraît supérieure ; d'autre part, leur influence psychologique sur le mécanicien est plus grande, la couleur d'un feu provoquant chez lui des réflexes beaucoup plus rapides que la position d'une rangée de feux. Enfin, par temps de brouillard, les signaux lumineux de position, vus à une certaine distance, apparaissent, par diffusion de la lumière, comme une tache lumineuse dont il est difficile d'apprécier l'orientation. Ce fait est d'autant plus marqué que l'on augmente davantage la puissance des lampes pour accroître la portée des feux.

III. — Production et distribution de l'énergie.

Généralités. — Classification des systèmes d'alimentation. — Les systèmes d'alimentation utilisés aux États-Unis pour le fonctionnement du block automatique peuvent se diviser en deux groupes :

1^o les systèmes utilisant uniquement des sources locales de courant continu (piles ou accumulateurs),

2^o les systèmes dans lesquels l'énergie est fournie par une ligne d'alimentation en courant industriel.

Dans ce deuxième groupe, se rangent les trois systèmes suivants :

— le système « *courant alternatif direct* » (Alternating current straight), dans lequel l'alimentation de tous les circuits est faite par du courant alternatif ;

— le système « *courant alternatif-accumulateurs* » (Alternating current floating), utilisant en général : pour les circuits de voie et de ligne et pour la manœuvre et l'éclairage des sémaphores, du courant continu fourni par des groupes redresseurs-accumulateurs alimentés eux-mêmes par le courant alternatif industriel ; pour l'éclairage des signaux lumineux, le courant industriel et, en cas d'interruption de ce dernier, le courant continu débité par les accumulateurs ;

— le système « *courant alternatif-piles* » (Alternating current primary), analogue au système précédent, mais utilisant comme source de courant continu des batteries de piles au lieu des groupes redresseurs-accumulateurs. Ce dernier système, qui ne paraît pas appelé à un grand avenir, ne sera pas décrit ici.

Alimentation locale par piles. — Les Réseaux américains tendent, de plus en plus, à renoncer à l'emploi des piles au sulfate de cuivre, dont la force électromotrice varie notablement avec la température et qui entraînent des dépenses excessives de main-d'œuvre et d'entretien.

Par contre, l'emploi des piles à la soude se généralise. Ces piles (piles Waterbury, Edison, etc...) dérivent de la pile de Lalande ; l'électrolyte est une solution concentrée de soude caustique, l'électrode positive est en zinc, l'électrode négative en oxyde de cuivre. La capacité des éléments à la soude est sensiblement constante et permet d'obtenir des débits très variables. Leur résistance intérieure étant très faible (de l'ordre de 0 ohms,02), on ne les utilise sur les circuits de voie qu'en les protégeant par une résistance auxiliaire montée en série. La capacité standard des piles à la soude employées aux États-Unis est de 500 ampères-heure ; l'intensité de décharge de tels éléments ne doit pas dépasser deux ampères et, moyennant cette condition, le renouvellement peut ne se faire que tous les huit ou neuf mois.

La force électromotrice des piles à la soude est d'environ 0 V,65. Leur nombre et leur montage varient suivant leur rôle : 2 à 5 éléments en parallèle pour l'alimentation des circuits de voie, 12 à 16 en série pour celle des circuits de ligne, 16 à 20 en série pour la commande des sémaphores, 10 à 16 en série pour l'éclairage des signaux lumineux.

Alimentation par « courant alternatif direct ». — Dans ce système, le courant alternatif est fourni à haute tension à des sous-stations qui alimentent une ligne de distribution installée le long de la voie. A chaque signal, un premier transformateur abaisse la tension à 110 V; du secondaire de ce transformateur, le courant est amené à d'autres transformateurs, qui donnent les différentes tensions nécessaires à l'alimentation des circuits de voie et de ligne, des signaux, des enroulements locaux des relais à deux éléments, etc...

Nous nous contenterons de donner, sur ce type d'installation déjà utilisé en France, quelques renseignements tirés de l'expérience américaine.

La préoccupation dominante, pour la réalisation des installations en courant alternatif direct, est de parer aux risques d'une interruption de courant qui est susceptible d'affecter toute une section de ligne.

Les Réseaux américains ont cherché, en premier lieu, à obtenir la plus grande sécurité dans la fourniture même du courant, en choisissant judicieusement les Centrales, en veillant à l'indépendance des sous-stations, en rapprochant ces sous-stations pour limiter la longueur de ligne alimentée par chacune d'elles, enfin en prévoyant toujours des alimentations de secours. En particulier, l'emploi de sous-stations de secours automatiques se développe de plus en plus. Ces sous-stations ne sont pas, en général, normalement en service; elles interviennent automatiquement quand la tension sur la ligne d'alimentation baisse de plus de 15 % environ; l'alimentation normale est alors déconnectée et remplacée par l'alimentation de secours. En sens inverse, quand l'alimentation normale peut être rétablie, la sous-station de secours est déconnectée à la main ou automatiquement.

Les Réseaux américains ont cherché également à se prémunir le plus possible contre les avaries de la ligne de distribution. C'est ainsi qu'un certain nombre d'entre eux installent deux lignes indépendantes; à chaque emplacement de signal, des relais spéciaux de transfert font passer automatiquement l'alimentation des signaux d'une ligne sur l'autre, quand la tension nécessaire vient à manquer sur la ligne d'alimentation normale.

L'emploi des lignes aériennes est presque toujours préféré à celui des câbles qui ont donné lieu, sur certains Réseaux, à des incidents assez nombreux dus aux surtensions. Les lignes aériennes présentent également le grand avantage de permettre une localisation facile et rapide des dérangements.

Les tensions adoptées pour les lignes de distribution dans le système « courant alternatif direct » varient de 1.000 à 6.600 volts suivant la longueur des sections et l'intensité des courants. La fréquence généralement admise est de 60 périodes. La distribution monophasée est, le plus souvent, préférée à la distribution triphasée, qui n'est pas sans entraîner quelques complications dans les montages.

Alimentation par « courant alternatif-accumulateurs ». — Ce mode d'alimentation, qui n'a pas encore été utilisé en France, présente un intérêt particulier.

Le système « courant alternatif direct » s'impose sur les lignes électrifiées. Par contre, sur les lignes à traction à vapeur, le circuit de voie à courant continu peut être utilisé et, comme on l'a vu, il a beaucoup de partisans aux Etats-Unis.

Au reste, certains Ingénieurs de signalisation américains sont d'avis qu'un incident grave reste toujours possible avec le système « courant alternatif direct », quels que soient les

dispositifs de sécurité adoptés. Ces Ingénieurs donnent la préférence aux installations qui permettent, au moins à titre de secours, l'alimentation locale et individuelle des signaux et le système « courant alternatif-accumulateurs » donne cette possibilité.

Ce mode d'alimentation, qui est le plus souvent appliqué à des signaux lumineux, comprend essentiellement :

- des sources de courant alternatif commercial,
- une ligne de transmission de ce courant alternatif,
- à chaque emplacement de signal :
 - un transformateur abaisseur de tension,
 - deux groupes « redresseurs-accumulateurs » dans lesquels les accumulateurs fonctionnent en batteries « tampons ».

Les circuits de voie et de ligne, les circuits de commande des sémaphores et les feux des sémaphores éclairés électriquement sont alimentés en courant continu par les deux groupes redresseurs-accumulateurs.

Les circuits d'éclairage des signaux lumineux sont alimentés normalement par le transformateur ; en cas d'interruption du courant alternatif, ils sont alimentés par la batterie d'accumulateurs des circuits de ligne, le transfert étant assuré par un relais spécial.

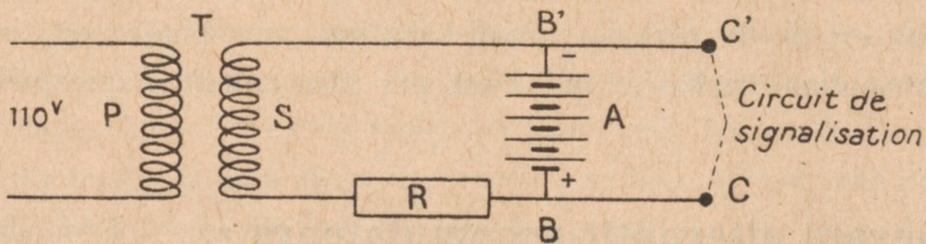
Un des principaux avantages du système « courant alternatif-accumulateurs » est de permettre l'utilisation d'un courant commercial d'une faible valeur au kilowatt-heure et ne présentant pas de garanties spéciales de constance et de régularité. Les batteries « tampons » d'accumulateurs constituent, en effet, à chaque signal, une réserve d'énergie susceptible d'assurer pendant un temps assez long le fonctionnement de tous les circuits à la fois.

Le courant commercial pouvant ainsi être pris à des sources aussi nombreuses qu'on le désire, les lignes de distribution sont de faible longueur, à basse tension (400 v environ), et leur coût de premier établissement est considérablement réduit.

La partie caractéristique du système « courant alternatif-accumulateurs » est constituée par le groupe « redresseur-accumulateurs ». Le schéma de principe d'un groupe « redresseur-accumulateurs » est représenté par la figure 45. Un transformateur T abaisse la tension du courant alternatif à la valeur désirée. Son secondaire débite sur le redresseur R. La batterie

d'accumulateurs est branchée en BB'. Le circuit de signalisation alimenté par le groupe est connecté en CC'. En période normale, le courant débité par le redresseur sert, d'une part, à charger la batterie, d'autre part, à alimenter le circuit branché en CC'. La

Fig. 45.

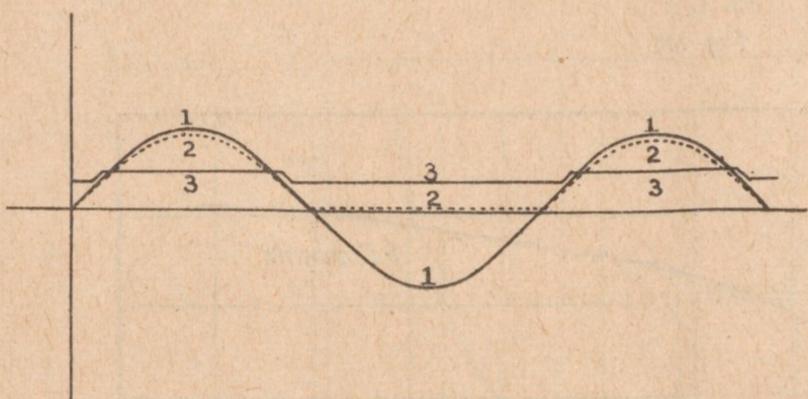


différence de potentiel entre B et B', qui, sans la batterie « tampon », serait représentée par la courbe 2 (Fig. 46), varie simplement, suivant la courbe 3, dans des limites très étroites (entre $2v$ et $2v,2$ pour un seul élément d'accumulateurs). Si le courant vient à manquer au primaire du transformateur, la batterie débite sur CC', le redresseur R l'empêchant de se décharger à travers le secondaire du transformateur dans le sens B R S B'.

En somme, le redresseur doit débiter un courant d'une intensité suffisante pour satisfaire à la consommation du circuit branché sur CC' et pour compenser les pertes de la batterie, qui doit constamment être maintenue à pleine charge.

Bien entendu, si la source d'énergie alternative ne fonctionne normalement que douze heures

Fig. 46.



1. Courbe représentant la tension secondaire sans redresseur.
2. Courbe représentant la tension du courant "redressé sans batterie tampon".
3. Courbe représentant la tension du courant "redressé avec batterie tampon".

actuellement par les redresseurs électrolytiques dont « Balkite » (Fig. 47), constitué par deux électrodes plongeant dans l'acide sulfurique. L'électrode de tantale ne laisse passer qu'une demi-onde du courant alternatif et fournit un courant de polarité constante, convenant parfaitement pour la charge d'une batterie d'accumulateurs.

Le redresseur Balkite a une caractéristique de potentiel sensiblement constante : grâce à cette propriété, le courant de charge croît dès que la tension de la batterie vient à diminuer.

Un redresseur Balkite peut charger jusqu'à quatre éléments d'accumulateurs en série sous trois ampères ou six éléments en série sous un ampère. Si l'on veut charger des batteries de plus grande force électromotrice, celles-ci doivent être divisées en plusieurs groupes, dont chacun est connecté à un élément Balkite. Si l'on veut, enfin, augmenter l'intensité du courant de charge, on peut monter en parallèle plusieurs redresseurs. La figure 48 donne la courbe de rendement d'un redresseur Balkite (transformateur et redresseur réunis).

Tous les Réseaux américains sont d'accord pour déclarer que le redresseur Balkite est un appareil absolument sûr. Il fonctionne de manière satisfaisante depuis — 25° jusqu'à la température d'ébullition de l'électrolyte. Le gel lui-même

par jour par exemple, le débit du redresseur doit être augmenté, afin de fournir la même quantité totale d'énergie à la batterie et aux circuits de signalisation.

Les seuls redresseurs existant lors des premières installations en « courant alternatif-accumulateurs » étaient du type à vapeur de mercure ou à vibreur mécanique. Le premier type ne pouvait s'adapter techniquement et économiquement au système « courant alternatif-accumulateurs ». Le type à vibreur fut donc seul employé, pendant de nombreuses années. Il est supplanté

le type standard est le redresseur métalliques en plomb et en tantale

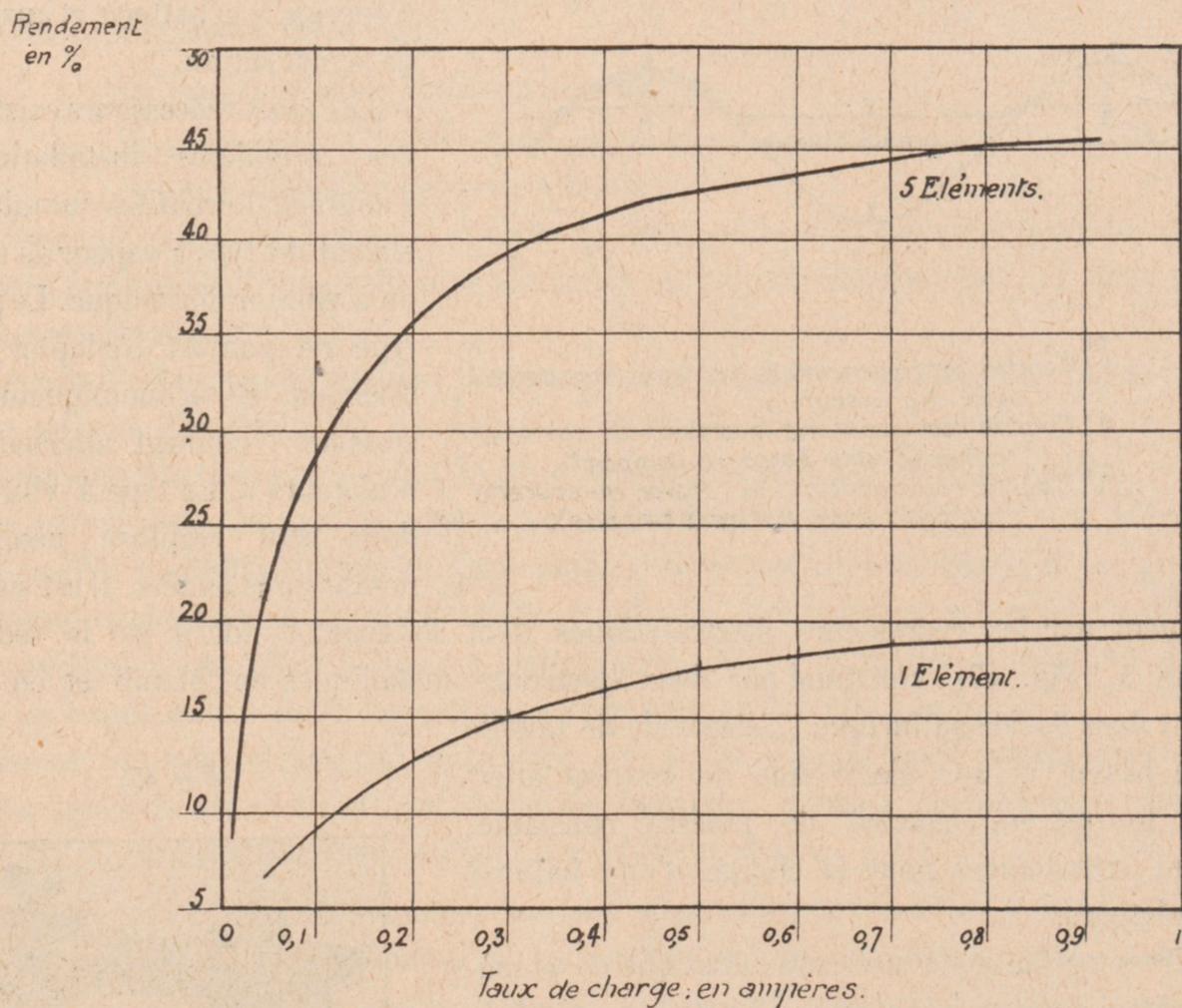
Fig. 47.



ne l'affecte pas sérieusement ; si l'on met sous tension un redresseur gelé, la chaleur dégagée fait rapidement fondre l'électrolyte et l'action « redressante » commence immédiatement.

Parmi les nombreux avantages du redresseur électrolytique, citons encore sa durée pratiquement illimitée et l'entretien réduit qu'il nécessite. Il faut seulement ajouter de l'eau pure, pour remplacer l'eau d'évaporation, et cette opération n'est nécessaire qu'à de longs

Fig. 48.



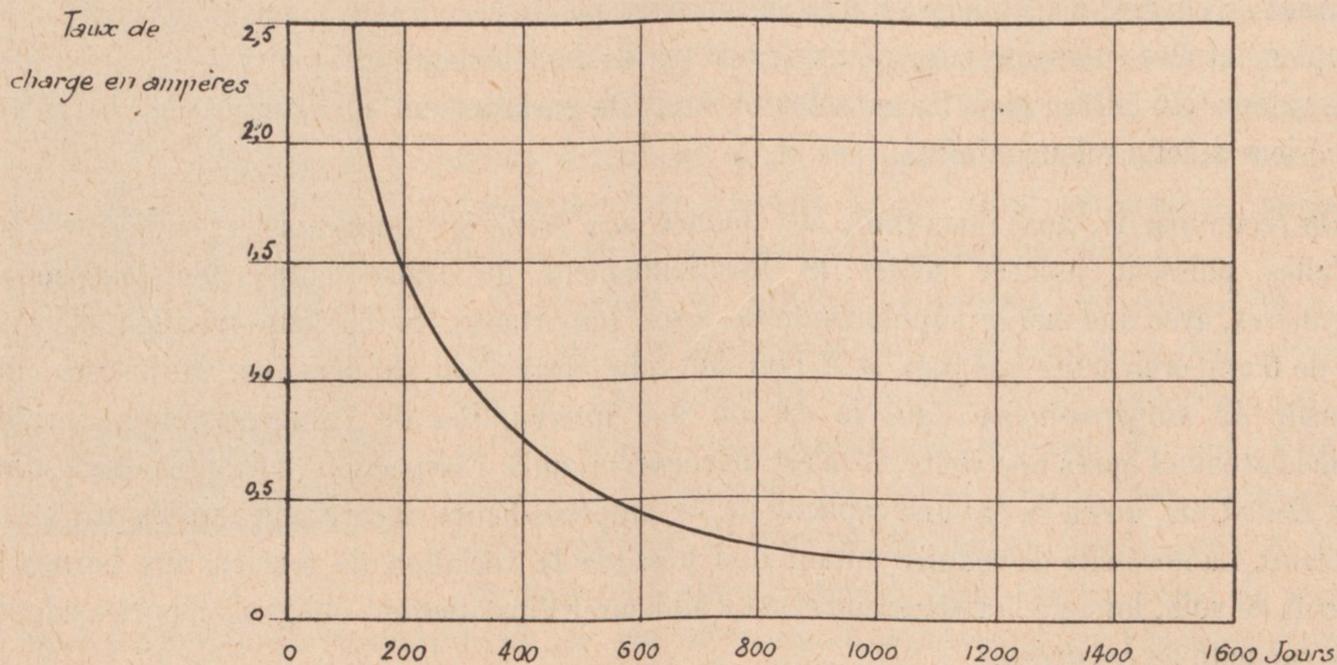
intervalles, par suite de la grande capacité d'un élément (Fig. 49. — Durée maxima de fonctionnement sans addition d'eau). Du reste, même si le niveau de l'électrolyte venait à s'abaisser au-dessous de l'extrémité inférieure des électrodes, le redresseur ne serait nullement endommagé ; il cesserait simplement de fonctionner, mais débiterait normalement après addition d'eau.

Le redresseur électrolytique, contrairement aux redresseurs à vibreur, ne produit pas de ronflement gênant, par induction, dans les circuits téléphoniques voisins.

Les redresseurs Balkite sont utilisés avec un transformateur spécial, muni, sur son secondaire, d'un certain nombre de bornes permettant d'obtenir une gamme de tensions, allant de 0 v,25 à 25 v,5, par paliers de 0 v,25. Ce dispositif, joint à l'emploi d'une résistance variable, permet de régler avec précision le courant de charge. Le transformateur représenté sur la figure 50 est d'un type spécial à deux secondaires (type « duplex ») ; il peut charger simultanément, soit deux batteries de voie, soit deux batteries de signaux, soit une batterie de voie et une batterie de signaux.

Des conditions intéressantes de fonctionnement sont assurées à la batterie dans le système « courant alternatif-accumulateurs », puisqu'elle est maintenue constamment chargée avec une faible intensité de charge. Grâce à la faiblesse de ce courant, il n'y a pratiquement ni dégagement de gaz, ni dégagement de chaleur. L'évaporation est, par conséquent, réduite et l'on n'a pas besoin d'ajouter de l'eau dans les éléments plus de deux à trois fois par an.

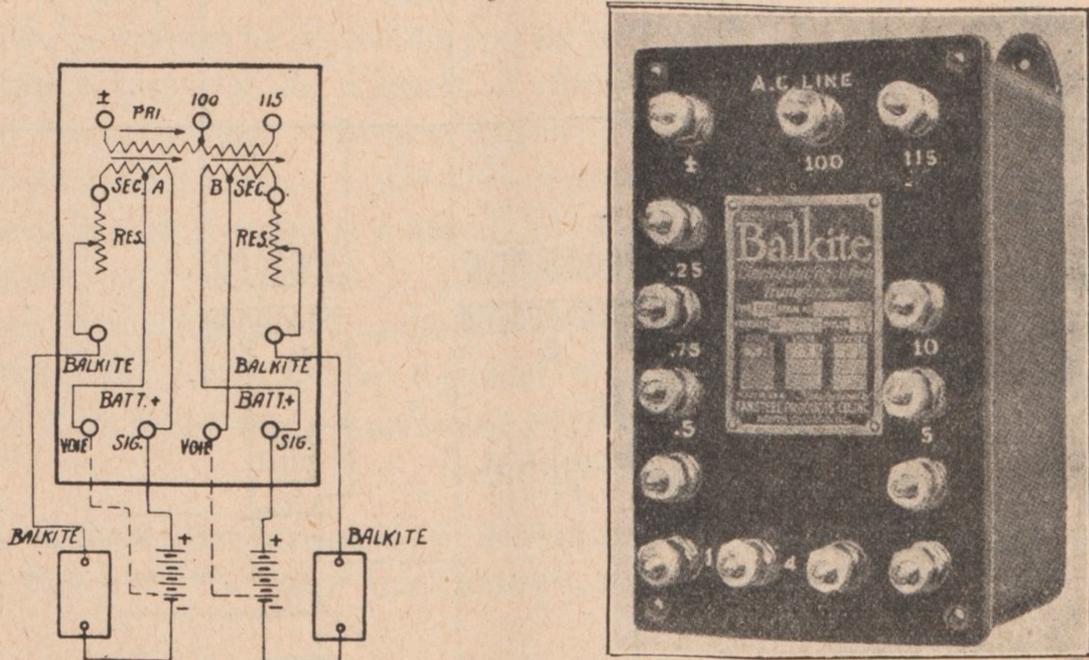
Fig. 49.



D'autre part, la batterie étant toujours complètement chargée, tout danger de gel est éliminé, puisque l'électrolyte conserve un poids spécifique auquel il ne gèle pas, même pendant les hivers les plus rigoureux.

Il est nécessaire de vérifier que la batterie reçoit toujours un courant suffisant pour la

Fig. 50.



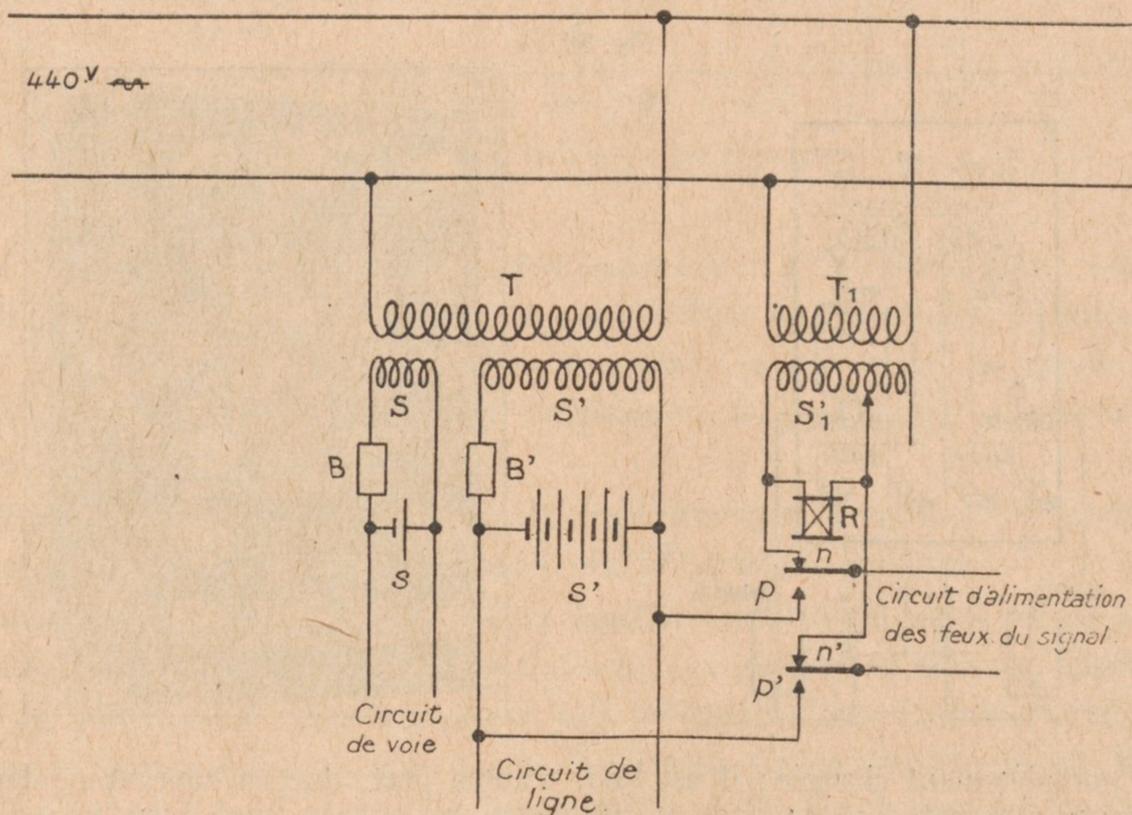
maintenir complètement chargée ; il est bon, d'autre part, que ce courant ne dépasse pas certaines limites. Deux méthodes sont possibles pour s'en assurer : la méthode de mesure du poids spécifique et la méthode du voltmètre. La seconde est préférable ; elle consiste simplement à faire des mesures de voltage aux bornes de la batterie en maintenant le redresseur connecté.

L'expérience a montré, aux Etats-Unis, que l'on obtient des résultats très satisfaisants si la tension moyenne appliquée varie entre $2v,1$ et $2v,2$ par élément. Les Réseaux américains prennent, en général, le chiffre de $2v,15$ comme valeur de la tension à maintenir aussi exactement que possible aux bornes des accumulateurs (redresseur en marche); de légères variations de part et d'autre de cette moyenne sont d'ailleurs tolérables, si la tension se tient dans les limites de $2v,1$ à $2v,2$. On n'obtient pas ainsi un réglage exact de l'intensité du courant de charge, mais une grande précision n'est pas nécessaire. L'intensité de charge doit simplement être suffisante pour pourvoir aux pertes des éléments qui peuvent être réduites à une valeur très faible; mais l'accumulateur supporte parfaitement un courant de charge très supérieur à cette valeur minima.

On recommande, aux Etats-Unis, de donner aux batteries une capacité suffisante pour qu'elles puissent assurer seules le fonctionnement du signal entre deux inspections régulières, avec une marge supplémentaire assez importante. Si la consommation moyenne est de 6 ampères-heure par jour et si l'on fait une inspection par semaine, la batterie doit fournir 42 ampères-heure dans le cas où une interruption de l'alimentation se produit immédiatement après une visite et n'est découverte qu'à l'inspection suivante: on estime, aux États-Unis, qu'en ce cas une capacité de 75 ampères-heure assure une ample marge de sécurité. La nécessité de réduire autant que possible la variation de tension aux bornes du circuit de voie, lorsque le redresseur cesse d'alimenter l'installation, oblige d'ailleurs à adopter une capacité de cet ordre.

Nous nous bornerons à donner ici un schéma simplifié, indiquant comment sont montés les divers appareils décrits ci-dessus, à un signal lumineux coloré (Fig. 51). Sur ce schéma,

Fig. 51.



le courant d'alimentation (440 v par exemple) est amené directement à un transformateur Balkite T à deux secondaires. Le premier secondaire S de ce transformateur fournit une

tension alternative de 8 volts et débite sur un redresseur B, qui maintient une différence de potentiel de 2 v,15 aux bornes de la batterie de voie s. Le deuxième secondaire S' fournit

Fig. 52.



une tension alternative de 20 volts ; il débite sur un redresseur B', qui maintient une différence de potentiel de 8 volts,6 aux bornes de 4 éléments en série constituant la batterie de ligne s'.

Enfin, un transformateur spécial T₁ alimente normalement sous 8 volts les feux du signal lumineux coloré, qui consomment chacun 18 w. En cas d'interruption de courant, le relais R branché sur le secondaire de ce transformateur se désexcite : ses contacts bas p et p' se ferment, assurant l'alimentation des feux par la batterie de ligne s'.

Il convient de signaler l'apparence de robustesse et de simplicité que présentent les redresseurs et les accumulateurs. Ces appareils sont de forme compacte et de petites dimensions. Aucun dégagement de gaz n'est à redouter, ni aucune projection d'acide, par suite de la faible intensité du courant de charge. Aussi peut-on loger ces appareils dans le même abri que les relais de voie et de ligne. La figure 52 représente un de ces abris, dont on ne manquera pas de remarquer la simplicité.

Tendances des Réseaux américains. — On peut considérer que trois systèmes ont la faveur des Réseaux américains : le block automatique à piles avec alimentation individuelle des signaux, le block par « courant alternatif-accumulateurs » et le block par « courant alternatif direct ». Le dernier mode d'alimentation est surtout employé sur les lignes équipées en traction électrique. Le premier tend de plus en plus à céder la place au deuxième qui a l'avantage de procurer, à chaque emplacement de signal, un réservoir indépendant d'énergie, *toujours chargé* et toujours prêt à alimenter les circuits pendant une interruption du courant normal. A titre de renseignement, les installations de l'exercice 1926 ont porté environ pour 25 % sur le système « piles », pour autant sur le système « courant alternatif direct », et pour 50 % sur le système « courant alternatif-accumulateurs ».

Le système d'« allumage par approche », précédemment décrit, a l'avantage de diminuer considérablement les consommations. Il permet l'emploi de signaux lumineux alimentés par piles, et, à ce titre, paraît appelé à un certain avenir.

IV. — Organisation du service de signalisation sur un Réseau américain.

Les Réseaux américains disposent, en général, d'un service indépendant, spécialement chargé de la signalisation et, en particulier, du block automatique. Ce service, dirigé par un « Ingénieur de signalisation » (« Signal Engineer », « Chief Signal Engineer » ou « Superintendent of Signals »), comprend cinq branches principales : la construction, l'entretien, l'inspection, les bureaux de dessin et d'études, les services de la comptabilité.

les Inspecteurs s'adressent directement à l'Ingénieur de signalisation adjoint pour certaines questions techniques, pour les commandes particulières et pour les questions non réglementées par des spécifications ou par des usages approuvés.

Le cadre des *Agents d'entretien*, dirigé par l'Inspecteur régional, se compose de Surveillants (maintainers), assistés de Surveillants-adjoints (assistant-maintainers) et d'aides-surveillants (helpers). Chaque Surveillant est chargé de tout l'entretien d'une section de ligne ; il est responsable du fonctionnement du block automatique et de celui des postes enclenchés.

Pour permettre aux Surveillants de se déplacer rapidement sur le terrain de leurs sections, les Réseaux leur fournissent des draisines avec moteurs à essence. Ces draisines, actionnées par un moteur de 3 à 4 IP, sont très légères (environ 200 kg) et sont munies de leviers qui donnent à un seul homme la possibilité de les dérailler. Elles peuvent porter deux hommes et du matériel.

Les Agents d'entretien sont pourvus d'un outillage standard complet, qui leur permet d'effectuer toutes les réparations et tous les remplacements relevant de leur compétence. Ils disposent de petits bâtiments comprenant deux locaux, l'un servant de bureau et de magasin pour les petites pièces du stock, l'autre servant d'atelier, de magasin pour les grosses pièces et de remise pour la draisine.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU BLOCK AUTOMATIQUE AUX ÉTATS-UNIS

Mettant à profit l'expérience qu'ils ont acquise au cours de longues années de recherches et sur de vastes installations, les Chemins de fer des États-Unis ont mis au point tous les détails de la technique du block automatique. Les hésitations et les discussions les plus importantes ont eu lieu aux environs de l'année 1911, mais, depuis cette époque, les méthodes de construction des appareils ont été précisées, des doctrines se sont établies et la signalisation automatique s'est définitivement codifiée. Les Ingénieurs américains considèrent maintenant qu'aucune appréhension ne peut subsister en matière de sécurité, lorsque les installations répondent aux spécifications fixées par l'« American Railway Association » et respectées par toutes les maisons sérieuses de construction.

Le block automatique américain appelle certaines observations d'ordre général qu'il a paru intéressant de résumer ici.

Principes et caractères de la signalisation. — La signalisation des États-Unis est essentiellement *positive*. Elle donne, en effet, aux mécaniciens, sous forme d'indications caractéristiques, l'assurance qu'ils ont le libre passage (ailes sémaphoriques verticales « décrochées » par rapport au mât, feu vert de voie libre) et ne se contente pas de fournir ces indications par le simple effacement d'une cocarde ou d'une aile.

Elle tend également, par l'emploi des signaux à trois indications et par le groupement des signaux, à *réduire le nombre des observations*.

Elle permet une *succession logique des indications* de ralentissement ou d'avertissement, qui sont répétées à chaque signal jusqu'au point de ralentissement ou d'arrêt ou jusqu'au signal permettant la reprise de vitesse.

Enfin, les signaux sémaphoriques ou lumineux utilisés en application de ces principes ont de belles qualités de *visibilité*.

Par contre, certaines dispositions de la signalisation américaine paraissent assez discutables. C'est ainsi que, dans les cas où plusieurs signaux sont groupés sur un même mât, l'indication de voie libre ou d'avertissement est juxtaposée à des indications d'arrêt dont le mécanicien n'a pas à tenir compte. A titre d'exemple, l'indication de passage en vitesse sur une bifurcation est donnée par un feu vert et deux feux rouges. Cette conception est très éloignée des principes de la signalisation française, qui impose au mécanicien abordant un groupe de signaux d'obéir à l'indication du signal le plus restrictif. Il semble également qu'elle empêche de tirer tout le parti désirable des signaux lumineux, qui ne devraient, en général, donner qu'une seule indication, la plus impérative, et non un groupe d'indications.

Caractères de la réalisation technique. — Le souci d'assurer un fonctionnement correct des installations a été poussé très loin aux Etats-Unis. Par leurs études de laboratoire, par leurs expériences sur le terrain, par leur souci constant de collaborer avec les Réseaux, les maisons de construction ont réussi à établir des appareils qui inspirent à juste titre une grande confiance.

Il convient de signaler qu'une des préoccupations dominantes des Constructeurs et des Réseaux a été de réaliser des montages et des mécanismes simples. L'expérience leur a montré, en effet, que les complications de toutes natures entraînent inévitablement des dérangements qui, en compromettant la circulation, sont préjudiciables à la sécurité. « Keep the trains moving » (N'arrêtez pas les trains), disent les Ingénieurs américains, et ils entendent par là mettre en balance les avantages hypothétiques que peut procurer le fonctionnement exceptionnel de certains dispositifs de sécurité et les arrêts de trains trop fréquents qui peuvent résulter de leurs dérangements.

La suppression des « overlaps », l'indépendance des sections isolées successives, la position normale à voie libre des signaux permettent de simplifier les montages électriques ; l'emploi des sémaphores avec moteur monté directement sur l'axe de l'aile réduit au minimum la complication des mécanismes.

Entretien des installations. — Nous signalerons enfin que les procédés d'entretien du block automatique ont été soigneusement mis au point aux Etats-Unis. La surveillance, la revision et le renouvellement des appareils sont effectués avec beaucoup de méthode et une hiérarchie logique permet, à chaque échelon, d'étudier les améliorations inspirées par l'expérience.

On notera que les services de signalisation américains cherchent à éviter toute intervention du personnel d'exécution dans le réglage des appareils délicats qui jouent un rôle de premier plan dans la sécurité. C'est ainsi que les relais sont hermétiquement clos et qu'aucune modification ne peut y être apportée sur le terrain ; en cas de défectuosité, les appareils sont remplacés et renvoyés à l'atelier.
