

# SIGNAUX AVERTISSEURS DE BROUILLARD

Avertisseurs d'abris de locomotives et arrêts automatiques des trains

sur les chemins de fer de l'État belge et à l'étranger

PAR

M. L. WEISSENBRUCH

INGÉNIEUR EN CHEF DIRECTEUR D'ADMINISTRATION AUX CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE.

MEMBRE D'HONNEUR DE LA " RAILWAY SIGNAL ASSOCIATION " (ÉTATS-UNIS)

ET DE L' " INSTITUTION OF RAILWAY SIGNAL ENGINEERS " (GRANDE-BRETAGNE)

Extrait du *Bulletin de l'Association internationale des chemins de fer.*

(Octobre-Novembre-Décembre 1919.)

[ 656 .253 ]

BRUXELLES

Société anonyme M. WEISSENBRUCH, imprimeur du Roi

ÉDITEUR

(Société typographique : Liège, Bouillon, Paris, 1755-1783)

49, rue du Poinçon.

1919



## SIGNAUX AVERTISSEURS DE BROUILLARD

Avertisseurs d'abris de locomotives et Arrêts automatiques des trains  
sur les chemins de fer de l'État belge et à l'étranger.

---

La *Railway Gazette*, dans son numéro du 21 décembre 1917, reconnaissait que les chemins de fer de l'État belge avaient fait plus qu'aucun autre avant la guerre pour améliorer la signalisation en temps de brouillard. Nous prévalant de ce témoignage, nous allons essayer d'exposer les expériences faites en Belgique en cette matière.

Le premier accident sérieux causé par le brouillard sur notre réseau a été celui de Forest en 1898. A la suite de l'émotion qu'il souleva dans le public, le ministre des chemins de fer envoya à l'étranger une commission de quatre ingénieurs appartenant aux différents services, pour étudier la question des mesures à prendre en temps de brouillard. Nous avons eu l'honneur d'être secrétaire de cette commission, et c'est de cette époque que datent les règlements actuels pour les signaux de brouillard et la réorganisation de la signalisation des chemins de fer de l'État belge.

### I. — Détonateurs (ou pétards) placés à la main.

Le première mesure fut de se servir des piocheurs de la voie suivant la méthode anglaise, comme signaux de brouillard (1). Un règlement spécial fut publié pour préciser les devoirs des fogmen et pour régler la distribution des pétards.

Les règles en vigueur aux chemins de fer de l'État belge peuvent se résumer comme suit :

En temps de brouillard ou de neige, quand les conditions atmosphériques ne permettent pas de voir clairement les signaux à 100 mètres de distance, des fogmen, munis de drapeaux, de lanternes et de pétards, sont placés aux signaux à distance. Ils ont pour devoir de maintenir deux pétards à 10 mètres de distance l'un de l'autre ou un détonateur double à une

---

(1) Art. 80 à 86 du règlement uniforme des signaux publié par le Railway Clearing House.

faible distance en amont du signal à ré-péter, aussi longtemps que le signal est à l'arrêt. Quand le signal est mis au passage, les pétards doivent être enlevés.

Le but des détonateurs est d'attirer l'attention du mécanicien sur les signaux à main du fogman; si le signal est mis au passage, que les pétards soient enlevés ou non, le fogman doit présenter un signal à main de passage. Si le mécanicien fait éclater un pétard et n'aperçoit pas un signal à main, il doit se mettre en devoir d'arrêter devant tout obstacle qui peut se présenter devant lui. C'est ce qu'on appelle en France adopter « la marche à vue ». Si un signaleur veut en temps de brouillard arrêter un train avant l'arrivée du fogman, il doit placer des pétards sur les rails devant sa cabine.

Des accidents survenus aux piocheurs sur les wagonnets ont prouvé que les pétards à composition Brisante employés autrefois en Belgique, et encore en usage en Allemagne et dans d'autres pays, étaient dangereux à cause des projections de leurs enveloppes en fer-blanc. On adopta donc les pétards anglais remplis de poudre de chasse qui n'ont pas cet inconvénient.

Au lieu d'employer deux pétards placés à 10 mètres l'un de l'autre — ce qui a pour seul but de prévoir le cas d'un raté — on adopta le pétard duplex qui est en réalité formé de deux pétards accolés ou placés dans une même boîte. Le détonateur duplex anglais est représenté par les figures 1 et 2. Les figures 3 et 4 montrent le détonateur duplex belge.

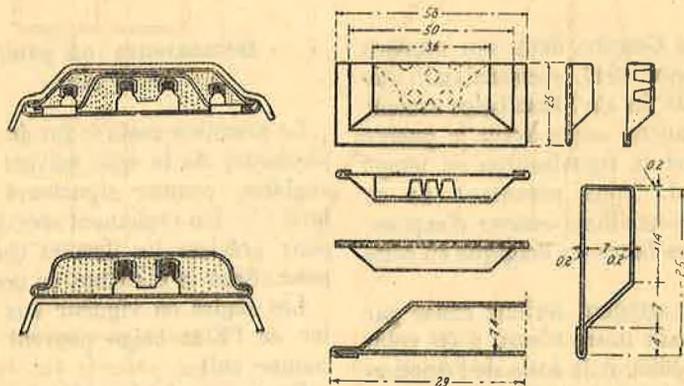


Fig. 1 et 2.

On voit que les deux petites boîtes qui forment le pétard double sont, non pas contenues l'une dans l'autre, comme dans le modèle anglais, mais accolées. Pour empêcher que l'une des boîtes soit projetée au loin par l'explosion de l'autre touchée la première par la roue de la machine, le porte-pétard en fer-blanc qui les réunit contient une arête formée d'un

repli du métal. Les boîtes anglaises qui contiennent la poudre de chasse sont en fer-blanc et fermées par soudure. Elles se détériorent graduellement et les règlements du « Board of Trade » ordonnent la destruction des pétards de plus de trois ans d'âge. Les pétards belges sont en laiton de 0.2 millimètre d'épaisseur, emboutis d'une seule pièce. Les bouts son

repliés sur un bouchon de cire. Ils sont absolument étanches. Les ratés étant supprimés, la durée des pétards est illimitée.

Il en résulte une grande augmentation de sécurité en même temps qu'une économie importante.

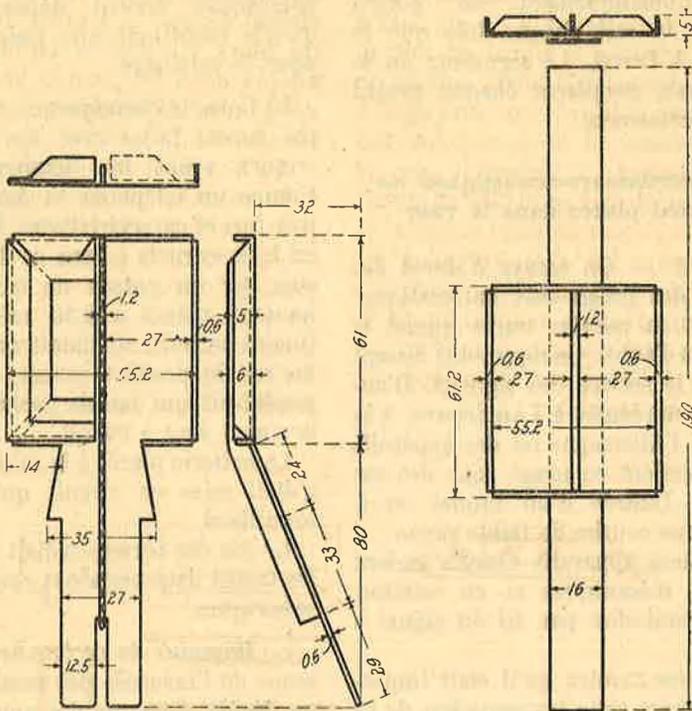


Fig. 3 et 4.

On sait que le code uniforme des signaux français du 15 novembre 1885 prévoit, pour le brouillard, des mesures assez semblables aux règles anglaises ou belges; cependant, il prescrit le placement de deux pétards différents à 25 ou 30 mètres de distance l'un de l'autre, sur deux files différentes de rails et à 25 ou 30 mètres du signal de voie qu'ils doivent répéter. Cette règle formelle, dont le but n'est pas très clair à notre sens, exclut en France l'emploi du duplex. Cependant, l'expérience a démontré l'efficacité de la méthode anglaise ou belge.

## II. — Machines servant à placer les pétards sur le rail pour aider les fogmen.

L'opération qui consiste à placer les pétards sur le rail est parfois dangereuse pour les fogmen, surtout s'ils doivent traverser les voies.

Pour les aider, les chemins de fer de l'Etat belge, comme les compagnies anglaises, mettaient à leur disposition des machines à magasin. Elles étaient du modèle Clayton et étaient actionnées au moyen de petits leviers placés latérale-

ment aux voies. Le service des signaux de l'Etat belge avait aussi construit un appareil de forme spéciale très ramassée pouvant être relié à la connexion du signal et plaçant automatiquement un pétard unique sur le rail chaque fois que le signal était à l'arrêt. Le signaleur ou le fogman devait remplacer chaque pétard après son écrasement.

### III. — Avertisseurs-acoustiques de brouillard placés dans la voie.

a) *Cloches.* — On essaya d'abord des cloches ou des gongs mis automatiquement en action par les trains quand le signal était à l'arrêt. Quelques-uns furent étudiés par le service des signaux. D'autres furent empruntés à l'Angleterre, à la Suisse ou à l'Allemagne où des appareils de l'espèce étaient en usage dans des cas spéciaux, à l'entrée d'un tunnel ou à l'origine d'une courbe de faible rayon.

Les premiers appareils essayés étaient entièrement mécaniques et en relation avec la transmission par fil du signal à distance.

L'expérience montra qu'il était impossible de charger cette transmission de ce travail additionnel.

Beaucoup de signaux à distance sont à 1,000 mètres de la cabine et parfois ils slottent plus d'un signal. Pour tourner la difficulté, on mit les cloches en action par l'électricité au moyen de contacts ou de rails isolés actionnés par le train. Un commutateur était fermé par la mise à l'arrêt du signal.

Quand la tête du train atteignait un contact placé, par exemple, à 300 mètres en amont du signal à distance fermé, la cloche commençait à sonner. Elle ne s'arrêtait qu'après que la tête du train avait atteint un autre contact placé à 50 mètres en aval.

Les essais montrèrent que même une cloche très forte pouvait ne pas être entendue par le mécanicien d'un train express, quand les circonstances atmosphériques étaient défavorables, bien qu'elle constituât une nuisance extrême pour le voisinage.

b) *Cornets électriques.* — Des expériences furent faites avec des cornets électriques ayant un diaphragme vibrant comme un téléphone et donnant un son très fort et caractéristique. Il y avait deux ou trois cornets à l'amont du signal, chacun sur un poteau de trois mètres de hauteur planté à 2,50 mètres du rail. Quand un train atteignait un point à vingt mètres du premier cornet, un contact se produisait qui faisait parler le cornet si le signal était à l'arrêt.

La batterie placée à la cabine de signaux n'était mise en circuit qu'en temps de brouillard.

Le son des cornets n'était pas perçu par les trains dans certaines conditions atmosphériques.

c) *Magasins de cartouches.* — En présence de l'insuccès des essais précédents, on décida d'essayer des appareils faisant éclater des cartouches en dehors de la voie à l'approche d'un train quand le signal était à l'arrêt.

Le premier appareil expérimenté fut l'appareil électrique du «London & South Western». Le principe était le même que celui des cloches électriques. Un contact de rail ou un rail isolé faisait exploser une cartouche quand le signal était à l'arrêt. En quittant le rail isolé ou en actionnant un second contact, le train déterminait le remplacement de la cartouche vide par une autre.

Les essais ne furent pas satisfaisants et l'on fit d'autres expériences avec l'appareil mécanique français Cousin.

La pédale mécanique de cet appareil devait fonctionner aussi bien à très faible vitesse qu'aux vitesses les plus élevées. La difficulté de ce problème la fit bientôt remplacer par un contact électrique.

Un de ces appareils est encore placé depuis juin 1905 sur l'Est français à la station de La Vilette. Il a été décrit entre autres dans le *Railway Engineer* d'avril 1912 par M. Raynar Wilson.

Les premiers essais en Belgique parurent satisfaisants. A cette époque, on avait décidé, comme première étape du renouvellement de la signalisation, de remplacer les disques à distance non dépassables à l'arrêt de la ligne de Bruxelles à Mons par des sémaphores répéteurs prescrivant le ralentissement. Mais le service de l'exploitation exigeait, pour donner son consentement à cette innovation, l'adjonction en temps de brouillard à chaque nouveau sémaphore d'un appareil avertisseur. A défaut de meilleure solution, on plaça un appareil Cousin à 100 mètres en amont de chaque signal à distance.

A l'approche du train sur deux rails isolés, placés bout à bout à la hauteur de l'appareil, une cartouche faisait explosion si le circuit électrique correspondant n'était pas interrompu par la mise au passage du bras du signal.

Le principe même de cet appareil est défectueux car, en cas de raté, le mécanicien peut être induit en erreur et croire que la voie est libre.

Un appareil avertisseur parfait doit donner toujours un signal positif. Il faut qu'il avertisse le mécanicien aussi bien du passage que de l'arrêt. Pour empêcher le danger en cas de raté par l'épuisement de la batterie, un commutateur automatique coupait en ce cas le circuit de l'appareil de bloc. Mais la sécurité n'en était pas augmentée, puisque cela n'avait d'autre résultat que de substituer le bloc par

téléphone au bloc enclenché régulier : on ne pouvait, en effet, arrêter la circulation des trains.

Pour éviter l'épuisement prématuré du magasin, l'explosion de la septième cartouche mettait en action une sonnerie trembleuse. Mais, encore une fois, cet avertissement pouvait faire défaut par l'épuisement de la pile.

L'appareil n'était mis en service qu'en temps de brouillard, mais il était essayé réglementairement tous les samedis pour le premier train du matin.

Pendant deux années d'expériences, malgré la bonne construction de l'appareil et un entretien soigné, on constata des cas assez nombreux de ratés de cartouches, de bris et de dérangements de fils, ou d'épuisement prématuré des piles : tous incidents contraires à la sécurité.

Il eût été possible de réduire le nombre de ces incidents en employant le courant continu, des fils isolés et des cartouches métalliques. Cependant, malgré la dépense en plus, on n'aurait pas supprimé cette dangereuse anomalie que rien ne pouvait indiquer au mécanicien le fait qu'un signaleur aurait oublié de mettre son appareil en service en temps de brouillard. En pareil cas, l'absence de pétard pourrait lui faire croire que la voie est libre. Et cependant, il serait impossible de maintenir en tout temps sur toutes les lignes importantes d'un réseau des machines à pétards en usage constant !

#### IV. — Signaux répéteurs lumineux (ou feux répéteurs surbaissés).

Avant la fin des essais des appareils Cousin, les anciens disques à distance furent remplacés sur l'importante ligne de Bruxelles à Anvers (44 kilomètres), qui avait un trafic de 120 à 180 trains par jour. En même temps, on devait y inau-

gurer un nouveau service de trains-blocs (en navette) faisant le trajet sans arrêt en 36 minutes avec une vitesse moyenne de 72 kilomètres. La fréquence des brouillards rendait plus désirable encore pour l'exploitation le placement d'appareils Cousin. Le fabricant ne pouvant fournir ceux-ci dans le délai voulu, on se décida

à les remplacer par des répéteurs lumineux.

Les feux ordinaires, pour être vus à la distance réglementaire, doivent être placés à une hauteur de 4 à 10 mètres. La figure 5 montre qu'à la distance maximum à laquelle le feu du signal peut être aperçu, la partie visible du cône lumineux formé

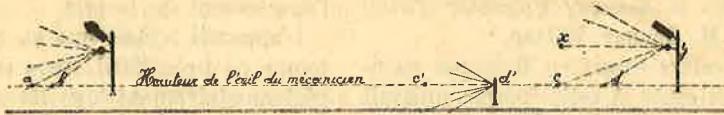


Fig. 5.

par les rayons de ce feu ne sera coupée que suivant *ab* par la ligne décrite par l'œil du mécanicien. La durée de perception correspondante sera courte, peut-être une fraction de seconde.

Au contraire, si des répéteurs lumineux sont placés à la hauteur de l'œil du mécanicien, aussi près que possible de la voie, leur portée de visibilité peut être prolongée presque indéfiniment.

Ce système de signalisation si simple et si logique <sup>(1)</sup> a cependant été introduit pour la première fois le 15 juin 1908 pour l'inauguration du service rapide de navette des « trains-blocs ». Les résultats ont été exactement ceux qu'on attendait.

Avant de décrire les répéteurs lumi-

neux, il convient de rappeler dans ses grandes lignes la signalisation moderne appliquée sur les grandes lignes du réseau de l'Etat belge. Elle est semblable à celle des chemins de fer anglais, excepté que le signal à distance est placé à 900 mètres du point dangereux (au lieu de 800 yards [730 mètres] en Angleterre), le signal d'arrêt ou signal principal étant placé en Belgique à 50 ou 100 mètres du point dangereux (voir fig. 6); les bras se lèvent vers le haut; le feu du signal à distance est jaune, tandis qu'il est rouge en Grande-Bretagne. De plus, afin de rendre le signal à distance plus facile à distinguer, on le fait précéder de cinq barrières horizontales blanches, faisant autant que possible



Fig. 6.

(1) Le système a été breveté par la maison Siemens. Le brevet allemand n° 112622 est du 5.I.1899; le brevet anglais n° 2612 est du 5.II.1899 et le brevet belge (d'importation) n° 146914 est du 26.XII.1899. Ces trois brevets sont expirés depuis 1914. Ils ne pouvaient à toute évidence se rapporter qu'aux dispositifs d'exécution mis en usage entre Bruxelles et Anvers. L'idée d'employer des lampes électriques

ou d'autres signaux lumineux pour répéter les feux des signaux ordinaires ne pouvait pas plus faire l'objet d'un brevet que l'idée de substituer par exemple l'électricité au gaz ou à l'huile pour l'éclairage des signaux ordinaires eux-mêmes. D'ailleurs, des lampes répétitrices ont été employées dans les chemins de fer souterrains en Angleterre il y a longtemps déjà et avant cela, pensons-nous, aux Etats-Unis.

un angle de 45° sur l'axe de la voie. Chaque barrière a 5 mètres de longueur et est

1902 <sup>(1)</sup> avant d'avoir été essayé sur aucun chemin de fer.

A l'exemple de l'Etat belge, le chemin de fer de l'Etat néerlandais a placé à l'amont de ses signaux à distance dépassables, trois barrières ou planches horizontales de 5 mètres de longueur, à des intervalles de deux mètres, à une hauteur au-dessus du rail allant en montant de 1.50 mètre à 3 mètres. Mais M. Dufour, ingénieur en chef du service des signaux de l'Etat néerlandais, a déclaré au Congrès de Berne que les mécaniciens se plaignaient de ne pas les voir. C'est évidemment parce qu'elles n'étaient pas assez nombreuses et qu'elles étaient trop rapprochées les unes des autres.

Les essais de l'Etat belge ont prouvé que les barrières doivent être toutes à la même hauteur, autant que possible à la hauteur du fanal de la locomotive.

Au chemin de fer Hollandais, un tableau peint en damier noir et blanc de 1.50 mètre de hauteur et de 0.75 mètre de largeur est placé sur un support à une hauteur de 2.50 mètres. Il existe en Allemagne des tableaux analogues.

En France, les poteaux télégraphiques les plus rapprochés, à l'amont du signal à distance, sont ornés d'anneaux rouges et blancs.

M. Trévières, dans un article du *Génie civil* du 15 novembre 1913 sur l'accident de Melun, qui a eu lieu à cette époque, a fait l'éloge des barrières belges et a recommandé leur adoption en France. Il est évident que le système des cinq barrières blanches placées aussi près que possible du fanal de la locomotive est plus visible et plus facile à entretenir que celui des anneaux peints en rouge et blanc sur un certain nombre de poteaux télégraphiques.

(1) *Bulletin du Congrès des chemins de fer* 1902, p. 731, et 1911, p. 1075.

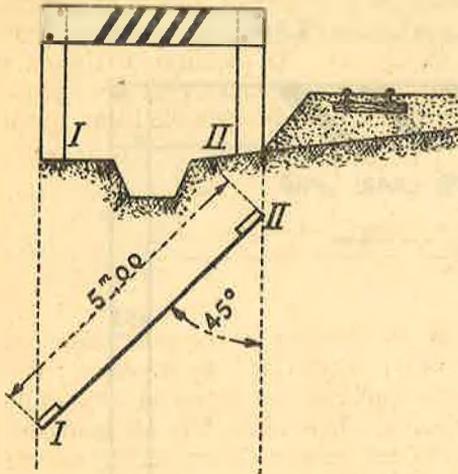


Fig. 7.

placée à 50 mètres de la précédente. Elle est formée d'une planche horizontale portée par de vieilles billes verticales et elle est blanchie à la chaux, ou d'une plaque émaillée blanche d'une largeur d'au moins 0.40 mètre portée par des supports métalliques et placée à une hauteur de 1.20 à 2.40 mètres au-dessus du niveau du rail.

Les figures 8 et 9 représentent des barrières de l'espèce, appelées « indicateurs d'approche » du signal à distance. L'expérience a prouvé qu'elles sont visibles la nuit dans des circonstances normales parce qu'elles sont suffisamment éclairées par le fanal de la locomotive.

Ce sont les dispositions adoptées quant à la constitution, au nombre et à l'espacement des indicateurs lumineux qui les rendent si utiles. Au Congrès de Berne de l'Association internationale des chemins de fer, il a été reconnu que ce système avait été proposé et décrit par nous en septembre

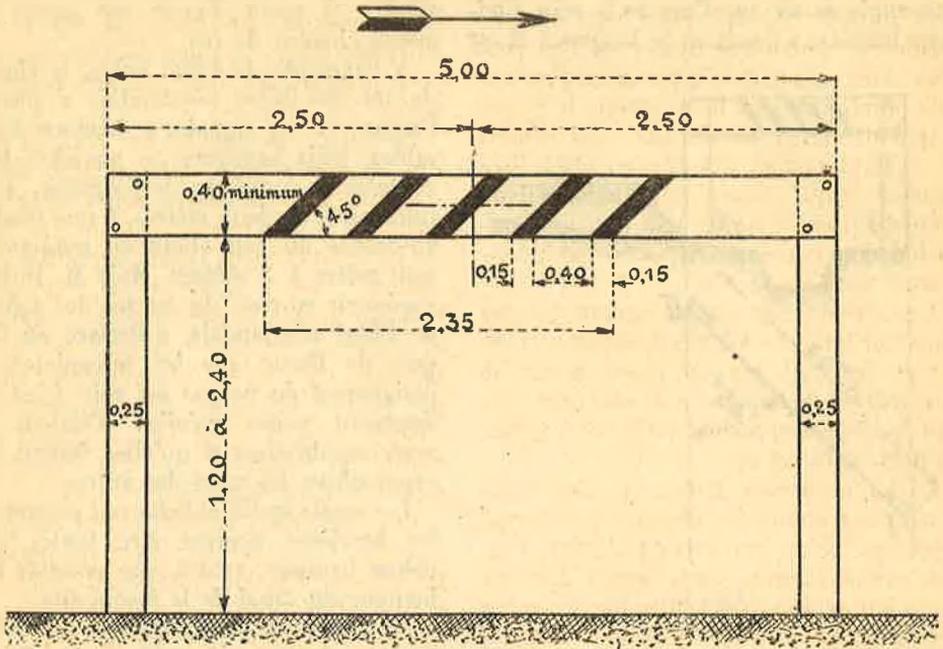


Fig. 8.

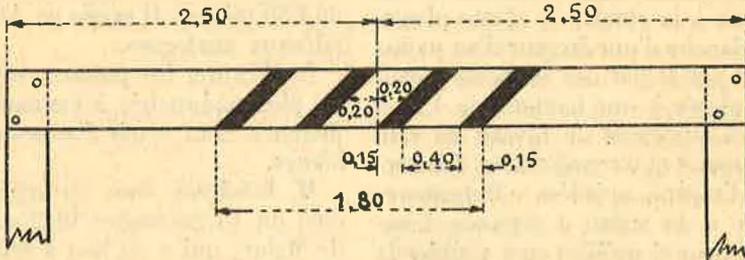


Fig. 9.

Fig. 8 et 9. — Indicateurs d'approche du signal à distance, barrière blanche.

Mais revenons aux répéteurs lumineux. Après un grand nombre d'essais, il apparut clairement que la meilleure disposition consistait à placer trois lampes à 150 mètres de distance l'une de l'autre en amont du signal à distance et deux lampes également espacées de 150 mètres en

amont du signal principal (voir fig. 6).

Aux bifurcations, les répéteurs lumineux des signaux divergents auraient pu être dédoublés. Des essais furent faits avec des lampes placées à 2 mètres de hauteur, espacées de 0.90 mètre l'une de l'autre, leur support étant à une distance

de 1.50 mètre du rail. Mais cette complication fut démontrée inutile, et l'on préféra, dans un but de simplicité et d'économie, appliquer aux bifurcations le même dispositif qu'en pleine voie. Les répétiteurs lumineux ne doivent, en effet, être considérés que comme un supplément de sécurité et si on ne les voit pas, le mécanicien doit pouvoir s'en passer en ralentissant au besoin.

Les lampes répétitrices étaient placées dans une lanterne à 2 mètres au-dessus du niveau du rail sur un pilier creux de 2.50 mètres de hauteur et à 1.50 mètre du rail le plus rapproché, de façon à rester en dehors du gabarit.

La lanterne était divisée en deux compartiments contenant chacun une lampe électrique et un réflecteur puissant; l'un des compartiments était fermé par un verre jaune orangé et l'autre par un verre vert Isly. Les rayons émis par chacune des lampes venaient atteindre le rail le plus proche à une distance de 15 mètres en amont du pilier-support.

Les lampes avaient un pouvoir éclairant de 10 bougies et un voltage de 33 volts. Les premières étaient à filament de carbone. Chaque circuit était formé de lampes de 0.7 ampère en série. Elles furent bientôt remplacées avec succès par des lampes à filaments métalliques du même pouvoir éclairant et de 35 à 36 volts. La consommation fut ainsi réduite de 0.7 à 0.4 ampère.

La visibilité des filaments métalliques est meilleure parce qu'ils se dessinent comme une ligne lumineuse à l'œil du mécanicien; leur prix plus élevé était compensé non seulement par l'économie de courant mais aussi par une meilleure visibilité.

Le courant était fourni par une batterie d'accumulateurs placée à chaque cabine dans une petite construction convenable-

ment ventilée. En hiver, il fut trouvé suffisant de mettre des doubles fenêtres pour protéger les accumulateurs contre la gelée.

Le but des accumulateurs était de rendre chaque cabine indépendante de la source de courant. Mais comme les brouillards ne se produisent pas chaque jour, on jugea utile, pour mieux surveiller l'installation, de se servir du courant de la batterie pour manœuvrer les signaux avertisseurs, ce qui exige une très faible dépense d'énergie: 3.8 ampères-heures par jour à 120 volts, en supposant que chaque signal soit au passage la moitié du temps et que 100 trains par jour circulent dans chaque sens.

Les batteries étaient calculées pour fournir le courant de manœuvre pendant trois jours. En temps de brouillard, elles pouvaient assurer la manœuvre pendant un jour et allumer soit les lampes à filaments de carbone 5 heures, soit les lampes métalliques, 10 heures.

Les batteries étaient chargées chaque jour pendant les heures mortes de la station génératrice. Quand le brouillard durait quatre heures, on mettait les transformateurs rotatifs de la station génératrice en mouvement.

Les connexions électriques des lampes étaient simples; toutes les lampes de même couleur des trois répétiteurs étaient arrangées en série et les deux séries de lampes étaient en parallèle sur un circuit de 120 volts qui comprenait un avertisseur à clapet.

Pour les signaux principaux précédés de deux répétiteurs lumineux, le schéma des connexions n'était pas différent; pour permettre l'emploi des mêmes lampes dans toute l'installation, une résistance compensatrice était introduite pour remplacer la troisième lampe.

Dans la cabine, il y avait un tableau de

chargement avec des indicateurs magnétiques du fonctionnement des lampes.

Le courant pour le chargement des batteries était fourni par les stations électriques existant à chaque bout et au milieu de la ligne : la première à Schaerbeek près de Bruxelles, la deuxième à Malines, non loin du milieu de la ligne, la troisième à Berchem près d'Anvers. La batterie la plus éloignée était à 10,780 mètres de la station de chargement.

Dans chaque station il y avait un groupe convertisseur rotatif d'un débit suffisant pour recharger toutes les batteries simultanément en une heure pour la consommation journalière. Le courant était amené par des fils aériens. Chaque batterie était reliée par double fil (aller et retour) à la station de chargement. Il n'était pas possible de charger les différentes batteries en série, parce que le programme du système de manœuvre des signaux à distance comportait la mise à la terre du pôle négatif. Cette condition était considérée comme essentielle pour prévenir des dérangements dans le cas de contacts entre les fils aériens.

Quand un plomb sautait, une sonnerie d'alarme se faisait entendre. Il suffisait de tourner un commutateur pour intercaler un fusible de rechange dans le circuit sans interrompre le courant. Ceci était surtout un grand avantage dans le cas d'alimentation directe par le convertisseur rotatif.

Cinq mois après leur introduction, en novembre 1908, M. Degraux, hier encore administrateur de la traction des chemins de fer de l'Etat, à cette époque chef du district de la traction comprenant la ligne de Bruxelles-Anvers, écrivait à la direction générale, « qu'avec l'aide des lampes « de brouillard, les mécaniciens pou-  
« vaient marcher à la même vitesse et  
« avec le même degré de sécurité par les

*« plus forts brouillards qu'en temps  
« clair ».*

Ces résultats avaient été confirmés dans la suite. Le nombre de dépassements de signaux sur la ligne de Bruxelles-Anvers avait été réduit, la première année, de 43 à 2, et les années suivantes à zéro.

La seule objection est la dépense; mais celle-ci peut être réduite beaucoup. D'abord, les batteries ne sont nullement indispensables. Si par un hasard extraordinaire le courant direct venait à faire défaut, il ne pourrait en résulter que des retards.

Ensuite, si les batteries sont supprimées, on peut aussi se dispenser de manœuvrer les signaux à distance électriquement et toute l'installation peut être beaucoup plus simple.

Sur une ligne à fort trafic, où une installation ayant pour but de supprimer les retards de trains provenant des brouillards est justifiée, on peut généralement obtenir l'électricité à des prix relativement modérés.

On aurait pu en Belgique, avant la guerre, réduire la dépense de 10,000 à 2,000 francs par cabine. L'emploi du courant pour l'éclairage des cabines suffirait pour s'assurer que l'installation est maintenue en bon état d'entretien.

Quoi qu'il en soit, l'installation placée entre Bruxelles et Anvers a été complètement détruite par les Allemands et il est peu probable qu'elle soit rétablie en présence des excellents résultats obtenus au moyen des indicateurs d'approche ou billes blanches.

Des essais se poursuivent en ce moment pour rendre ces indicateurs mieux visibles la nuit, en ornant chacun des trois derniers de deux couronnes de petits miroirs spéciaux placés à leurs deux extrémités.

V. — **Avertisseurs placés sur les machines, dits « Cab signals », ou signaux d'abri.**

En même temps que les avertisseurs acoustiques sur la voie, l'Etat belge n'a pas manqué d'expérimenter aussi les signaux d'abri de locomotives.

A. *Avertisseurs mécaniques.*

Comme beaucoup d'autres chemins de fer, il a d'abord expérimenté des avertisseurs mécaniques; comme eux, il a reconnu que les obstacles à éviter étaient les suivants :

1° La destruction aux très grandes vitesses de l'appareil dont le fonctionnement doit aussi être assuré aux faibles vitesses. La force vive produite par le choc aux très grandes vitesses est considérable, comme le prouve un calcul élémentaire;

2° L'alourdissement de la manœuvre du signal par suite de la nécessité de rattacher à la transmission de ce signal l'organe de voie qui doit agir sur la machine. C'est précisément à l'extrémité de la transmission que l'augmentation de la résistance est le plus sensible;

3° Les fonctionnements intempestifs qui peuvent être produits par des cendrées, des machefers, etc., et dont la fréquence détruirait la confiance du mécanicien.

a) *Appareil Ramaeckers.*

Dans l'un des derniers appareils mécaniques expérimentés, conçu d'après les plans et les calculs de feu le directeur général, M. Ramaeckers, on avait réalisé les dispositions suivantes :

1° La pédale présentait dans le sens de l'attaque une pente très douce et d'une

forme calculée afin de réduire les effets d'inertie aux vitesses élevées;

2° Elle était équilibrée pour surcharger le moins possible la transmission. Elle se relevait automatiquement par un contre-poids en cas de rupture accidentelle de la transmission;

3° Le levier placé sur la machine, actionné par la pédale et agissant sur le sifflet d'alarme, était maintenu par des ressorts puissants de façon à ne pas être mis en mouvement par les tas de cendrées de la voie. Ces ressorts jouaient en même temps le rôle d'amortisseurs aux vitesses très élevées.

Malgré ces précautions, l'Etat belge dut reconnaître dès 1905 qu'il ne fallait pas s'entêter dans cette direction. Ce résultat avait été ratifié partout à l'étranger jusqu'à l'époque de la guerre. Le seul appareil mécanique qui avait été essayé avec persistance et qui avait longtemps paru donner beaucoup d'espoir, c'était l'appareil d'origine hollandaise Van Braam. Or, après plusieurs années, ni l'Etat prussien, ni l'Etat français qui l'expérimentaient simultanément, n'en ont étendu l'essai. En France, on a reconnu la nécessité, pour éviter les ratés provenant de l'usure des bandages, d'introduire un dispositif pour régler la saillie des pendentifs (*Génie civil*, 24 juin 1911). En Prusse, d'après les *Annalen für Gewerbe* du 1<sup>er</sup> janvier 1911, les mêmes ratés étaient attribués aux ressorts de la machine. Mais, si la cause en avait été si simple, on aurait pu y remédier en fixant l'appareil aux essieux.

D'après d'autres renseignements officiels publiés par M. Hoogen dans la *Zeitung des Vereins*, les pédales mécaniques actionnées par les signaux ont si mal fonctionné dès qu'il tomba de la neige qu'il a fallu les immobiliser et renoncer à leur

faire donner un autre avertissement que celui de la proximité du signal de voie.

Les arrêts intempestifs ont été assez fréquents, ce qui est de nature à diminuer la confiance des mécaniciens. Les leviers sur la machine ont aussi été emportés à diverses reprises aux grandes vitesses, ce qui a supprimé tout avertissement.

b) *Appareils Sneyers*. — Malgré le peu de succès de tous les appareils avertisseurs mécaniques, l'Etat belge a repris vers 1908 des expériences avec un appareil mécanique tout à fait différent des précédents. C'est l'appareil Sneyers fondé sur l'action d'une brosse de fils d'acier élastiques, placée dans la voie sur un dispositif mécanique (intégrateur) de la locomotive qui ouvre une valve et met en action un sifflet. Cet appareil très simple paraissait résoudre les trois objections indiquées plus haut. Le peu de masse des fils de la brosse supprimait les effets destructeurs à grande vitesse et le dispositif de la machine restait insensible à une autre action que celle de la brosse. Il semble que la transmission du signal aurait pu être chargée du poids additionnel nécessaire au mouvement de la brosse, mais l'Etat belge a préféré, pour simplifier les premières expériences, laisser la brosse fixe.

Le signal d'avertissement était donc donné au mécanicien à l'approche du signal à distance, que celui-ci fût ouvert ou fermé.

Les premiers essais ont rapidement mis hors de service les brosses placées dans la voie. Malgré une forte galvanisation et un trempage préalable dans l'huile de lin cuite ou du suif pétrolé, les lamelles tombaient rapidement et il en résultait des ratés.

L'inventeur plaça alors la brosse sur la machine et ne laissa dans la voie

qu'une pièce de bois de 8 centimètres sur 23, garnie à sa partie supérieure d'une tôle plate et lisse de 8 millimètres d'épaisseur et de 10 centimètres de largeur.

La longueur de la pédale est de six mètres, comprenant à l'avant une partie inclinée de deux mètres. L'appareil sur la machine est très simple. La brosse est attachée à un clapet mobile autour d'un axe horizontal. Le clapet, au moyen d'une bielle et d'une manivelle, ouvre une valve branchée sur la conduite générale à air comprimé du frein.

Le clapet reprend sa place par son propre poids et par l'action d'un petit piston de rappel actionné par l'air comprimé.

Le poids de l'appareil n'est que de 15 kilogrammes. Ses dimensions extérieures, brosse comprise, sont de 33 centimètres de hauteur, 18 centimètres de largeur et 27 centimètres de longueur.

La face inférieure de la brosse est à 5 centimètres au-dessus du rail. Au passage de la pédale, il y a une emprise de 4 centimètres. L'appareil est attaché au-dessous de la locomotive à une entretoise en fers profilés reliée aux brides des ressorts par deux articulations.

L'usure des bandages se rachète par des bouts de tôle intercalés sur les boulons de fixation. Une seconde brosse protectrice est établie à l'avant de la machine.

Le prix du crocodile dans la voie n'était que de 41 francs. L'appareil sur la machine coûtait 150 francs et le remplacement d'une brosse 13 francs.

Les essais ont été faits de 1914 à 1914 sur la ligne de Bruxelles à Lille par Tournai, entre les stations de Hal et d'Enghien. Il y avait six pédales dans la voie et trois locomotives. Ils ont été très encourageants. L'appareil ne fonctionnait pas sur les machefers, mais les brosses pou-

vant être brûlées par des cendrées chaudes, il a été démontré nécessaire de placer l'appareil latéralement, ce qui exige le doublement des crocodiles; mais ceux-ci étaient de peu de valeur.

Les brosses résistent très bien. Elles durent un an, mais il y avait encore des ratés dus aux déformations par des chocs accidentels des appareils construits en bronze. L'inventeur espérait les éviter avec des appareils plus robustes construits en acier. A la veille de la guerre, l'Etat belge se disposait à faire des expériences sur une plus grande échelle entre Bruxelles et Gand.

### B. Avertisseurs électriques.

a) *Système Miller.* — Le premier système électrique essayé par les chemins de fer de l'Etat belge a été le système automatique qui a été employé pendant quelques années sur le « Chicago & Eastern Illinois Railroad » et dans le Park avenue Tunnel de New-York.

La ligne était divisée en sections de bloc isolées, mais à l'entrée de chaque section de bloc il y avait une courte section de rail isolé; les deux premiers joints étaient en regard et les deux autres chevauchaient.

La machine est isolée du tender et une petite batterie est placée sur la machine avec un électro et deux lampes, l'une blanche, l'autre rouge. La lampe blanche est normalement allumée. Quand la machine passe sur un joint isolé, l'électro est mis en court-circuit. L'armature tombe et la lampe rouge s'allume, à moins qu'au même moment un courant ne soit fourni par un relais de voie qui maintienne la lampe blanche allumée. Si le signal est à l'arrêt ou si la section d'aval est occupée, le courant de voie libre est interrompu.

C'est pour empêcher cette même action au moment du passage de la machine sur le rail isolé à l'entrée de chaque section de bloc, que le joint de ce rail est chevauché (1).

Le système Miller fut installé pendant quelques mois entre Schaerbeek et Louvain. Son fonctionnement fut assez satisfaisant, mais il fut reconnu qu'il donnait lieu aux mêmes dépenses d'entretien qu'un bloc automatique ordinaire.

A la même époque, l'Etat belge expérimentait le bloc automatique Hall entre Gand et Wondelghem, et la question de l'adoption de l'avertisseur Miller se trouva naturellement liée à la question de savoir s'il était possible de substituer le bloc automatique au bloc enclenché manuel avec pédales semi-automatique *qui se trouvait établi sur toutes les lignes importantes à double voie de l'Etat belge.*

L'essai du système Hall démontra :

1° que la substitution du bloc automatique au bloc manuel ne pouvait amener aucune économie à cause de la très faible distance moyenne entre les stations (3 kilomètres seulement) et du grand nombre de passages à niveau gardés dont les gardes étaient en même temps gardes-blocs;

2° que cette substitution sur toutes les lignes à double voie ne pouvait amener qu'une diminution de sécurité; le bloc automatique entraînait, en effet, la nécessité de permettre l'entrée des trains dans les sections bloquées moyennant certaines précautions (arrêt d'une ou deux minutes) à prendre par le machiniste sans aucun contrôle d'un agent de la voie.

L'Etat belge décida de conserver le bloc enclenché manuel et le système Miller fut donc écarté.

(1) Une description complète se trouve dans le livre de Raynar Wilson : *Power signalling*, p. 202.

b) *Appareil sans fil César & Guarini.* — L'Etat belge essaya ensuite, en 1904, un dispositif inventé par le Belge Vital César et l'Italien Guarini, pour la transmission d'ondes de télégraphie sans fil de la voie sur la machine. En théorie, le principe de ce dispositif est très séduisant :

Un courant de haute fréquence parcourt un fil placé le long de la ligne; une bobine montée sur la locomotive reçoit le flux alternatif produit par le courant quand la ligne est libre. La condition de danger est indiquée par la réduction du flux à un minimum. A l'endroit où se trouve un signal, le fil de ligne présente deux chemins alternatifs; l'un normal, l'autre dévié. Quand le signal est à l'arrêt, un commutateur fait dévier le courant primaire de façon à réduire le flux sur la bobine de la machine à zéro.

Le principe de ce système n'était pas sans analogie avec le railophone qui a été essayé par le « Midland Railway » et auquel M. W. C. Acfield a fait allusion dans sa conférence à l'Institution des ingénieurs-électriciens d'Angleterre du 27 janvier 1913.

Sur le chemin de fer de l'Etat belge, la dépense et la difficulté de maintenir constamment un courant à haute fréquence le long de la ligne ont paru trop grandes. Les appareils de MM. César et Guarini furent abandonnés parce qu'on ne trouva pas un relais convenable pour la bobine de la locomotive. M. Acfield,

dans sa conférence précitée, déclare que ce relais est précisément la partie essentielle et originale de l'invention de MM. Kapp et von Kramer. Il est construit de manière à ne répondre qu'à la fréquence pour laquelle il est réglé. L'avenir seul démontrera s'il est pratique. « Jusqu'ici, on a considéré désirable de ne pas publier les résultats », a déclaré M. Acfield.

En résumé, tous les systèmes de l'esèce se heurtent à deux difficultés importantes :

- 1° La nécessité de maintenir un courant constant à haute tension le long de toutes les lignes;
- 2° La délicatesse du relais.

Il n'est pas impossible qu'on réussisse un jour dans cette voie, au moyen des perfectionnements de la télégraphie sans fil auxquels la guerre a donné le jour; mais il ne faut pas s'illusionner : aucun système basé sur la télégraphie sans fil n'est encore pratique actuellement.

c) *Appareil Lartigue du Nord français.* — Avant d'essayer un appareil avertisseur sur la machine, l'Etat belge étudia d'abord l'appareil Lartigue installé sur le réseau du Nord français, voisin du sien (voir *Génie civil* du 24 juin 1911, p. 166).

La figure 10 est un diagramme montrant le principe du système qui est très simple.

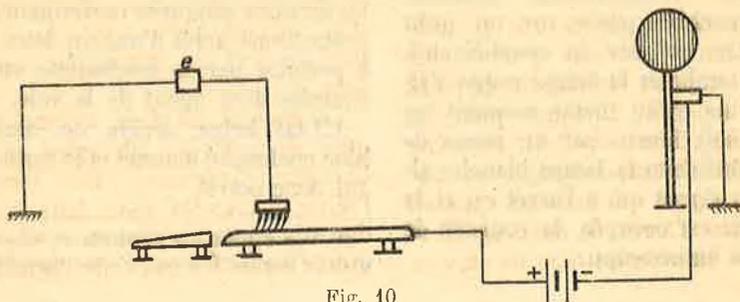


Fig. 10

Un contact isolé en forme de rampe appelé crocodile est fixé entre les rails à 200 mètres en amont du disque à distance dépassable à l'arrêt. Quand le signal est à l'arrêt, ce crocodile est relié à une batterie placée près du signal. Une brosse de fils de cuivre durcis est suspendue sous la machine; elle est reliée électriquement à un sifflet dans l'abri de la locomotive. Quand la brosse vient en contact avec le crocodile et que le signal est à l'arrêt, elle recueille le courant de la batterie, actionne l'électro Hughes et ouvre un sifflet à vapeur. Le mécanicien arrête le sifflet en agissant sur une poignée.

Tout le réseau du chemin de fer du Nord est actuellement armé de ce dispositif. Il est complété par l'enregistrement graphique, sur la bande de l'indicateur graphique de vitesse, des signaux à distance rencontrés à l'arrêt.

Cet arrangement est aussi adopté avec de légères modifications par le Paris-Lyon-Méditerranée et l'Est français. Sur le premier, la batterie a été reportée sur la locomotive. L'Est enregistre sur la bande de l'indicateur de vitesse tous les signaux à distance rencontrés, qu'ils soient au passage ou à l'arrêt. Dans ce but, tantôt c'est le pôle positif, tantôt c'est le pôle négatif qui est mis à la terre par le commutateur du signal fixe.

Le chemin de fer du Midi et celui de l'Etat français faisaient avant la guerre des essais avec des appareils du type de l'Est.

On peut conclure de ce qui précède qu'avant la guerre tous les grands chemins de fer français étaient sur le point d'adopter l'appareil Lartigue plus ou moins modifié (*Génie civil*, 27 décembre 1913, p. 170). Et cependant, c'est une émission de courant qui dans cet appareil donne le signal d'arrêt. Si donc un fil se brise ou une batterie est hors de service,

il s'ensuivra un dérangement qui produira pour le mécanicien le signal de passage. C'est pour ce seul motif que l'Etat belge, de même que les compagnies anglaises, ont rejeté l'appareil dans la forme où il est employé en France.

Le « North Eastern » d'Angleterre emploie un système quelque peu semblable (Raven), avec des perfectionnements qui lèvent l'objection de principe indiquée. Le signal d'arrêt est donné par l'interruption d'un courant permanent entretenu par une pile placée sur la machine. Cependant, dans sa dernière forme, l'appareil se rapproche dans son programme de celui du « Great Western » qui est semi-mécanique, puisque la pédale fixe placée dans la voie sert aussi à couper le courant permanent qui anime l'appareil de la machine.

d) *Appareil du « Great Western »* (Angleterre). — L'Etat belge a fait une étude spéciale de l'appareil du « Great Western ». Celui-ci a aussi été essayé en Angleterre par le « Midland Railway », et M. W. C. Acfield a exposé très clairement le principe de ce système dans sa conférence à l'« Institution of Electrical Engineers », en mars 1915.

Les figures 11 et 12 le font comprendre clairement.

La différence principale de principe ou de programme entre cet appareil et celui de Lartigue, c'est que le signal d'arrêt est donné par une interruption mécanique d'un circuit permanent. Le signal de passage seul est donné par une pile de voie.

Ce système est donc à l'abri des critiques de principe adressées au système Lartigue. Cependant l'Etat belge, après l'échec de tous les essais faits par lui avec des appareils mécaniques à contact rigide, l'a rejeté à cause de l'existence d'un

contact rigide, ses préférences allant à un contact par brosse.

L'appareil Raven du « North Eastern » d'Angleterre avait, dans sa première forme, un appareil de contact par brosse

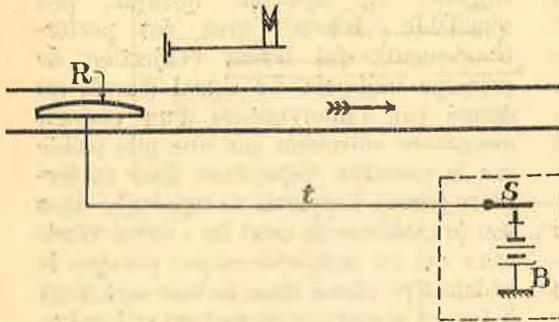


Fig. 11.

R = Rampe. — T = Fil télégraphique. — S = Commutateur actionné par le levier du signal. — B = Batterie reliée à la rampe quand le signal est au passage.

métallique; mais il avait aussi à cette époque des contacts par poulie pour donner la direction en même temps que le passage, et dans son ensemble il parut trop compliqué à l'Etat belge.

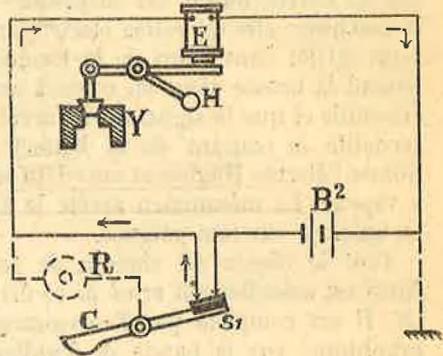


Fig. 12.

R = Sonnerie. — E = Electro actionnant la valve du frein et le sifflet. — H = Poignée de remise en place. — C = Sabot de contact. — S = Commutateur. — B² = Pile sur la machine.

N. B. — Le circuit local est normalement fermé. Quand le courant actionne l'électro E celui-ci ferme la valve du frein.

Fig. 11 et 12. — Principe du signal d'abri du « Great Western ».

Aujourd'hui, le programme de l'appareil du « North Eastern » se rapproche de celui du « Great Western ». L'interruption d'un courant permanent est effectué par un contact mécanique, mais le courant de voie qui doit paralyser cette interruption quand le signal est au passage est toujours capté par deux brosses métalliques.

e) *Cab signal César n° 1.* — Le principe de ce système, dont l'inventeur est Belge, a quelque ressemblance avec le crocodile Lartigue modifié par le chemin de fer de l'Est. Il est montré par la figure 13. Il y a dans la voie un crocodile et deux brosses sur la machine, ainsi que deux électros, l'un de 10, l'autre de

100 ohms. Le contact placé sur le mât du signal est ouvert quand le signal est à l'arrêt afin qu'une rupture du fil ou un raté du commutateur donne le signal de danger.

Quand le signal est à l'arrêt, l'électro de 100 ohms est seul actionné. La fermeture du contact fait passer la plus grande partie du courant par l'électro de 10 ohms.

L'électro de 100 ohms actionne le sifflet; celui de 10 ohms actionne une sonnerie. Dans les deux cas, l'intervention du mécanicien est nécessaire pour faire cesser l'avertissement. Tel est le dispositif décrit par le brevet belge primitif du 22 octobre 1906 (brevet anglais n° 22368, oct. 10 A. D. 1907). Il présente une lacune évidente : c'est que rien n'avertit le

mécanicien que la pile est hors de service. Dans les essais de l'Etat belge, la pile actionnait d'une façon continue un élec-

tro de 1,000 ohms qui était mis en court-circuit par le crocodile (fig. 14).

L'inventeur, dans la description de son

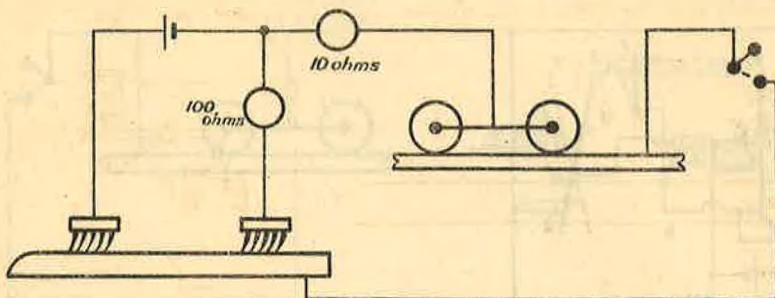


Fig. 13.

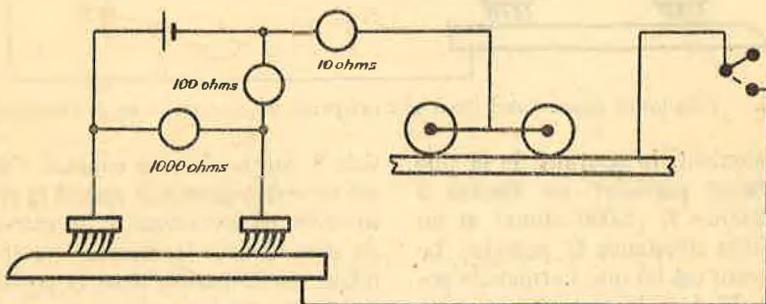


Fig. 14.

Fig. 13 et 14. — Principe du signal d'abri César type n° 1 essayé sur les chemins de fer de l'Etat belge.

invention, revendiquait plusieurs perfectionnements par rapport à l'avertisseur français. Le crocodile ne devait pas être placé sur isolateurs; sa surface de contact « était constituée de telle sorte qu'elle présentait aux brosses ou pièces de frottement une série de saillies de fer au lieu d'une surface plane de cuivre ».

La distance des deux brosses et la longueur du crocodile étaient telles qu'un court-circuit ne pouvait être occasionné par un tas de cendrées.

Mais les essais montrèrent bientôt un grave défaut de l'appareil. C'est que la

voie pouvait être libérée indûment par la mise en relation électrique directe du crocodile avec le rail.

Cet accident se produisit un jour par un bout de fil métallique qui s'était accroché au crocodile et avait été écrasé sur l'un des rails par un train précédent. Une autre fois, il se produisit par la chaîne d'attache d'une chèvre échappée.

f) *Cab signal César n° 2.* — Cet appareil est connu en France sous le nom d'appareil César, Beauvais et Noé.

Pour remédier à l'inconvénient de prin-

cipe du dispositif précédent, l'inventeur a eu l'idée de faire intercaler, par la fermeture du signal, une bobine de self inductions S, dont l'intervention seule peut

donner le signal de passage. Une relation directe entre le rail et la pédale ne produit donc plus le signal de passage (fig. 15).

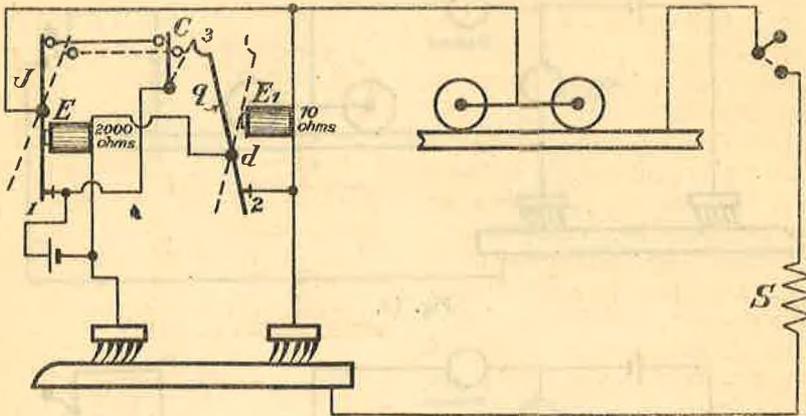


Fig. 15. — Principe du signal d'abri César n° 2 essayé sur les chemins de fer de l'Etat belge.

1° Normalement, le courant de la pile de la machine parcourt un électro à grande résistance E (2,000 ohms) et un électro à faible résistance E' polarisé. Le sens du courant est tel que l'armature polarisée q de E' devrait être attirée, mais l'intercalation de la résistance de 2,000 ohms dans le circuit empêche l'attraction de se produire;

2° Le passage sur le crocodile, quand le signal est à l'arrêt et son contact rompu, met l'électro E à grande résistance en court-circuit, ce qui déclenche un sifflet à air et coupe le contact 1. Le courant est renforcé dans l'électro E' qui attire son armature et rompt le contact 2.

Le sifflet continue à siffler jusqu'à ce que le mécanicien ait remplacé les armatures dans leurs positions primitives;

3° Le passage sur le crocodile quand le signal est au passage et son contact fermé produit les mêmes effets, mais en outre, avant la rupture du contact 1, un courant dérivé traverse la bobine de self induc-

tion S. Sur ce dernier courant, l'électro E' est en court-circuit et quand le circuit est interrompu au contact 1, un extra-courant de sens inverse traverse cet électro et ramène son armature dans la position normale fermant les contacts 2 et 3. (Le contact 1 étant ouvert, l'armature de E a pris la position indiquée en pointillés.) Le circuit 1-3-d-E-pile-1 est ainsi établi un instant; l'électro E rappelle son armature; la position primitive est rétablie et le sifflet s'arrête.

On voit par ce qui précède que, quand le signal est à l'arrêt, l'intervention du mécanicien est nécessaire pour arrêter le sifflet, tandis que si le signal est au passage, le sifflet s'arrête automatiquement après avoir fonctionné pendant une demi-seconde (ou plus si on le désire).

Il serait facile de mettre un signal visuel en relation avec les armatures J, C et q des deux électros.

Dans les essais de l'Etat belge, le cro-

*codile*, placé à 300 mètres en amont du signal, avait 18 mètres de longueur (celui du Nord français a 2 à 4 mètres et celui du « Great Western » 60 pieds (18.29 mètres). Il était formé d'une longue grille de lames d'acier doux de 40×4 millimètres de section maintenues à une distance de 20 millimètres les unes des autres au moyen d'entretoises.

Les lames d'acier reposaient sur les traverses par l'intermédiaire de supports métalliques dont elles étaient isolées par des semelles en bois. Des boucliers inclinés placés aux deux extrémités protégeaient le crocodile contre les chaînes d'attelage traînantes.

Pour empêcher la glace en hiver, des brosses supplémentaires non isolées préparaient le contact.

Les expériences n'ont pas été assez longues pour démontrer si cette forme de crocodile est indemne de la difficulté expérimentée en France en hiver avec les crocodiles à surfaces lisses, qui se couvrent d'un givre isolant. Au Nord français; on y remédie en chargeant les agents préposés à l'entretien des lanternes de nettoyer les crocodiles et de les enduire de pétrole (soins qui sont facilités par le peu de longueur de ces appareils [2 à 4 mètres, suivant les lignes] et par le climat peu rigoureux).

Au Paris-Lyon, on emploie une cornière en U renversé à arêtes vives. Au Midi et à l'Est, on emploie un gril de quatre barres d'une forme particulière présenté par la maison Beauvais Noë, associée en France de M. Vital César, et préconisé aussi en Belgique par ce dernier inventeur. Ce gril est disposé d'une façon analogue à la prise de courant de certains chemins de fer électriques. Nous en avons nous-même suggéré l'emploi, croyons-nous, à M. César (voir fig. 16).

On a aussi essayé à l'Est un crocodile

du système Colas-Nilmelior à surface lisse, mais formé d'une forte tôle emboutie contenant du feutre enduit de pétrole recouvert d'un couvercle en tôle percé de trous.

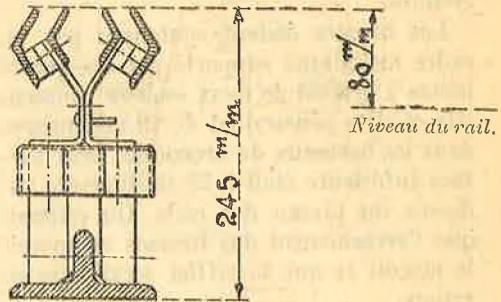


Fig. 16.

Les crocodiles français n'ont que 2 à 4 mètres de longueur, suivant la vitesse des trains de la ligne. D'après M. Marty, ingénieur de l'Est, cela suffit (1). « Des expériences ont été faites sur une rampe de 3 mètres, à une vitesse de 120 kilomètres et on a trouvé que l'émission de courant durait 1/10 de seconde. Il a été établi qu'en pratique une émission de 1/200 seconde serait suffisante. »

Comme, malgré ce témoignage, on sait qu'il y a parfois des ratés, on peut croire qu'une plus grande longueur des crocodiles serait favorable. En Angleterre, la longueur des crocodiles ou pédales est en général de 40 à 60 pieds (12.19 à 18.29 mètres).

La longueur de 18 mètres des essais de l'Etat belge est une conséquence forcée de l'éloignement des brosses dont la distance d'abord de 1.50 mètre, a été portée ensuite à 2.50 ou 3 mètres.

(1) *Institution of mechanical engineers*, Paris Meeting, July 1914, p. 493.

Les brosses étaient constituées par des lames d'acier fixées dans une double armature et isolées de la masse par une feuille en micanite susceptible de résister à la chaleur développée quand une machine stationnait sur des cendrées mal éteintes.

Les brosses étaient soutenues par un cadre métallique supporté par les quatre boîtes à graisse de deux essieux consécutifs et elles pénétraient de 20 millimètres dans les barreaux du crocodile. Leur surface inférieure était à 55 millimètres au-dessus du niveau des rails. On estimait que l'arrachement des brosses romperait le circuit et que le sifflet serait mis en action.

La tension de la pile était de 12 volts (six éléments de Silicia). Au passage sur le crocodile le courant était de 0.2 ampère. L'électro de 2,000 ohms commandait la soupape du sifflet monté sur le réservoir principal à air comprimé du frein. S'il était branché sur la conduite générale, il actionnerait le frein. Il pourrait aussi commander un sifflet à vapeur.

L'électro de 10 ohms était polarisé au moyen d'un aimant permanent en fer à cheval.

L'ensemble de l'appareil sur la machine était contenu dans une boîte de  $0.15 \times 0.12 \times 0.12$  mètre. Les câbles étaient protégés par des tubes en acier. La bobine de self induction était placée sur le mât du signal dans une boîte de  $0.22 \times 0.15 \times 0.18$  mètre.

Les essais de cet appareil ont été effectués, sous la direction de l'inventeur, avec quelques machines sur la ligne à grande vitesse de Louvain à Ans (88 signaux).

Au moment de la guerre, on armait le reste de la ligne de Schaerbeek (près de Bruxelles) à Louvain et de Ans à Liège.

Le nombre total de signaux pour la ligne de Schaerbeek à Liège est de 120.

La première difficulté à laquelle il a fallu remédier a été de maintenir l'isolement des brosses et des connexions sur les locomotives, notamment contre les fuites d'eau du tuyau réunissant la locomotive au tender.

Les dérangements sont après cela restés quotidiens; on peut les classer comme suit :

a) *Indications d'arrêt avec le signal de voie au passage :*

- 1° par la rupture d'un fil de ligne ou de la connexion du crocodile;
- 2° par défaut d'isolement du crocodile;
- 3° par défaut de fonctionnement du commutateur;
- 4° par mauvais isolement des brosses ou des connexions sur la machine;
- 5° par l'épuisement des piles;
- 6° par le dérèglement de l'appareil avertisseur (renversement prématuré de l'armature polarisée).

b) *Déclenchement intempestif du sifflet :*

- 1° par trépidations;
- 2° par épuisement des piles;
- 3° par coincement du piston du sifflet;
- 4° par rupture des connexions ou leur mauvais isolement.

c) *Indications de passage avec le signal de voie à l'arrêt :*

par suite du dérèglement de l'appareil avertisseur.

Il ne semble pas impossible de diminuer dans une forte mesure les causes de dérangements par défaut d'isolement des organes, par épuisement des piles, par coincement du sifflet.

Mais il reste un point très important :

ce sont les indications contraires à la sécurité qui, bien que moins fréquentes que les autres dérangements, ont été constatées à diverses reprises.

L'inventeur prétend que pour les produire il faut que le dérèglement de l'appareil coïncide avec le blocage du piston du sifflet et l'affaiblissement momentané du courant de la pile.

Il est évident que le point délicat, c'est la faiblesse de l'extra-courant. On a constaté que probablement pour cette cause le réglage des appareils est toujours très délicat et minutieux. C'est évidemment à la fois l'originalité et le point faible du système.

#### Conclusions générales.

On a prétendu que « le risque de non perception d'un signal par un mécanicien peut être évalué à  $1/4,000,000$ , tandis que le risque de non fonctionnement d'un répétiteur de locomotive quelque perfectionné qu'il soit n'est sans doute pas inférieur à  $1/10,000$ , soit 400 fois plus grand ».

Tel est du moins en propres termes l'avis du collaborateur du journal français *Le Génie civil* (8 juillet 1911) qui signe P. D. Cet avis a été reproduit par un autre collaborateur autorisé du même journal (15 novembre 1913), J. Trévières, à propos du terrible accident de Melun du 4 novembre 1913 attribué par lui à une aberration du mécanicien d'un train rapide qui à l'approche de la bifurcation n'obéit pas aux trois signaux successifs (lanaux allumés) marquant l'arrêt.

L'avis de M. Trévières est basé sur une étude de B. Blum, inspecteur des constructions des chemins de fer de l'Etat prussien. (*Zeitung des Vereins*, 1910, n° 69, et *Bulletin du Congrès des chemins de fer*, 1911, p. 59).

M. Blum part des trois suppositions suivantes :

1° Le réseau prussien comptait en 1904 44,000 signaux et en 1908 54,000 signaux. Le trafic ayant augmenté dans la même proportion, si l'on suppose une moyenne quotidienne de dix trains par signal en 1908, le nombre de signaux observés est par jour de 540,000 et par an de 200 millions environ.

2° Il y a eu pendant cette période moins de 51 accidents dus à l'inobservation des signaux. M. Blum conclut que la chance d'erreur d'observation est inférieure à

$$\frac{51}{200,000,000} \text{ ou } \frac{1}{4,000,000}$$

3° Mais si l'on appliquait un appareil à chacun des 50,000 ou 54,000 signaux et des 20,000 ou 25,000 locomotives, on aurait pour les dix trains passant devant chaque signal chaque jour plus de 500,000 manœuvres de l'appareil de voie et autant de manœuvres de l'appareil de machine, soit 1 million de manœuvres par jour et 365 millions par an. En supposant un raté d'appareil par deux ans (soit un demi raté par an), comme il y aurait au moins  $50,000 + 20,000 = 70,000$  appareils, cela ferait 35,000 ratés par an. La chance minimum de raté serait donc

$$\frac{35,000}{365,000,000} = \frac{1}{10,000} \text{ en nombre rond.}$$

La sécurité d'un cab signal serait donc 400 fois moindre que celle provenant de l'observation directe des signaux et il serait inutile et même dangereux d'employer un appareil de l'espèce.

Ce raisonnement est évidemment tout à fait paradoxal. Un compatriote de M. Blum, M. Dyrssen, s'est chargé d'en montrer la fausseté (*Zeitung des Vereins*, 1912, et *Bulletin du Congrès*, 1912, p. 226).

La vigilance des mécaniciens n'est pas

en jeu quand un train régulier qui est à l'heure trouve les signaux ouverts devant lui. Il peut ne pas les regarder, aucun accident ne se produira. Elle n'est en jeu que si un train doit faire un arrêt *imprévu*, comme c'était le cas à Melun, et c'est la proportion de dépassements de signaux d'arrêt *imprévus* qu'il faut arriver à diminuer.

D'après M. Dyrssen, sur une division des chemins de fer de la Westphalie, il y a eu pendant une année une moyenne de *300 arrêts imprévus par jour*. D'après les indications des appareils enregistreurs, le nombre des dépassements de ces signaux a été de 29 en un an. C'est donc le rapport  $\frac{29}{300 \times 365}$  ou  $\frac{1}{3,776}$  et non  $\frac{1}{4,000,000}$  qui représente la vigilance des mécaniciens. Celle-ci est, dans ce cas, mille fois moindre environ que ne le prétend M. Blum.

Elle serait moindre encore, évidemment, si on considérait uniquement les arrêts imprévus en temps de brouillard.

Quoi qu'il en soit, le chiffre de  $\frac{1}{3,776}$  ou  $\frac{1}{4,000}$  en chiffres ronds pourrait être comparé avantageusement à celui de  $\frac{1}{10,000}$  que M. Blum donne pour la régularité probable d'un appareil.

Mais ce second chiffre de M. Blum n'est pas plus exact que le premier. Il repose sur une hypothèse toute arbitraire et même sur une hypothèse fautive : c'est qu'il doit fatalement se produire au moins un demi-raté par an et par appareil.

Seul un raté *contre la sécurité* peut mettre celle-ci en danger, et si un appareil répéteur est bien conçu, il faut que tout raté de l'espèce soit impossible.

Il est vrai que si, comme on l'assure,

l'accident de Melun est dû à une *aberration momentanée* du mécanicien, qui a dépassé successivement les trois signaux à l'arrêt de la bifurcation (feux allumés) — l'existence d'un appareil avertisseur ou tout autre moyen qu'un arrêt automatique n'aurait pas empêché l'accident.

Mais puisqu'on est dans le domaine des hypothèses, on peut croire aussi que le mécanicien étant à l'heure et ayant l'habitude de tourner chaque jour en pareil cas les feux au passage, n'a pas regardé ceux-ci. Dans ce cas, un avertisseur sur la machine eût probablement réveillé son attention, et un arrêt automatique eût empêché l'accident.

Personne ne conteste d'ailleurs que l'observation des feux est particulièrement pénible et parfois impossible en temps de brouillard, qu'elle amène des retards et que ceux-ci, jetant la perturbation dans le service, sont eux-mêmes une cause d'accident. Et n'est-ce pas surtout pour le temps de brouillard que l'on réclame des appareils avertisseurs ?

Il est certain qu'avant de considérer la question des appareils avertisseurs, il faut améliorer la signalisation de la voie.

L'Etat belge s'y était attaché dans les dernières années avant la guerre; il a adopté les mesures suivantes sur les lignes principales :

a) Il a remplacé les disques par des sémaphores à palettes levantes afin de donner toujours un signal positif aussi net que possible et facile à distinguer à distance.

b) Il a, d'une manière générale, adopté le feu vert pour le passage, et le feu rouge pour l'arrêt au signal principal, afin de donner toujours un signal positif la nuit.

c) Il a adopté le feu jaune au signal à distance pour le ralentissement (atten-

tion) ou l'arrêt différé, afin de différencier nettement le signal à distance du signal principal la nuit comme le jour. Les mécaniciens ont été très satisfaits de cette mesure.

d) Il a remplacé le feu rouge par le feu violet dans les signaux de manœuvres, afin d'éviter la multiplicité des signaux rouges à la traversée des grandes gares.

e) Il a décidé de dédoubler les signaux à distance que, pour des raisons de visibilité, il a été obligé de placer à plus de 800 mètres du signal principal. Le but est d'éviter qu'un signal à distance placé trop loin du signal principal soit toujours dépassé à l'arrêt quand la voie est libre ou qu'il ne soit parfois remis à l'arrêt en cas d'obstacle imprévu, après avoir déjà été dépassé au passage.

f) Il place encore le signal principal à 50 ou 100 mètres de la latte ou pédale de calage pour répondre au préjugé continental « d'une marge de sécurité ». (La circulaire ministérielle française du 30 août 1913 recommande spécialement « de ne pas rapprocher outre mesure le « signal d'arrêt du point couvert et de « ménager, entre eux, autant que possible « une certaine marge »; à Melun, lors de l'accident, le signal d'arrêt était à 150 mètres de la bifurcation.) Mais il y a une tendance en Belgique à rapprocher ce signal de la latte de calage, comme en Angleterre, ou à prolonger électriquement celle-ci par un circuit de voie, pour éviter que la position de l'aiguille puisse être changée au moment où elle va être abordée par le train.

Les signaux ont tous la forme sémaphorique. Ils sont étalés horizontalement, aux bifurcations ou armés d'indicateurs de route (1).

(1) Depuis 1895 le chemin de fer de l'État belge a fait un usage de plus en plus fréquent d'indicateurs de routes ou d'itinéraires (numéros ou lettres),

g) Il a fait précéder le signal à distance, comme nous l'avons expliqué plus haut, de cinq planches horizontales ou barrières blanches espacées de 50 mètres, pour en faciliter l'observation. Ces planches sont placées à la hauteur du fanal de la locomotive et sont généralement assez éclairées par ce fanal pour être perceptibles la nuit (voir fig. 7 à 9).

h) L'indication de la direction aux bifurcations est, sur les lignes rapides, donnée déjà au signal à distance, les différentes palettes étant étalées horizontalement.

i) Comme l'ont fait les lignes anglaises dans les dernières années, on n'a rien épargné pour rendre les signaux bien visibles en les mettant sur des consoles ou des chandeliers afin de les rapprocher de l'axe de la voie parcourue par les trains.

j) Pour simplifier la signalisation, il a décidé de remplacer par une palette unique à trois positions l'ensemble formé par la palette d'un sémaphore d'arrêt et celle d'un signal à distance superposées sur le même mât. Déjà cette mesure a été appliquée entre Bruxelles et Anvers à l'occasion du renouvellement de la signalisation sur cette ligne.

L'expérience de l'État belge prouve qu'avec une signalisation aussi parfaite que celle que nous venons de décrire, il

afin de donner plus clairement aux machinistes l'indication de la direction.

On a d'abord placé ces indicateurs pour l'arrivée et le départ des trains, dans les grandes stations terminales où la vitesse est réduite. Ensuite on en a étendu l'emploi aux voies non parcourues par les trains directs. Le résultat a été très satisfaisant.

Entretemps l'usage de ces indicateurs s'est aussi développé beaucoup en Angleterre, où il avait été essayé sur le «London & South Western» dès avant 1895. Il y a permis de simplifier beaucoup la signalisation en supprimant un grand nombre de palettes ou bras de signaux. Dans sa conférence à l'Institution des ingénieurs électriciens de 1915 M. A-field en recommande vivement l'adoption.

suffit, pour pouvoir circuler en temps de brouillard comme en temps normal, de répéter les signaux principaux et les signaux à distance par des feux supplémentaires placés à la hauteur de l'œil du mécanicien.

Ce moyen est facile à appliquer sur les lignes rapides dont la plupart des stations possèdent un éclairage électrique et sur des chemins de fer électriques. L'emploi d'accumulateurs n'étant nullement indispensable, les frais peuvent être assez réduits pour être justifiés sur les lignes de l'espèce où la régularité du service des trains est très importante.

Sur une ligne où il existerait des lampes électriques répétitrices, comme autrefois entre Anvers et Bruxelles et sur quelques lignes électriques souterraines, l'emploi d'un avertisseur sur les machines serait une superfétation. Aussi, sur le chemin de fer souterrain de Londres il y a un arrêt automatique sans avertisseur. On était arrivé entre Anvers et Bruxelles à mettre les lampes répétitrices en service la nuit dès que le mauvais temps et la pluie rendaient l'observation des signaux quelque peu difficile et la régularité du service était ainsi assurée d'une manière parfaite.

Il faut reconnaître cependant qu'en pratique les lampes répétitrices n'ont jamais pu fonctionner régulièrement qu'avec l'électricité. Avec le gaz ou l'huile, elles donnent lieu à trop de sujétions.

Sur les lignes où il n'est pas possible — ou trop coûteux — de placer des répétiteurs lumineux électriques, il faut donc recourir à un signal d'abri ou à un avertisseur avec arrêt automatique si l'on veut donner au mécanicien un moyen auxiliaire pour observer les signaux, particulièrement en temps de brouillard. Mais avant de porter son choix sur un dispositif particulier, plusieurs questions préliminaires de principe doivent être résolues.

1° *L'appareil peut-il permettre la suppression des signaux de voie ?* Tous les hommes de chemins de fer sont d'accord pour répondre : Non. L'observation de la voie doit rester un devoir primordial du mécanicien, afin d'obéir aux restrictions de vitesse dans les courbes et afin de découvrir les obstacles imprévus qui peuvent se présenter : signaux à main des brigades de la voie, bétail échappé, etc.

Les signaux de la voie sont d'ailleurs les seuls qui peuvent facilement être contrôlés par les agents à poste fixe et le contrôle mutuel des agents de la voie et des agents des trains constitue un des facteurs principaux de la sécurité des chemins de fer. Il n'existe à notre connaissance aucune ligne de quelque importance où l'on essaie de remplacer les signaux de voie par des signaux d'abri.

L'appareil avertisseur ne doit donc jouer qu'un rôle subsidiaire.

2° *L'appareil subsidiaire peut-il se borner à avertir le mécanicien de l'approche du signal de voie sans indiquer s'il est ouvert ou fermé ?* Puisque le signal de voie reste le facteur principal de la sécurité, l'idée de se borner à y attirer l'attention du mécanicien est rationnelle et elle séduit beaucoup d'hommes de chemins de fer.

C'est à ce programme que répond l'appareil mécanique Sneyers essayé non sans succès par l'Etat belge, ainsi que l'appareil électrique essayé par l'Etat prussien entre Wunstorff et Minden.

Mais la discussion qui a eu lieu en 1910 à la session de Berne du Congrès des chemins de fer, a mis en évidence cette objection très sérieuse que pareille solution paraîtrait toujours incomplète au public.

Au premier accident fatal, l'opinion publique exigerait que l'appareil fût com-

plété. (*Bulletin du Congrès des chemins de fer*, 1911, p. 1075) (1).

En France, par sa circulaire du 27 novembre 1913, le Ministre des travaux publics a ordonné la « répétition des signaux de voie sur les machines », ce qui exclut les appareils qui n'annoncent que l'approche des signaux de voie.

A part la Belgique, l'Allemagne est le seul pays où l'on ait essayé des appareils donnant exclusivement un avertissement de l'approche des signaux de voie. Nulle part un appareil de l'espèce n'a été adopté.

3° *L'indication subsidiaire doit-elle être visuelle et acoustique ou seulement acoustique ?*

L'avertissement ne devant être qu'un supplément d'information pour le mécanicien, on est généralement d'accord qu'un signal visuel serait plus nuisible qu'utile parce que, étant sans cesse sous les yeux du mécanicien, il prendrait pour cet agent une importance plus grande que les signaux de voie.

Le mécanicien se désintéresserait de ceux-ci et abandonnerait en même temps son devoir de surveillance de la voie.

a) En France, l'indication visuelle sur la machine a été prohibée pour ce motif par la circulaire ministérielle du 27 novembre 1913.

b) En Belgique, ce point était resté non décidé: l'indication visuelle avait été surtout admise parce qu'elle facilitait pendant les premiers essais la surveil-

lance du fonctionnement de l'avertisseur.

c) En Allemagne, les prescriptions du comité technique du Verein (Trèves, juin 1904) ne touchaient pas cette question.

d) En Angleterre, les premiers appareils expérimentés donnaient des indications visuelles, mais une réaction très nette s'est produite dans les dernières années. Aujourd'hui, la plupart des chemins de fer qui font des essais ont supprimé l'indication visuelle pour la raison indiquée plus haut à propos de la France. Le fait a été constaté par M. W. C. Acfield, chef du service des signaux du Midland, dans sa conférence du 31 mars 1915 (*Institution of Electrical Engineers*, 1<sup>er</sup> juin 1915, p. 177) (1).

Seul, le « North Eastern » n'a pas pu supprimer l'indication visuelle parce que son programme comporte, aux bifurcations, la répétition sur la machine de la direction ouverte aux trains.

4° *Outre l'indication acoustique qui doit être donnée pour l'arrêt et qui ne peut cesser que par l'intervention du mécanicien, l'appareil doit-il avertir le mécanicien de la proximité d'un signal au passage ?*

La réponse doit être affirmative, parce que, dans le cas contraire, l'absence du signal d'arrêt par suite d'un raté équivaldrait à un signal de passage. C'est avec la répétition du signal de passage qu'ont été faites avant la guerre toutes les expériences des chemins de fer belges, anglais, américains et allemands. Dans certains essais, quand le signal est

(1) Comme nous le verrons plus loin, le « Great Central Railway » (Angleterre) essaie un appareil de l'espèce complété par un arrêt automatique. Cette solution, en principe au moins, est très logique. Elle avait été déjà défendue par M. Bound, chef du service des signaux du « Great Central Railway », dans sa conférence à l'Institution des ingénieurs de signaux de Grande-Bretagne du 24 février 1915 : « A review of the art of signalling and some suggestions ».

(1) M. Acfield a dit : « In regard to the question of indication, it is not considered desirable by those who have had experience in these matters to give any visual indication to drivers, as any visual indicator would be calculated to distract the driver's attention from proper attention to the duties already laid down by rules and regulations ».

ouvert, l'intervention du mécanicien n'est pas nécessaire et l'avertissement acoustique de passage cesse de lui-même, au bout d'une demi-seconde, par exemple. Les expériences faites par l'Etat belge entre Bruxelles et Louvain semblaient avoir démontré que cela était préférable pour éviter au mécanicien la sujétion d'intervenir trop souvent. Sur 100 kilomètres de ligne, il y a parfois quarante signaux rencontrés au passage. Mais en somme, cette sujétion est minime. Elle ne demande au mécanicien qu'un geste rapide et sans effort.

En France, on estime que le signal acoustique de passage a le même inconvénient qu'un signal visuel quelconque : c'est de distraire le mécanicien de l'observation des signaux de voie. Les prescriptions ministérielles ne l'exigent pas et aucun des appareils encore à l'essai ne le donne, croyons-nous. Mais en France, où les disques, le jour, et les feux blancs, la nuit, sont encore d'un usage général, on n'attache pas la même importance qu'en Belgique et dans les pays anglo-saxons à ce que les signaux donnent des indications positives.

5° *L'appareil avertisseur peut-il agir sur les freins et être combiné avec un appareil d'arrêt automatique ?*

Cette question a été résolue en Belgique, en France et dans toute l'Europe centrale (Union des chemins de fer allemands) par la négative.

En France, d'après deux collaborateurs autorisés du *Génie civil*, J. Trévières et P. D.<sup>(1)</sup>, le freinage automatique a été étudié (il a existé pendant un certain temps sur le réseau du Nord), « mais l'expérience « a vite montré qu'avec les systèmes de « freins et d'attelage en service, le frei-

« nage brutal d'un train en pleine marche  
« serait des plus dangereux et que  
« l'adopter serait organiser des accidents  
« certains en vue d'éviter des dangers  
« incertains ».

Tel est aussi le point de vue du Comité de l'exploitation technique français, qui a repoussé l'arrêt automatique, et à l'avis duquel s'est rallié le ministre.

En Allemagne et en Autriche, conformément à l'opinion du comité technique du *Verein* des chemins de fer de l'Europe centrale, exprimée dans sa réunion de juin 1904 et sanctionnée par la réunion générale du *Verein* de septembre 1904, les autorités gouvernementales ont décidé que l'action sur les freins devait être éliminée « parce qu'avec le temps elle pour-  
« rait diminuer le sentiment de la res-  
« ponsabilité et l'attention des mécani-  
« ciens — outre qu'elle compliquerait  
« l'appareil et le rendrait moins sûr ».

En Belgique, l'arrêt automatique a été essayé, mais les essais n'ont pas été poursuivis avec persistance. Le robinet du frein Westinghouse était placé sous la machine et la pédale placée dans l'entre-voie était actionnée par la transmission mécanique du signal de voie. Tout de suite, des difficultés se sont présentées. Les tas de cendrées et d'autres obstacles dans la voie produisaient des arrêts intempestifs et la pédale « chargeait » trop la transmission du signal. Puis, les trains à marchandises n'avaient qu'un frein à vapeur sur la machine. On a remis les essais jusqu'au moment où l'application du frein continu aux trains de marchandises — que l'on étudiait à ce moment — aurait été plus avancée.

En Angleterre, le Board of Trade, contrairement aux autorités françaises et allemandes, a insisté à diverses reprises pour l'introduction de l'arrêt automa-  
tique.

(1) Juillet 1911, p. 208, et novembre 1913, p. 53.

Sur le Métropolitain de Londres, il existe un arrêt automatique mécanique qui agit quand le signal principal est à l'arrêt (1). Mais ce chemin de fer, qui est presque tout entier en tunnel, est soustrait à l'action de la neige et il n'y a jamais dans la voie un obstacle imprévu pour agir sur la conduite du frein Westinghouse. Enfin, les trains n'y atteignent pas une vitesse supérieure à 40 milles (64.4 kilomètres) par heure.

Des essais à grande vitesse ont été faits sur le « Midland Railway » et nous en trouvons un compte rendu dans la conférence du 31 mars 1915 de M. Acfield, chef du service des signaux de ce chemin de fer, que nous avons déjà citée.

Antérieurement, le 18 décembre 1914, à une réunion de l'Institution of mechanical Engineers, il avait dit : « Il fut trouvé impossible de combiner un arrêt automatique pouvant arrêter un train à une vitesse de 70 milles (112.7 kilomètres) ».

M. J. Sayers, telegraph superintendent du même chemin de fer, disait le même jour : « Pour une grande vitesse, sur un chemin de fer à vapeur ou à l'électricité, les arrêts automatiques sont entièrement inefficaces quand la vitesse excède une certaine limite minimum (40 milles [64.4 kilomètres] ?) »

Mais l'opinion de M. Acfield paraît moins défavorable à l'arrêt automatique en mars 1915. Il conclut des essais récents du Midland : « On n'a éprouvé aucune difficulté à produire un arrêt automatique effectif ou une triple valve pouvant supporter le choc causé par les grandes vitesses. La seule difficulté à surmonter, c'est celle de la transmission qui doit faire mouvoir la pièce

« d'arrêt placée dans la voie. » C'est exactement l'impression qui s'était dégagée des essais de l'Etat belge où il avait apparu en outre que le robinet à actionner aurait dû être placé latéralement, et non sous la machine.

M. Acfield ne fait pas mention des ruptures d'attelages ni des chocs brusques constatés au Nord français. Il semble, en effet, qu'on pourrait y remédier par une modification convenable des freins en service et qu'on y soit parvenu dans les essais de l'appareil avertisseur avec arrêt automatique expérimenté par le « Great Eastern ».

Avec l'appareil du « Great Eastern », le frein n'agit au signal à distance quand celui-ci est à l'arrêt (en réalité 400 yards [360 mètres] avant de l'aborder) que si le mécanicien n'arrête pas le sifflet.

Au signal d'arrêt, la rampe qui agit sur la machine est plus élevée et pour arrêter le sifflet, le mécanicien est obligé de descendre de la locomotive et, par conséquent, d'arrêter le train.

Un arrêt automatique a été aussi appliqué assez récemment à titre d'essai au cab signal du « Great Western Railway ». M. W. A. Stanier (assistant manager G. W. R. Locomotive works Swindon) a rendu compte des essais comme suit :

« Un perfectionnement à l'appareil original a été l'application d'un frein quand la rampe n'était pas électrisée et quand le signal devait être à l'arrêt ou quand il se produit un raté quelconque. Il fut prouvé que, même avec le régulateur entièrement ouvert, l'application du frein était suffisante pour arrêter le train sur une distance raisonnable et qu'il était essentiel pour le mécanicien d'intervenir d'une manière positive pour empêcher cet arrêt. Même s'il essayait de faire sauter le frein, il ne pourrait pas surmonter entièrement

(1) Voir « Signalling on trains in motion » (*The Institution of mechanical Engineers*), Octobre-Décembre 1914, p. 879.

« l'action dans la conduite du train de  
« la triple valve ouverte par l'appar-  
« reil (1). »

Le programme du « Great Central », du  
« Great Eastern » et du « Great Western »  
lève l'objection tirée de la diminution du  
sentiment de responsabilité du mécani-  
cien, préjugé qui paraît avoir dominé la  
question dans l'Europe centrale et en  
France.

6° *Si l'on admet l'arrêt automatique, ne  
peut-on simplifier l'appareil avertisseur  
sur la machine en supprimant le signal  
acoustique distinct quand le signal est  
au passage ?*

Une réponse affirmative est donnée à  
cette question par la solution ingénieuse  
mise à l'essai par le « Great Central » en  
Angleterre.

L'avertisseur acoustique (unique) de  
la machine est mis en action, que le signal  
soit à l'arrêt ou au passage, à 200 yards  
(180 mètres) en amont de ce signal. Si le  
machiniste ne faisait pas taire ce signal,  
les freins seraient mis *graduellement*  
en action de façon à arrêter le train avant le  
signal principal. Si le machiniste, après  
avoir fait taire l'avertisseur, *rencontre le  
signal à distance à l'arrêt* et qu'il n'ap-  
plique pas son frein pour ralentir, une  
pédale en relation avec la transmission  
du signal et placée à 400 yards (360 mè-  
tres) en aval de ce signal, actionne de  
nouveau l'avertisseur et applique gra-  
duellement les freins. Si le signal à dis-  
tance est au passage, la pédale est écar-  
tée (2).

(1) *Institution of mechanical Engineers*, July  
1914. Paris Meeting, p. 498.

(2) Nous pensons que ce programme a été suggéré  
pour la première fois par M. Bound dans sa confé-  
rence précitée à l'« Institution of Railway Signal  
Engineers » (1915, p. 36).

Le dispositif du « Great Central » est entièrement  
mécanique. Il est à l'essai depuis plus de deux ans

7° *Les signaux acoustiques doivent-ils  
être enregistrés ?*

Les expériences faites en France ont  
démontré qu'il était relativement facile  
d'obtenir sur la bande de l'enregistreur  
de vitesse l'enregistrement des signaux  
rencontrés ouverts ou fermés. Cette solu-  
tion permet de contrôler la conduite des  
mécaniciens en présence d'un signal  
fermé. En France, on y est généralement  
favorable. « On empêche ainsi que l'ap-  
« pareil diminue la vigilance du mécani-  
« cien au lieu de l'accroître », dit la cir-  
culaire du 27 novembre 1913 du Ministre  
des travaux publics de France, qui rend  
l'enregistrement obligatoire au moins  
pour l'arrêt.

Il est cependant évident que l'enregis-

---

et paraît, jusqu'ici, avoir résolu la plupart des objec-  
tions de principe faites aux appareils de l'espèce. Le  
fait que la pédale en relation avec la transmission  
n'est qu'à 400 yards de l'aiguille facilite évidemment  
la solution. Le « Great Central » a placé la pédale  
latéralement et non sous la machine, ce qui diminue  
les chances de fonctionnement intempestif. La posi-  
tion de la pédale est contrôlée électriquement de la  
cabine. Il y a aussi une pédale produisant un arrêt  
d'urgence au signal principal et le machiniste doit  
descendre de sa machine après avoir arrêté le train  
pour remettre sa machine en mouvement. De plus,  
la position de la pédale du signal d'arrêt, quand elle  
a été rencontrée par le train, donne un avertissement  
à la cabine du signaleur qui est obligé de se rendre  
sur place.

M. Lascelles, ingénieur des signaux de la maison  
Sykes, dans la discussion de la communication de  
M. Bound (p. 41), a insisté sur la nécessité d'un dis-  
positif pour contrôler la mise en jeu du dispositif  
d'arrêt automatique en cas de dépassement d'un  
signal principal à l'arrêt. Tous les ingénieurs de  
signaux partagent cette manière de voir qui est  
aussi, croyons-nous, celle du Board of Trade.

La question a été résolue dans l'appareil du  
« Great Central », mais cela n'a pas été sans y intro-  
duire certaines complications et on peut encore  
objecter que les « détections » électriques employées  
ne sont pas basées sur l'interruption d'un courant  
continu. Elles font donc défaut si la pile est hors de  
service. C'est une grave objection.

trement est une grande complication. Il exige la généralisation d'un indicateur *enregistreur* de vitesse, qui n'est d'un usage général qu'en France. En Angleterre, on y est opposé et M. W. C. Acfield a exprimé, croyons-nous, l'avis unanime des ingénieurs anglais quand il a écrit à ce sujet : « C'est, sans doute, un système idéal, mais il semble qu'il ne soit pas d'une utilité pratique, car il faut se livrer à un travail énorme pour vérifier les bandes des enregistreurs et il en résulterait une augmentation considérable de personnel <sup>(1)</sup>. »

L'enregistrement soulève en France une question difficile. On prétend qu'il doit entraîner le placement du crocodile au pied du signal dépassable à l'arrêt. C'est la solution adoptée par le Midi, mais elle diminue beaucoup l'utilité du cab-signal. A l'Est français, on a préféré placer deux crocodiles, l'un à 400 mètres et l'autre au pied du signal.

L'enregistrement ne paraît plus nécessaire avec l'arrêt automatique tel qu'il est compris par le « Great Eastern Ry. », le « Great Western Ry. » ou le « Great Central Ry. ».

\* \* \*

En résumé : Les longues expériences faites par le chemin de fer de l'Etat belge nous permettent de recommander le programme suivant :

1° Perfectionner les signaux de voie par l'emploi exclusif de sémaphores et de feux donnant des indications positives, ainsi que d'avertisseurs d'approche du signal à distance (barrières blanches).

2° Donner à distance aux mécaniciens l'indication de la direction et de l'allure

et employer pour cela les moyens les plus perfectionnés (palettes étalées horizontalement, numéros de direction, palettes à trois positions).

3° Placer des lampes électriques répétitives sur les lignes très importantes et les allumer non seulement en temps de brouillard, mais à nuit dès que les conditions atmosphériques rendent les feux moins visibles qu'à l'ordinaire.

4° Pour les autres lignes, placer dans l'abri de la locomotive un appareil avertisseur avec arrêt automatique répondant à l'un des deux programmes suivants :

*Premier programme :*

a) Donner, quand le signal à distance est fermé, 200 mètres en amont de ce signal, un coup de sifflet <sup>(1)</sup> qui ne peut être arrêté que par l'intervention du mécanicien.

b) Donner un coup de sifflet différent (s'arrêtant automatiquement ou non après une demi-seconde environ) quand le signal à distance est ouvert.

c) Appliquer les freins automatiquement et progressivement au signal à distance, si le mécanicien ne fait pas taire le sifflet commandant l'arrêt.

d) Appliquer les freins automatiquement quand le signal principal est franchi à l'arrêt.

Dans ce cas, le mécanicien doit descendre de sa machine pour arrêter le sifflet et le signaleur averti dans sa cabine doit

(1) « Audible signalling on railway trains in motion », by W. C. Acfield. (*The Institution of mechanical Engineers*, October-December 1914.)

(1) C'est intentionnellement que nous avons parlé d'un coup de sifflet. Au lieu d'un sifflet, on peut employer une sirène, mais celle-ci doit rester modérée. On a cherché en France, au chemin de fer de l'Est, à employer une sirène assez puissante pour être entendue par les agents du train. Il a été prouvé que dans certaines conditions atmosphériques ce résultat n'était pas obtenu quelle que fût la puissance du son. En revanche, le bruit s'entendait si loin qu'il a donné lieu à des protestations des riverains du chemin de fer.

aussi se rendre sur les lieux pour rétablir l'appareil de voie dans sa position normale.

*Deuxième programme :*

a) Donner à 200 mètres environ en amont du signal à distance, que celui-ci soit ouvert ou fermé, un coup de sifflet qui ne peut être arrêté que par le mécanicien. Si celui-ci néglige d'arrêter le sifflet, les freins doivent être appliqués progressivement de façon à produire l'arrêt du train au signal principal.

b) Donner un nouveau coup de sifflet à 400 mètres en aval du signal à distance, *mais seulement si celui-ci est fermé*. L'arrêt automatique doit se produire dans les mêmes conditions que la première fois, si le mécanicien n'agit pas lui-même sur les freins.

c) et d) (comme ci-dessus au premier programme).

N'oublions pas que tout dérangement de l'appareil doit donner le signal d'arrêt.

En admettant qu'on ait trouvé un appareil répondant à toutes ces conditions, la sécurité ne serait pas encore assurée :

1° sans une stricte discipline du personnel;

2° si cette discipline n'était pas con-

trôlée et mise à l'épreuve de temps en temps par des arrêts imprévus.

Personne ne doute que la stricte observation des horaires ne soit le meilleur moyen d'éviter les accidents. Si ces horaires ne subissaient jamais de variations imprévues, les signaux seraient même inutiles. Certains chemins de fer se sont donc attachés à faire prendre dans les gares toutes les mesures nécessaires pour que tout au moins les trains express ne soient jamais entravés dans leur marche. Les mécaniciens de ces trains ne peuvent ignorer ces mesures et il est à craindre qu'ils n'arrivent parfois à s'imaginer que s'ils sont à l'heure ils ne peuvent jamais être arrêtés dans leur marche.

C'est pour combattre cette mentalité que l'on a installé en Amérique, et même en Angleterre, des aiguilles de déraillement et des voies ensablées auprès de certains signaux. Mais ces appareils ne sont pas sans danger. Les appareils avertisseurs avec arrêt automatique rempliront le même but et dispenseront des aiguilles de déraillement; mais il est essentiel, à notre avis, que les machinistes soient avertis que la direction leur imposera parfois des arrêts imprévus pour contrôler leur vigilance.