

La base de la tour étant évidée pour le passage de l'eau, nous avons fait ce calcul pour une section suffisamment élevée au-dessus des évidements, soit à 20 mètres au-dessous du sommet (fig. 3).

Poids de la tour et de la moitié de la passerelle d'accès : 60 000 kilogrammes.

Effort renversant du vent (300 kilogr. par mètre carré) : 18 000 kilogrammes.

$$d = \frac{18\,000 \times 10}{60\,000} = 3 \text{ mètres, d'où } \eta = \frac{3}{1,425} = 2,10,$$

$$r = 1,425 \quad e = 0,15.$$

Génératrices : 20 ronds de 10 millimètres par mètre courant de paroi, soit :

$$p = \frac{100 \times 20 \times 0,785}{1\,500} = 1,05.$$

L'abaque donne  $\alpha = 70^\circ 30'$ .

On en déduit :

$$\left. \begin{aligned} R_{at} &= 16(1+0,334) \\ R_{ac} &= 16(1-0,334) \\ R_b &= (1-0,334) \end{aligned} \right\} \times \frac{60\,000}{2,85 \times 0,15 \times 0,334 \times (2,826 - 1,230 - 0,525)} \left\{ \begin{aligned} &8,4 \cdot 10^6 \\ &4,2 \cdot 10^6 \\ &26,2 \cdot 10^4 \end{aligned} \right.$$

*Flexion simple.* — Ce cas correspond à une valeur infinie de la distance  $d$  ou, ce qui revient au même, de l'excentricité  $\eta$ .

En faisant  $\eta$  infini dans l'équation [3], on a :

$$p = 2(\operatorname{tg} \alpha - \alpha). \quad [5]$$

Cette équation représente une courbe qui doit être tracée sur l'abaque; c'est la courbe qui porte l'indice  $\infty$ . Elle servira à déterminer  $\alpha$  connaissant  $p$ , ou réciproquement, de la même manière qu'une quelconque des courbes de la famille.

Le travail élastique des matériaux a pour expression :

$$\left. \begin{aligned} R_{at} &= m(1 + \cos \alpha) \\ R_{ac} &= m(1 - \cos \alpha) \\ R_b &= (1 - \cos \alpha) \end{aligned} \right\} \times \frac{Mr}{I}$$

$M$  étant le moment fléchissant.

Nous avons trouvé pour  $I$  l'expression :

$$I = 2r^3 m e \left( \frac{\pi}{2} + \pi \cos^2 \alpha \right) + 2r^3 e \left( \frac{\alpha}{2} - \frac{3}{4} \sin 2\alpha + \alpha \cos^2 \alpha \right), \quad [6]$$

$$= 2r^3 e \left[ \frac{p}{2} \left( \frac{1}{2} + \cos^2 \alpha \right) + \frac{\alpha}{2} - \frac{3}{4} \sin 2\alpha + \alpha \cos^2 \alpha \right].$$

En remplaçant  $\frac{p}{2}$  par sa valeur  $(\operatorname{tg} \alpha - \alpha)$  tirée de [5] et simplifiant, on a :

$$I = 2r^3 e \left( \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2} - \frac{\operatorname{tg} \alpha \cos^2 \alpha}{2} \right) = r^3 e \operatorname{tg} \alpha \sin^2 \alpha. \quad [7]$$

Le facteur commun de l'expression des travaux est donc :

$$\frac{M}{r^3 e \operatorname{tg} \alpha \sin^2 \alpha}. \quad [8]$$

Cette expression très simple se prête bien au calcul, mais on peut avoir une valeur suffisamment approchée du dénominateur au moyen d'une simple lecture. A cet effet, la courbe d'indice  $\infty$  porte une graduation correspondant aux valeurs de la fonction  $(\operatorname{tg} \alpha \sin^2 \alpha)$ . Dans ces conditions, si, par exemple, l'on s'est donné le pourcentage, la manœuvre de la règle donnera l'angle  $\alpha$  sur la graduation du cercle et la valeur  $\varphi$  de la fonction sur celle de la courbe; le facteur commun sera  $\frac{M}{r^3 e \varphi}$ . L'approximation du centième que donne la graduation est bien suffisante pour les besoins de la pratique.

Cherchons à nous rendre compte de l'effet de la variation de l'angle  $\alpha$  (ou du pourcentage, ce qui revient au même) sur la force portante de la poutre. Soit un aqueduc de 1<sup>m</sup> 90 de diamètre intérieur et 0<sup>m</sup> 10 d'épaisseur; on a donc :  $r = 1$ ,  $e = 0,10$ . En faisant varier  $\alpha$ , nous aurons les résultats suivants :

Valeurs de $\alpha$ . . . . .	60°	65°	70°	75°
Pourcentage correspondant . . .	1,30	2,05	3,10	4,75
Valeur de $\varphi$ . . . . .	1,30	1,75	2,35	3,50
Valeur de $1 + \cos \alpha$ . . . . .	1,50	1,42	1,34	1,26
Moment fléchissant admissible pour $R_{at} = 12 \text{ kilogr.} \times 10^6$ .	75 000	93 000	132 000	210 000
Portée correspondante avec demi-encastrement $\frac{pl^2}{10}$ ( $p = 4\,500 \text{ kgr.}$ )	12 <sup>m</sup> 90	14 <sup>m</sup> 40	17 <sup>m</sup> 10	21 <sup>m</sup> 60
Travail correspondant du béton .	25.10 <sup>4</sup>	30,7.10 <sup>4</sup>	37,5.10 <sup>4</sup>	45.10 <sup>4</sup>

En passant de 60° à 75°, le moment fléchissant admissible a donc sensiblement triplé, alors que le pourcentage a quadruplé et que le prix de la poutre n'a même pas doublé (aux prix de base admissibles pour ce genre d'ouvrage : 150 francs le mètre cube de béton et 0 fr. 50 le kilogr. d'acier, pose et coffrages compris). Le travail du béton n'a pas doublé et reste au-dessous de la limite  $56 \times 10^4$  admise par la circulaire de 1906; il ne pourrait atteindre cette limite avec de l'acier ordinaire à 42 kilogr. de rupture, que moyennant des pourcentages inacceptables dans la pratique du travail, et l'emploi d'acier à haute limite d'élasticité paraît ne présenter aucun avantage économique en dehors de cas tout à fait spéciaux.

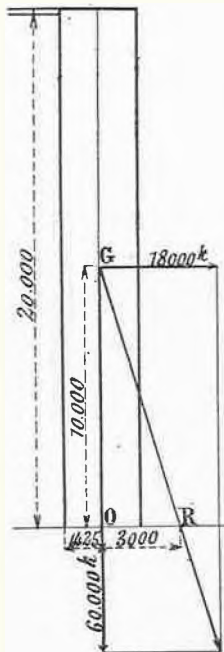


FIG. 3.

*Déformation élastique.* — Les calculs qui précèdent, ayant pour but de rechercher la fatigue locale maximum, ont été faits dans l'hypothèse d'un béton dépourvu de résistance à l'extension; ils ne sont donc pas applicables à la détermination des déformations élastiques, pour laquelle on doit faire état de la résistance à l'extension de

la section entière et prendre pour le moment d'inertie de cette section la valeur :  $I_0 = \pi r^3(e + m\epsilon) = r^3 e \left( \pi + \frac{p}{2} \right)$ .

P. CAUFQUIER,  
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

## CHEMINS DE FER

### LA PERCEPTION DES SIGNAUX EN TEMPS DE BROUILLARD

#### Répétiteurs lumineux de la ligne de Bruxelles à Anvers.

La perception des signaux de chemins de fer, sur laquelle est basée la sécurité de l'exploitation, devient parfois extrêmement difficile pendant certaines perturbations atmosphériques : brouillard, chute de neige ou pluies violentes. Toutefois, c'est le brouillard qui constitue le principal obstacle à la visibilité des signaux, et, en certaines régions, il peut être assez fréquent et persistant, à l'autonne notamment.

Par les temps de brouillard, la distance à laquelle le feu d'un signal est perceptible se trouve considérablement réduite; de ce fait, une très faible partie du faisceau lumineux peut seule avoir un effet utile, et ce mince pinceau ne sera recoupé que pendant un temps extrêmement court par l'œil du mécanicien, à qui il pourra échapper.

Il y a donc là un problème fort intéressant pour l'exploitation des chemins de fer, notamment sur les sections à circulation intense et à grandes vitesses. Mais la solution n'est pas très facile si l'on veut, d'une part, ne pas compliquer encore des dispositions de signaux déjà parfois fort complexes, et, d'autre part, ne pas engager de dépenses d'établissement et d'entretien qui ne seraient pas en rapport avec les avantages à retirer de ces installations spéciales.

Il faut bien remarquer, en effet, qu'en général, les périodes de brouillard sont exceptionnelles et souvent de très courte durée, et, pratiquement, on ne peut envisager l'aménagement de dispositifs spéciaux assurant la visibilité des signaux, que s'il s'agit d'une ligne à grand trafic, dans une région où ces périodes de brouillard peuvent avoir quelque fréquence, et une certaine persistance; c'est le cas notamment de la ligne de Bruxelles à Anvers, dont il sera parlé plus loin.

*MARCHE DES TRAINS EN TEMPS DE BROUILLARD.* — Le mécanicien devient hésitant dans la conduite de son train, et en ralentit considérablement la vitesse. La conséquence est une diminution très sensible du débit de la ligne. Aussi les Compagnies sont-elles



amenées alors à réduire le nombre des trains mis en circulation. Mais comment assurer la sécurité, la perception de certains signaux pouvant échapper complètement aux mécaniciens ?

*Cas de la pleine voie.* — En pleine voie, la chose sera assez facile, avec les installations de block-system, car il suffira de doubler les sémaphores par un pétard (1), actionné par un petit levier monté à proximité du sémaphore, et toujours prêt à servir. Il n'y a donc aucune disposition particulière à prendre lorsque le brouillard apparaît, l'agent chargé du service du poste sémaphorique applique alors simplement la consigne qui lui prescrit de placer le pétard sur le rail, pendant tout le temps où l'aile sémaphorique commande l'arrêt. Mais cela n'évitera pas la marche hésitante et ralentie des trains, car si le mécanicien n'a pu apercevoir les signaux avancés destinés à lui indiquer à distance si le sémaphore est à voie libre ou à l'arrêt, il se tiendra sur ses gardes, prêt à arrêter son train, en cas d'explosion d'un pétard. Aux abords des gares, des pétards pourront également être placés sur les voies, pour doubler les signaux avancés.

*Cas des gares.* — C'est dans les gares que les perturbations occasionnées par le brouillard sont les plus graves, car la mauvaise visibilité des signaux n'est plus seule en cause, une grave difficulté nouvelle intervient : l'impossibilité où se trouvent les aiguilleurs d'apercevoir les trains et manœuvres dont ils commandent le passage.

S'il s'agit d'une gare importante où les mouvements se succèdent à courts intervalles, l'exploitation deviendra des plus difficiles, les

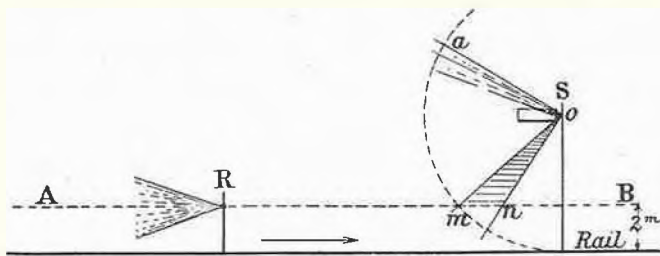


FIG. 1. — Schéma de l'installation d'un répétiteur lumineux en avant du signal S.

aiguilleurs ne pouvant apprécier le moment où telle voie est dégagée et où tel mouvement peut être autorisé. On sera alors obligé de les prévenir par des agents placés dans des postes reliés par téléphone aux cabines. Mais le débit de la gare sera considérablement diminué, et les trains subiront des retards pouvant être fort importants.

Le problème est donc complexe, car il ne suffirait pas de rendre les signaux perceptibles aux mécaniciens, mais il faudrait encore rendre les trains visibles aux aiguilleurs et agents de la gare, et la seule solution plausible serait la dispersion du brouillard. Ce problème sera sans doute résolu tôt ou tard, au moins pour certains points comme les grandes gares, car des résultats fort intéressants ont déjà été obtenus à cet égard. Il faut en particulier signaler les

expériences faites par M. Dibos, qui a étudié la dispersion du brouillard par l'émission d'ondes électriques à très haute tension. Les résultats obtenus sont des plus encourageants, et la Compagnie du Nord a déjà expérimenté le système de M. Dibos dans la zone

extérieure de sa gare de Paris, où la dispersion rapide du brouillard rendrait, à certains moments, les plus grands services.

*Dispositions facilitant l'exploitation en temps de brouillard.* — Pour remédier au défaut de visibilité des signaux normaux, nous avons déjà indiqué l'emploi des pétards, qui assure évidemment la sécurité s'il est employé judicieusement, mais qui ne supprime pas le ralentissement des trains et ses inconvénients.

L'usage de répétiteurs de locomotives parait évidemment au défaut de visibilité des signaux de la voie en cas de brouillard, et c'est alors que leur emploi serait le mieux justifié. Mais ce ne serait

pas encore là une solution parfaite du problème, en raison des inconvénients sérieux que peuvent présenter, d'autre part, ces signaux répéteurs de machine. Cette question ayant été étudiée en détail, il y a peu de temps, dans le *Génie Civil* (1), il n'y a pas lieu d'y revenir ici.

Il faut aussi envisager l'éclairage intensif des signaux en cas de brouillard, ou l'emploi de répétiteurs lumineux très visibles, et mis en service dès que l'état de l'atmosphère le justifie. C'est cette solution qui a été appliquée par l'État Belge, sur la ligne de Bruxelles à Anvers, et que nous allons examiner.

*RÉPÉTEURS LUMINEUX DE SIGNAUX, EN CAS DE BROUILLARD, INSTALLÉS SUR LA LIGNE DE BRUXELLES A ANVERS.* — La ligne de 44 kilom., qui relie Bruxelles à Anvers, assure un trafic considérable; le nombre des trains par vingt-quatre heures y approche parfois de 200, dans chaque sens, et ne descend guère au-dessous de 120. En outre, cette ligne traverse une région où il se produit quelquefois des brouillards très opaques et persistants qui rendaient son exploitation des plus difficiles. On se trouvait donc dans un cas où des mesures spéciales s'imposaient, et où il était très justifié d'engager des dépenses pour améliorer la situation.

On pouvait songer à doter les signaux normaux d'un dispositif d'éclairage intensif, utilisé en cas de brouillard, mais l'amélioration n'aurait été que minime, ces signaux ayant leurs feux à assez grande hauteur, afin d'être normalement aperçus de loin.

Soit, en effet, un signal S (fig. 1) dont le feu o peut se trouver à une hauteur de 4 à 10 mètres au-dessus du rail; si oa est la distance maximum à laquelle ce feu o est perceptible en cas de brouillard, on voit de suite que seule la petite partie mno du faisceau lumineux pourra impressionner l'œil du mécanicien qui parcourt la ligne AB et qui la recoupera suivant mn, pendant un temps fort court. Au contraire, un répétiteur lumineux R, placé sur le côté de la voie, sensiblement à hauteur de l'œil du mécanicien, et le plus près possible de la voie, sera vu pendant un temps bien plus long.

C'est ce système très logique des *répéteurs lumineux* qui a été adopté et est appliqué depuis juin 1908; les résultats obtenus ont été très satisfaisants.

*Signalisation de la ligne et disposition des répéteurs lumineux.* — La ligne de Bruxelles à Anvers est signalisée au moyen du système très simple des signaux à palettes des Anglais, adopté maintenant par l'État Belge. Il n'y a, par suite, que deux types de signaux utilisés :

1° Un *signal de protection*, commandant l'arrêt absolu et utilisé, soit comme signal de block-system, soit comme signal de protection, aux bifurcations ou dans les gares.

Ce signal est constitué par une palette rectangulaire commandant l'arrêt, si elle est horizontale, et donnant la voie libre si elle est inclinée. La nuit, un feu rouge commande l'arrêt et un feu vert autorise le passage;

2° Un *signal à distance avertisseur*, placé à 900 mètres en avant du signal d'arrêt, et constitué par une palette terminée en flèche.

Ce signal, qui est toujours franchissable, a simplement pour but d'indiquer, à l'avance, aux mécaniciens, la position « à voie libre » ou « à voie fermée », du signal d'arrêt qui le suit. La nuit, un feu vert indique la voie libre et, un feu orangé, l'arrêt possible au signal suivant, c'est-à-dire la « marche à vue ».

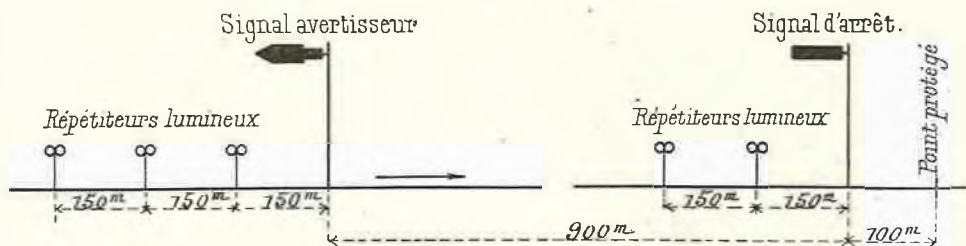


FIG. 2. — Disposition type d'un groupe de deux signaux avec leurs répéteurs.

Après une série d'expériences, il a été reconnu qu'il convenait de faire précéder le signal à distance avertisseur, de trois répétiteurs lumineux, placés à 150 mètres les uns des autres, le dernier de ces répétiteurs étant lui-même à 150 mètres du signal.

Ces répétiteurs sont munis de deux feux : un feu vert pour indiquer la voie libre, et un feu jaune orangé pour indiquer la voie fermée.

En avant du signal d'arrêt, deux répétiteurs seulement ont été jugés suffisants. En conséquence, la disposition type d'un système de deux signaux et de leurs répétiteurs lumineux est celle qui est indiquée par la figure 2.

(1) Il s'agit, bien entendu, des sémaphores « permissifs » qui, en temps normal, ne sont pas doublés par des pétards.

(1) Voir le *Génie Civil*, t. LIX, nos 8, 9 et 10. (La répétition des signaux sur les locomotives.)



Aux bifurcations, où chaque signal est muni de deux palettes correspondant chacune à l'une des directions possibles, on pourrait envisager le dédoublement des répéteurs lumineux, de façon à donner simultanément le feu vert pour la direction ouverte et le feu jaune pour la direction fermée, on aurait eu alors la disposi-

L'éclairage électrique est assuré par deux lampes (une dans chaque case de la lanterne); un puissant réflecteur est placé derrière les lampes.

Les lampes à filaments métalliques, de 10 bougies, fonctionnent sous 35 volts environ et 0,4 ampère par circuit.

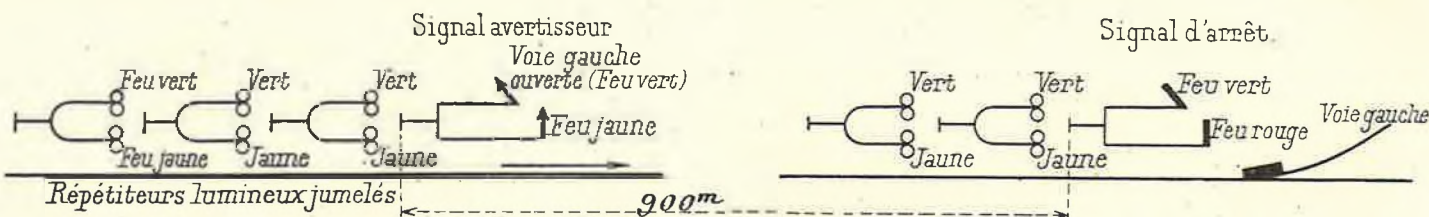


FIG. 3. — Schéma d'une installation de deux signaux, dont un avec répéteurs jumelés, avant une bifurcation.

tion de la figure 3. Mais cela aurait compliqué l'installation, et la simultanéité de feux répéteurs de couleurs différentes aurait pu être la cause d'erreurs ou d'interprétations douteuses par les mécaniciens. Aussi cette solution a-t-elle été écartée par l'État Belge,

Les filaments métalliques ont donné des résultats très supérieurs à ceux en carbone. notamment en cas de brouillard diurne, car c'est alors la forme du filament métallique qui apparaît aux yeux du mécanicien. La consommation est également plus faible, et ces deux avantages justifient le prix d'achat plus élevé de ces lampes.

Le courant provient d'une batterie d'accumulateurs établie à chaque poste de signaleur, ce qui rend chacun de ces postes indépendant d'un accident à la source d'électricité, et lui donne une réserve propre permettant d'assurer l'éclairage des répéteurs pendant quelques heures.

Mais les brouillards étant exceptionnels, il était indispensable d'avoir l'assurance que, lorsqu'ils se produiraient, la batterie serait en bon état et susceptible de fonctionner.

A cet effet, la batterie est utilisée d'une façon permanente pour la manœuvre électrique des signaux avertisseurs à distance, manœuvre qui, d'ailleurs, ne nécessite qu'une très faible dépense d'énergie : 3,8 ampères-heure par signal et par jour, sous 120 volts. Ces batteries sont formées de 60 éléments Tudor, et leur capacité a été calculée de façon à pouvoir assurer sans rechargement la manœuvre des signaux avertisseurs pendant trois jours au moins. En cas de brouillard, la batterie permet de manœuvrer ces signaux pendant un jour et d'assurer l'éclairage des répéteurs lumineux pendant plusieurs heures.

Le montage des lampes des répéteurs lumineux est très simple : ainsi que l'indique le schéma (fig. 6), les lampes éclairant les feux de même couleur des trois répéteurs du signal avertisseur sont montées en série et ces deux séries sont mises en dérivation sur un circuit de 120 volts.

Pour les deux feux répéteurs du signal d'arrêt, les connexions sont identiques, mais pour permettre l'emploi des mêmes lampes sur toute la ligne, une résistance de compensation a dû être intercalée dans le circuit.

Un commutateur *c*, actionné par la palette même du signal répété, produira l'allumage, soit des feux verts, soit des feux jaunes, lorsqu'un interrupteur principal, non représenté sur la figure 6, aura été placé dans la position voulue pour mettre en service les répéteurs.

Dans le poste du signaleur, le tableau de distribution est muni de petites lampes à feu vert et de petites lampes à feu jaune, qui doivent s'éclairer en même temps que les répéteurs et permettent de contrôler le fonctionnement de ces derniers.

Enfin, il faut noter que des interrupteurs à ressort *i* permettent de faire l'essai des lampes et évitent la visite de toutes les lampes si une seule est dérangée. Toutefois, ce dispositif n'a pas été monté sur le circuit des lampes du signal d'arrêt, car il présentait moins d'intérêt, ce signal n'étant précédé de deux répéteurs.



FIG. 4. — Éclairage de la voie par un répéteur lumineux.

qui a fait précéder les signaux à palettes multiples des mêmes répéteurs lumineux que les signaux à simple palette, en les considérant comme de simples suppléments de sécurité.

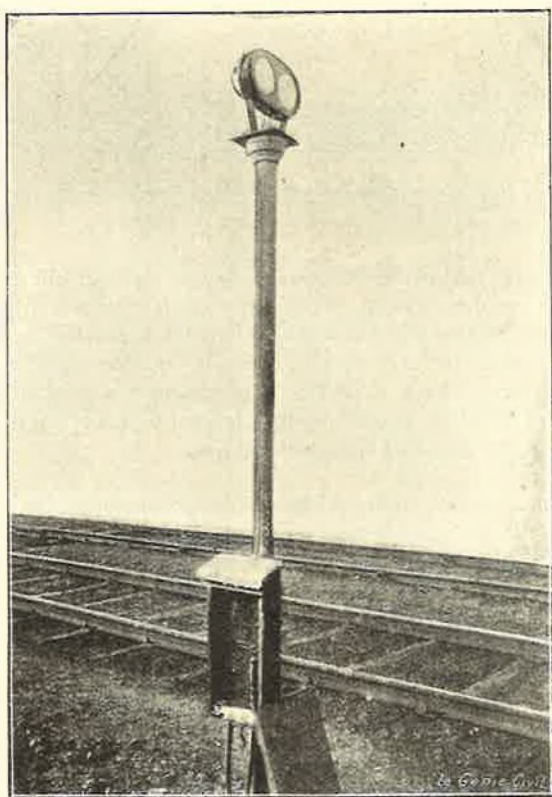


FIG. 5. — Vue d'un répéteur lumineux de signaux.

**Aménagement des répéteurs lumineux.** — Ils sont placés sur la gauche de la voie à laquelle ils s'adressent, à 1<sup>m</sup> 50 du rail contigu, leurs feux se trouvant à 2 mètres au-dessus du rail, c'est-à-dire à peu près au niveau de l'œil du mécanicien.

Ces feux sont placés dans une lanterne à deux compartiments portant : l'un, un verre jaune orangé, et l'autre, un verre vert.

La figure 5 donne une vue de ces répéteurs. La lanterne est orientée de telle sorte que l'axe du faisceau lumineux émis par l'une ou l'autre des lampes vienne recouper l'axe transversal du rail contigu, à 15 mètres du pied du mât du répéteur (fig. 4). Si le répéteur doit se trouver sur le quai d'une station, il est monté sur une petite potence.

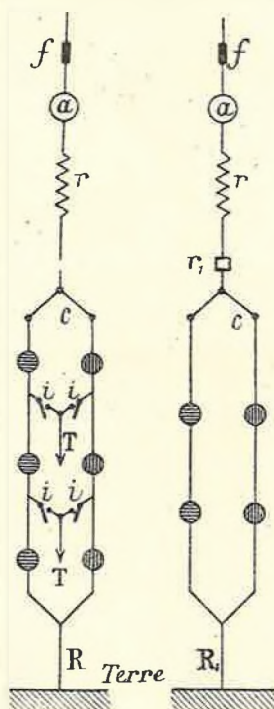


FIG. 6. — Connexions des répéteurs lumineux.

R, répéteurs du signal avertisseur à distance; — R<sub>1</sub>, répéteurs du signal d'arrêt; — T, prises de terre; — a, appareils de contrôle; — c, commutateurs; — f, fusibles; — i, interrupteurs; — r, résistances; — r<sub>1</sub>, résistance compensatrice.

Les hachures horizontales représentent les feux verts, les hachures verticales représentent les feux jaunes.



*Recharge des batteries d'accumulateurs.* — Le courant de charge des batteries d'accumulateurs a été demandé à trois usines d'électricité existant aux deux extrémités de la ligne : à Schaerbeck, près Bruxelles, à Berchem, près d'Anvers, et à Malines, sensiblement au milieu de la ligne. La batterie la plus éloignée se trouve à 10<sup>km</sup> 780 de l'usine qui l'alimente. Chacune de ces usines a été dotée d'un groupe transformateur d'une puissance suffisante pour recharger toutes les batteries en même temps, pendant une heure, en supposant la charge quotidienne.

Chaque batterie est reliée par des conducteurs d'aller et de retour à l'usine électrique dont elle dépend, car il n'était pas possible d'envisager la charge en série des diverses batteries, chacune d'elles devant avoir le pôle négatif à la terre, condition imposée pour la sécurité de la manœuvre des signaux, et en particulier afin d'éviter que des contacts de fils n'occasionnent des fonctionnements irréguliers. Les batteries sont chargées journalièrement pendant une heure environ, au moment d'une période de chômage de l'usine d'électricité.

Lorsque le brouillard nécessite la mise en service des répéteurs lumineux, ceux-ci sont alimentés, pendant les cinq premières heures de fonctionnement, par la batterie d'accumulateurs ; après cinq heures, le courant est fourni par l'usine d'électricité, dont le transformateur est alors mis en marche. Mais avec les lampes à filaments métalliques, à faible consommation, la batterie suffirait à assurer leur éclairage pendant dix heures, et le brouillard ne persiste jamais si longtemps.

Nous n'entrons pas ici dans le détail des tableaux de distribution ; signalons simplement que pour éviter une interruption d'éclairage, si un plomb vient à sauter lorsque le courant est fourni aux lampes par le transformateur, une sonnerie spéciale se fait entendre et il suffit alors de manœuvrer un interrupteur pour mettre immédiatement en circuit un plomb de réserve.

\* \* \*

Depuis leur mise en service, en juin 1908, les répéteurs lumineux ont donné des résultats excellents. L'expérience a été très concluante dès le début, car l'automne de 1908 et l'hiver qui l'a suivi ont été marqués par de très fréquentes périodes de brouillards très intenses et ayant une persistance exceptionnelle.

Grâce aux répéteurs lumineux, les mécaniciens ont pu, même par les plus forts brouillards, marcher sans hésitation et réaliser facilement les mêmes vitesses que par les temps clairs. Il ressort des statistiques que le nombre annuel des dépassements de signaux, sur la ligne de Bruxelles à Anvers, est tombé immédiatement de 43 à 2 depuis la mise en service des répéteurs lumineux.

L'État Belge a donc mis au point une solution très intéressante du problème de la circulation des trains, sans ralentissement, par les temps de brouillard.

Il faut d'ailleurs remarquer que l'électricité ne serait pas indispensable pour l'éclairage des répéteurs, qui pourrait être assuré au moyen du gaz et même du pétrole, en munissant la lanterne du répéteur d'un écran mobile masquant, suivant les cas, le feu vert ou le feu jaune. L'éclairage électrique lui-même pourrait être réalisé sans l'intermédiaire de la batterie d'accumulateurs, qui complique un peu les installations, car un manque de courant ne serait jamais qu'exceptionnel et, en tout cas, ne compromettrait pas la sécurité.

P. D.

## PHYSIQUE INDUSTRIELLE

### LE CHAUFFAGE, AU GAZ DE GAZOGÈNE,

des ateliers des Chemins de fer prussiens, à Delitzsch.

(Planche XII.)

La force motrice nécessaire aux ateliers des Chemins de fer prussiens, construits à Delitzsch, gare située à 20 kilom. de Leipzig, étant produite par des moteurs à gaz de gazogène, on a été naturellement conduit à recourir, pour le chauffage de ces ateliers, à des appareils utilisant également le gaz pauvre. L'emploi de ce gaz paraissait d'ailleurs, dans ce cas, d'autant plus avantageux que la distance entre la station génératrice et les ateliers à chauffer est relativement considérable et aurait exigé l'installation, pour le

transport de la vapeur, de conduites soigneusement calorifugées et, par conséquent, coûteuses.

Les locaux à chauffer se composent (fig. 1) d'une halle ayant 235 mètres de longueur et 118<sup>m</sup> 25 de largeur à son extrémité méridionale ; elle est divisée en une halle de montage, un atelier de tours, un atelier pour le travail du bois, une bourrellerie, une menuiserie, un atelier de vernissage et un séchoir, les deux derniers de ces ateliers étant entièrement isolés des autres, pour éviter que les poussières ne puissent y pénétrer et ne se déposent à la surface des objets vernis, pendant leur dessiccation.

Pour chauffer cette halle, on a installé, sur chacune de ses deux façades nord et sud, un groupe de deux calorifères à air chaud chauffés au gaz, et alimentés par des conduites venant de la station des gazogènes, située à 70 mètres plus loin, dans la direction de l'est ; ces conduites ont respectivement 0<sup>m</sup> 30 à 0<sup>m</sup> 35 de diamètre. L'air est refoulé dans les calorifères par des ventilateurs, qui le prennent directement dans les ateliers, puis distribué dans la halle, après réchauffage, au moyen d'un réseau de conduites aériennes alimentant des manches obliques dirigées vers le sol et s'arrêtant à 3 mètres de hauteur environ. Un des calorifères du groupe nord est spécialement réservé au chauffage de l'atelier de vernissage, pour éviter d'y envoyer les poussières aspirées dans les autres locaux.

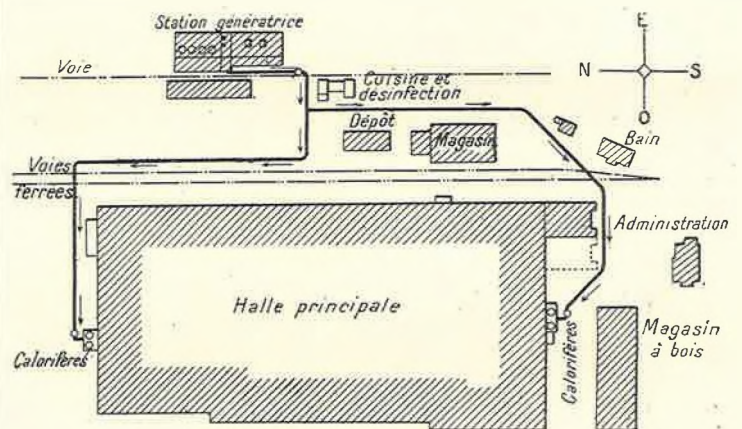


FIG. 1. — Plan d'ensemble des ateliers des Chemins de fer prussiens, à Delitzsch, chauffés au gaz de gazogène.

Les quatre gazogènes, fournissant le gaz aux calorifères et aux moteurs à gaz des groupes électrogènes de la station centrale, des ateliers sont établis pour la gazéification des briquettes de lignite. L'installation nouvelle comporte, outre les quatre calorifères à air chaud, groupés deux à deux, dans chacune des chambres de chauffe des façades nord et sud des ateliers, divers appareils accessoires pour le lavage et l'épuration du gaz.

*Gazogènes.* — La figure 2 montre le groupement des appareils dans la salle des gazogènes, tandis que la figure 3 donne une coupe verticale de l'un des groupes, par les axes des divers appareils. Les gazogènes G sont du type aspirant, et à deux zones de combustion : le gaz produit traverse successivement, dans chaque groupe, un séparateur de poussières faisant en même temps fonction de réchauffeur d'air, puis un scrubber S, et finalement un épurateur-sécheur à sciure de bois R, à la sortie duquel il passe dans la conduite collectrice L, qui le délivre aux moteurs par les branchements M et M', ou aux ventilateurs X<sub>1</sub> et X<sub>2</sub>, commandés électriquement par des moteurs de 15 chevaux. Ces derniers le refoulent dans la conduite D<sub>1</sub>, raccordée, par le joint hydraulique de sécurité F, aux canalisations desservant les calorifères. Les quatre gazogènes sont, de plus, rendus solidaires par une première conduite reliant entre eux les épurateurs R et aboutissant à un ventilateur V<sub>1</sub>, permettant de ventiler ces appareils, lors des visites d'inspection, ou d'y aspirer l'air pour leur remise en service. Une seconde conduite D aboutissant au ventilateur V<sub>2</sub> sert à l'évacuation des poussières, qui se dégagent pendant le dégrassage des grilles, et un embranchement E de cette conduite relie ce ventilateur aux quatre hottes, très larges, surmontant les gazogènes et recueillant les fumées qui peuvent s'échapper accidentellement par les couvercles de ceux-ci. Enfin, l'installation comprend un réservoir à gaz auxiliaire B, relié au joint hydraulique de sécurité F, et servant pour le réglage du niveau de l'eau dans ce dernier, comme nous l'expliquerons plus loin.