

# COURS D'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER

PAR

H. VANDERRYDT

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

ET

E. MINSART

INGÉNIEUR AUX CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE

---

TOME SECOND

L'EXPLOITATION TECHNIQUE

---

PARIS ET LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 8, RUE DES DOMINICAINS, 8

—  
1924

Tous droits réservés

IMPRIMÉ EN BELGIQUE



*John*

# COURS D'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER

PAR

H. VANDERRYDT

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

ET

E. MINSART

INGÉNIEUR AUX CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE

---

TOME SECOND

L'EXPLOITATION TECHNIQUE

---

PARIS ET LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 8, RUE DES DOMINICAINS, 8

—  
1924

IMPRIMÉ EN BELGIQUE

TROISIÈME PARTIE

—

**L'EXPLOITATION TECHNIQUE**

—

## CHAPITRE XIX

# LES TRAINS

---

### I. — NATURE ET AFFECTATION DES TRAINS

D'après la nature des transports à effectuer, on classe les trains en trois catégories : les trains de voyageurs, les trains de marchandises et les trains mixtes.

**Trains de voyageurs.** — Ces trains sont spécialement affectés au transport des voyageurs et des marchandises « en grande vitesse ». On distingue : *a)* les trains *express*, qui ne s'arrêtent pas en route ou ne s'arrêtent que dans quelques centres importants ; *b)* les trains *directs*, qui ne s'arrêtent que dans les stations principales intermédiaires ; *c)* les trains *omnibus*, qui s'arrêtent dans toutes les gares ; *d)* les trains *de banlieue*, qui font le service suburbain des grandes villes et s'arrêtent, comme les précédents, dans toutes les gares.

Souvent, les trains express ne prennent pas de voyageurs de 3<sup>e</sup> classe ; parfois, ils sont composés uniquement de voitures de 1<sup>re</sup> classe ou de voitures-salons et de wagons-lits. Les trains directs ont généralement les trois classes. Quant aux trains omnibus et aux trains de banlieue, ils n'ont pas de voitures de 1<sup>re</sup> classe dans la plupart des exploitations.

Le nombre de voitures ou d'essieux, entrant dans la composition d'un train de voyageurs, ne peut pas dépasser un maximum déterminé. En France, ce nombre est limité à 24 voitures, sauf le cas où le train est affecté exclusivement au transport de troupes et où il peut comporter de 35 à 50 véhicules, selon les réseaux. En Allemagne, le nombre d'essieux est fixé à 80, sur les lignes principales, pour autant que la vitesse ne dépasse pas 50 kilomètres, et à 44, pour les vitesses supérieures à 80 kilomètres ; il est porté à 110 pour les trains militaires, étant donné que la vitesse ne dépasse pas 45 kilomètres. En Belgique, les trains de voyageurs ne peuvent comprendre plus de 60 essieux, ni plus de 25 véhicules, chiffres qui sont portés respectivement à 70 et 30 pour les trains transportant des troupes.

En général, il y a obligation de munir les trains de voyageurs d'un frein continu et d'y placer des véhicules à frein ordinaire en nombre suffisant pour parer au cas où le frein continu viendrait à être avarié. Les compartiments sont mis en communication avec le mécanicien ou le chef de train par un signal d'alarme.

Entre la locomotive et la première voiture contenant des voyageurs, on intercale un ou plusieurs véhicules de choc, ne transportant pas de voyageurs ; on utilise, à cet effet, le fourgon occupé par le chef de train et, s'il y a lieu, un autre véhicule affecté aux bagages et aux colis express ou une voiture-poste. En France, il doit y avoir autant de véhicules de choc qu'il y a de locomotives en tête du train.

Dans un but de sécurité, on évite, principalement dans les trains circulant à grande vitesse, d'utiliser du matériel hétérogène, notamment d'intercaler des voitures courtes et légères entre des voitures longues et lourdes. Autant que possible, quand on utilise du matériel à bogies, on compose le train exclusivement de véhicules de



l'espèce. En Allemagne, des véhicules à 3 essieux ne peuvent être placés entre les voitures à bogies que pour autant que l'écartement de leurs essieux extrêmes soit de 6 mètres au moins et leur tare de 16 tonnes au minimum. Les voitures à 2 essieux sont exclues, en règle générale, des trains rapides et express et ne peuvent y être introduites qu'exceptionnellement et par autorisation spéciale.

Dans un but d'économie, beaucoup d'administrations font circuler, sur leurs lignes à faible trafic, des *trains légers*, remorqués par des locomotives à deux essieux et composés de voitures à faible tare. Ces trains, qui comportent un nombre restreint de véhicules (16 essieux au maximum, en France, non compris ceux de la locomotive), sont desservis par un personnel réduit qui peut être ramené à un mécanicien et un chef de train.

Des trains de même nature, désignés plus souvent sous le nom de *trains-tramways*, sont organisés, sur les grandes lignes, pour les relations locales entre les gares non desservies par les trains à grande distance. Le service de ces trains, qui sont en concordance avec les trains de vitesse à leurs gares d'arrêt, est fait par des voitures automotrices, prenant de 120 à 150 voyageurs et mues par moteur à vapeur, moteur à explosion ou moteur électrique, alimenté par batterie.

**Trains de marchandises.** — En principe, les transports de marchandises en grande vitesse sont assurés par les trains de voyageurs ; il en est de même des envois de valeurs, de journaux et de marchandises sujettes à prompt corruption. Lorsque l'importance du trafic s'y prête, on organise, entre les grands centres et les points de coïncidence, pour les transports de denrées, de lait, de marée, etc., des *trains de messageries*, c'est-à-dire des trains de marchandises de grande vitesse qui, au point de vue de la composition, du freinage et de la marche, sont soumis aux mêmes règles que les trains de voyageurs. Sur quelques lignes à trafic régulier, on fait circuler des trains de détail, qui s'arrêtent dans toutes les gares pour charger ou décharger des marchandises de poids réduit (500 kgs au maximum). Les transports de grosses marchandises sont effectués ou par des trains omnibus (Nahgüterzüge), ou par des trains directs (Durchgangsgüterzüge), ou par des trains de trafic direct ou de transit (Ferngüterzüge).

*Les trains omnibus* s'arrêtent dans toutes les gares et y manœuvrent ; ils y laissent ou enlèvent des wagons et parfois aussi des marchandises de détail. Ces marchandises ou ces wagons, du moment qu'ils ne sont pas en destination d'une gare de l'itinéraire parcouru par le train, sont conduits jusqu'à des gares de bifurcation, où se fait le transbordement des marchandises et s'effectue le classement des wagons, en vue de composer des trains de marchandises directs. Les trains de détail servent également à approvisionner les gares de matériel et à emmener celui restant disponible.

*Les trains directs* n'ont d'arrêts fixes qu'aux stations principales du parcours. Ils sont créés dans le but de porter au plus haut point le parcours des wagons, par conséquent d'en retirer le plus d'effet utile possible, ce qui ne serait pas le cas si tous les transports se faisaient par des trains de détail. A l'égard de ceux-ci, ils jouent à la fois le rôle de collecteurs et de distributeurs.

*Les trains de trafic direct ou de transit* assurent le transport régulier et rapide, d'un centre de production ou d'un port de mer, à un centre de consommation ou une gare frontière, de marchandises (charbons, minerais, céréales, etc.), présentées en masses. L'horaire prévoit comme seuls arrêts ceux pour le service de la locomotive et les garages. Parfois, les trains de ce genre ne trouvent pas un courant de marchandises pour les alimenter au retour et le matériel doit revenir à vide.

Ces trains, de même que les trains directs, accélèrent les transports, dégagent les lignes, améliorent le coefficient d'utilisation du matériel et diminuent les dépenses de traction. Leur organisation exige de grandes gares de formation, permettant d'accumuler, pendant 8 à 12 heures, les wagons chargés ou vides à expédier.

Parmi les trains de marchandises, on range également les *trains de service*, affectés uniquement au transport d'objets pour le service de l'administration exploitante ; parmi ces trains, on distingue les trains de ballast, de matériaux, etc.

Le nombre des véhicules d'un train de marchandises, abstraction faite de la puissance de la machine et du freinage sur les pentes, est limité par la résistance à la traction des attelages qui, au moment du démarrage, ont à supporter un effort considérable et par les installations des gares de passage pour le garage et la manœuvre des trains. La limite est fixée à 60 véhicules sur l'Etat belge et varie de 60 (Nord) à 80 (Est), sur les compagnies françaises. En Allemagne, la composition ne doit pas excéder 120 essieux, ce qui donne une longueur d'environ 540 mètres sans la locomotive.

Si l'on excepte les trains de messageries, les trains de marchandises ne sont pas munis du frein continu. Le freinage est assuré au moyen de wagons à frein desservis par des garde-freins et placés à des endroits prévus dans le train. Il fait l'objet de règlements spéciaux, qui sont déterminés non seulement en vue de rendre possible l'arrêt des trains sur la distance à laquelle les signaux sont placés en avant des obstacles, mais aussi pour empêcher qu'en cas de rupture d'attelages, les rames de véhicules détachées de la tête des trains ne puissent partir à la dérive par suite de la déclivité des voies.

**Trains mixtes.** — Sur les lignes à faible trafic, où la spécialisation des trains donnerait des résultats économiques défavorables à cause de l'insuffisance du nombre des voyageurs et du tonnage des marchandises, on organise parfois des trains mixtes, qui sont des *trains mixtes proprement dits*, quand il s'agit de trains de voyageurs auxquels on ajoute des wagons à marchandises et des *trains de marchandises-voyageurs* quand il s'agit de trains de marchandises auxquels on ajoute des voitures à voyageurs.

En France, les trains mixtes proprement dits ne sont pas soumis à l'obligation d'avoir le frein continu et peuvent comporter 30 véhicules, si la vitesse ne doit pas excéder 40 kilomètres. Généralement, les voitures sont à l'arrière du train, afin d'éviter leur déplacement au cours des manœuvres dans les gares intermédiaires ; il en résulte la suppression des avantages de la communication directe entre la machine et les voitures à voyageurs, notamment la possibilité de freiner celles-ci au Westinghouse et de les chauffer au moyen de la vapeur.

Les administrations renoncent de plus en plus aux trains mixtes, qui présentent l'inconvénient d'augmenter, dans des proportions toujours exagérées, la durée des temps de parcours ; il n'est pas rare que la vitesse commerciale descende à 12 à 15 kilomètres à l'heure. La tendance actuelle est de remplacer ces trains par des trains légers de voyageurs et un train spécialisé pour les marchandises. Pareille mesure est prescrite en France, chaque fois que le développement du trafic le permet.

**Charge des trains.** — La charge est le poids du train, non compris la ou les machines et tenders. C'est l'élément le plus important à considérer pour la détermination des vitesses.

Pendant longtemps, on a évalué la charge d'après le nombre de véhicules, chacun étant compté pour un certain nombre d'unités de 5 ou de 10 tonnes. Cette pratique tend à disparaître ; l'estimation en tonnes se faisant aisément, les voitures et les wagons portant la mention de leur tare à vide, soit sur la caisse, soit sur les longerons. Dans la plupart des exploitations, l'évaluation de la charge des trains de voyageurs se fait en ne considérant que la tare des voitures ; il n'est pas tenu compte du poids des voyageurs, qui est relativement faible comparativement à celui du matériel et essentiellement différent aux divers points du parcours. Les administrations qui désirent une estimation plus rigoureuse, admettent un poids forfaitaire, par exemple :

2 tonnes pour une voiture de 1 <sup>re</sup> classe	2 tonnes pour un fourgon ordinaire.
2,5 » » 2 <sup>e</sup> »	3 » » à bogies.
3 » » 3 <sup>e</sup> »	

Quant aux trains de marchandises, on évalue leur charge en ajoutant à la tare le tonnage des marchandises que les wagons contiennent et que l'on connaît par les feuilles d'expédition.

**Vitesses des trains.** — A côté de la *vitesse réelle de marche*, c'est-à-dire de la vitesse au sens cinématique, on distingue la vitesse moyenne ou vitesse du tracé et la vitesse commerciale. La *vitesse moyenne*, sur un parcours déterminé, est le quotient du chemin parcouru par le temps employé à le parcourir, déduction faite du temps prévu pour les démarrages, les ralentissements, les stationnements et les arrêts. La vitesse commerciale, sur le même parcours, est le quotient du chemin parcouru par la durée totale du parcours, arrêts et ralentissements compris.

Les livrets de marche ou livrets des charges dressés par les compagnies à l'usage du personnel ne considèrent que la vitesse moyenne ou vitesse du tracé. Le temps qu'ils renseignent pour le parcours d'une station à l'autre s'évalue pour une vitesse moyenne  $v_m$  et se calcule comme si cette vitesse était uniforme sur le parcours et en y ajoutant une constante pour le démarrage au départ et le ralentissement à l'arrivée. Ce temps peut être exprimé par la formule :

$$t = \frac{l}{v_m} + \alpha,$$

$l$  étant la distance des deux stations (fig. 1) et  $\alpha$  le temps que met le train à parcourir les deux parties OB et CA du trajet au départ et à l'arrivée (OB, parcours du démarrage, CA, parcours du ralentissement), moins le temps qui serait nécessaire pour franchir ces deux parties à la vitesse  $v^m$ .

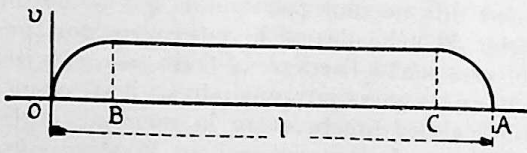


FIG. 1.

Le temps à compter pour le parcours OB et CA dépend de la vitesse  $v$  du train pendant le parcours BC et, pour une vitesse donnée  $v$ , de la puissance de la machine qui, pendant le démarrage, doit développer un effort proportionnel à l'accélération. En général, ce temps se fixe par catégorie de trains, les trains de même catégorie étant remorqués le plus souvent par des machines d'une puissance sensiblement uniforme.

A la Compagnie de l'Est, les temps perdus sont déterminés de la manière suivante :

1° Pour démarrage et arrêt :

a) Trains de marchandises et mixtes :

2'	pour les trains tracés à la vitesse de 30 km. et au-dessous ;
3'	» » » 35 km. et 40 km.

b) Trains de voyageurs :

1'	pour les trains tracés à la vitesse de 40 km.
1 1/2'	» » » 45 et 55 km.
2'	» » » 60 et 65 km.
2 1/2'	» » » 70 et 75 km.
3'	» » » 80 et 85 km.



2° Pour ralentissement aux bifurcations à vitesse limitée :

a) Trains de marchandises et mixtes :

2' pour les trains tracés à la vitesse de 40 km. et au-dessous.

b) Trains de voyageurs :

1' pour les trains tracés à la vitesse de 40, 45, 50 et 55 km.

1 1/2' " " " 60, 65, 70 et 75 km.

2' " " " 80 et 85 km.

Les temps perdus aux démarrages et aux ralentissements et ceux affectés aux arrêts ont une grande influence sur la vitesse commerciale des trains, surtout sur celle des trains de banlieue, qui desservent en général un grand nombre de stations très rapprochées ; il n'est pas rare de voir, pour ces trains, la vitesse commerciale se réduire à ne plus représenter que 60 % de la vitesse de tracé. Pour obvier à cet inconvénient, on affecte à la remorque des trains de banlieue des locomotives à forte adhérence, capables de développer au démarrage l'effort nécessaire pour obtenir une forte accélération. Souvent, on renonce à la traction à vapeur pour adopter la traction électrique, qui présente plus de souplesse.

## II. — CHARGES-LIMITES ET DURÉES DE PARCOURS

### 1° Le calcul des charges-limites

Le problème à résoudre est le suivant : Pour une locomotive d'un type donné, déterminer, abstraction faite de toute autre considération (freinage, résistance des attelages), la charge maximum qu'elle peut remorquer, sur un profil donné, à une vitesse donnée.

Le calcul se ramène à établir, d'une part, l'effort maximum que la machine peut développer au crochet de son tender, dans les conditions imposées de profil et de vitesse, d'autre part, la résistance que présente, dans les mêmes conditions, le train à remorquer.

#### a. — Méthode de Strahl (1)

##### A) EFFORT DE TRACTION AU CROCHET DU TENDER

L'effort de traction maximum au crochet du tender peut être établi soit d'après la puissance limite de la chaudière, soit d'après le poids adhérent de la locomotive. Les deux résultats doivent être envisagés.

a) Effort de traction d'après la puissance de la chaudière. — Nous connaissons, de la locomotive, les éléments  $d$ ,  $l$ ,  $P$ ,  $G$ ,  $S$ , c'est-à-dire le diamètre et la course du piston, la pression de régime, la surface de grille et la surface de chauffe.

D'après les formules de Strahl (chapitre XVI, p. 360 de la deuxième partie), la plus grande production de vapeur par mètre carré de surface de grille et par heure est égale à :

(1) STRAHL. Verfahren zur Bestimmungsgrenzen der Dampflokomotiven. *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1913, p. 251.

STRAHL. Die Berechnung der Fahrzeiten und Geschwindigkeiten von Eisenbahnzügen. *Glaser's Annalen*, 1913.

2 tonnes pour une voiture de 1 <sup>re</sup> classe	2 tonnes pour un fourgon ordinaire.
2,5 » » 2 <sup>e</sup> »	3 » » à bogies.
3 » » 3 <sup>e</sup> »	

Quant aux trains de marchandises, on évalue leur charge en ajoutant à la tare le tonnage des marchandises que les wagons contiennent et que l'on connaît par les feuilles d'expédition.

**Vitesses des trains.** — A côté de la *vitesse réelle de marche*, c'est-à-dire de la vitesse au sens cinématique, on distingue la vitesse moyenne ou vitesse du tracé et la vitesse commerciale. La *vitesse moyenne*, sur un parcours déterminé, est le quotient du chemin parcouru par le temps employé à le parcourir, déduction faite du temps prévu pour les démarrages, les ralentissements, les stationnements et les arrêts. La vitesse commerciale, sur le même parcours, est le quotient du chemin parcouru par la durée totale du parcours, arrêts et ralentissements compris.

Les livrets de marche ou livrets des charges dressés par les compagnies à l'usage du personnel ne considèrent que la vitesse moyenne ou vitesse du tracé. Le temps qu'ils renseignent pour le parcours d'une station à l'autre s'évalue pour une vitesse moyenne  $v_m$  et se calcule comme si cette vitesse était uniforme sur le parcours et en y ajoutant une constante pour le démarrage au départ et le ralentissement à l'arrivée. Ce temps peut être exprimé par la formule :

$$t = \frac{l}{v_m} + z,$$

$l$  étant la distance des deux stations (fig. 1) et  $z$  le temps que met le train à parcourir les deux parties OB et CA du trajet au départ et à l'arrivée (OB, parcours du démarrage, CA, parcours du ralentissement), moins le temps qui serait nécessaire pour franchir ces deux parties à la vitesse  $v^m$ .

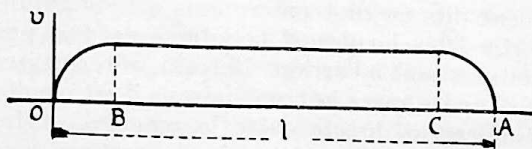


FIG. 1.

Le temps à compter pour le parcours OB et CA dépend de la vitesse  $v$  du train pendant le parcours BC et, pour une vitesse donnée  $v$ , de la puissance de la machine qui, pendant le démarrage, doit développer un effort proportionnel à l'accélération. En général, ce temps se fixe par catégorie de trains, les trains de même catégorie étant remorqués le plus souvent par des machines d'une puissance sensiblement uniforme.

A la Compagnie de l'Est, les temps perdus sont déterminés de la manière suivante :

1<sup>o</sup> Pour démarrage et arrêt :

a) Trains de marchandises et mixtes :

2'	pour les trains tracés à la vitesse de 30 km. et au-dessous ;
3'	» » » 35 km. et 40 km.

b) Trains de voyageurs :

1'	pour les trains tracés à la vitesse de 40 km.
1 1/2'	» » » 45 et 55 km.
2'	» » » 60 et 65 km.
2 1/2'	» » » 70 et 75 km.
3'	» » » 80 et 85 km.

2° Pour ralentissement aux bifurcations à vitesse limitée :

a) Trains de marchandises et mixtes :

2' pour les trains tracés à la vitesse de 40 km. et au-dessous.

b) Trains de voyageurs :

1' pour les trains tracés à la vitesse de 40, 45, 50 et 55 km.

1 1/2' » » » 60, 65, 70 et 75 km.

2' » » » 80 et 85 km.

Les temps perdus aux démarrages et aux ralentissements et ceux affectés aux arrêts ont une grande influence sur la vitesse commerciale des trains, surtout sur celle des trains de banlieue, qui desservent en général un grand nombre de stations très rapprochées ; il n'est pas rare de voir, pour ces trains, la vitesse commerciale se réduire à ne plus représenter que 60 % de la vitesse de tracé. Pour obvier à cet inconvénient, on affecte à la remorque des trains de banlieue des locomotives à forte adhérence, capables de développer au démarrage l'effort nécessaire pour obtenir une forte accélération. Souvent, on renonce à la traction à vapeur pour adopter la traction électrique, qui présente plus de souplesse.

## II. — CHARGES-LIMITES ET DURÉES DE PARCOURS

### 1° Le calcul des charges-limites

Le problème à résoudre est le suivant : Pour une locomotive d'un type donné, déterminer, abstraction faite de toute autre considération (freinage, résistance des attelages), la charge maximum qu'elle peut remorquer, sur un profil donné, à une vitesse donnée.

Le calcul se ramène à établir, d'une part, l'effort maximum que la machine peut développer au crochet de son tender, dans les conditions imposées de profil et de vitesse, d'autre part, la résistance que présente, dans les mêmes conditions, le train à remorquer.

#### a. — Méthode de Strahl (1)

##### A) EFFORT DE TRACTION AU CROCHET DU TENDER

L'effort de traction maximum au crochet du tender peut être établi soit d'après la puissance limite de la chaudière, soit d'après le poids adhérent de la locomotive. Les deux résultats doivent être envisagés.

a) Effort de traction d'après la puissance de la chaudière. — Nous connaissons, de la locomotive, les éléments  $d$ ,  $l$ ,  $P$ ,  $G$ ,  $S$ , c'est-à-dire le diamètre et la course du piston, la pression de régime, la surface de grille et la surface de chauffe.

D'après les formules de Strahl (chapitre XVI, p. 360 de la deuxième partie), la plus grande production de vapeur par mètre carré de surface de grille et par heure est égale à :

(1) STRAHL. Verfahren zur Bestimmungsgrenzen der Dampflokomotiven. *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1913, p. 251.

STRAHL. Die Berechnung der Fahrzeiten und Geschwindigkeiten von Eisenbahnzügen. *Glaser's Annalen*, 1913.



$$\frac{Q}{G} = \frac{4150}{1 + 10 \frac{G}{S}}, \text{ pour } P = 12 \text{ atm. et } \frac{S}{G} > 56$$

$$\frac{Q}{G} = 63 \frac{S}{G} \quad \text{pour } \frac{S}{G} \leq 56.$$

Dans ces formules, S est la surface de chauffe produisant de la vapeur (sans la surface du surchauffeur).

La locomotive considérée est donc capable de produire, par heure,

$$\text{soit } Q = G \times \frac{4150}{1 + 10 \frac{G}{S}}, \text{ soit } 63 S \text{ kgs de vapeur.}$$

Il résulte des données de la pratique que, dans les conditions les plus favorables de marche (degré d'admission et vitesse les plus favorables), la consommation minimum de vapeur par cheval indiqué et par heure est :

$q = 12$ à $11$ kgs	pour une locomotive à 2 cylindres, vapeur saturée, expansion simple,
$q = 10$ à $9,5$ kgs	» » » compound,
$q = 9,6$ à $9,2$ kgs	» 4 » » »
$q = 7$ à $6,5$ kgs	» 2 ou 4 cylindres, vapeur surchauffée, expansion simple,
$q = 6,4$ à $6,2$ kgs	pour une locomotive à 4 cylindres, vapeur surchauffée, compound.

La puissance maximum que peut développer la locomotive considérée est donc égale à :

$$T_i = \frac{Q}{q} \text{ chevaux.}$$

Or, le travail en chevaux, exprimé en fonction de la vitesse et de l'effort moteur indiqué est (chapitre IX, p. 218 du tome premier) :

$$T_i = \frac{F_i V}{270}$$

Par conséquent :

$$\frac{F_i V}{270} = \frac{Q}{q}$$

et

$$V = \frac{Q}{q} \times \frac{270}{F_i}$$

Nous avons vu (chapitre IX, p. 225 du tome premier) que l'effort indiqué moyen, en fonction de la pression moyenne, des dimensions  $d$  et  $l$  des cylindres et du diamètre  $D$  des roues, est :

$$F_i = \alpha p \frac{d^2 l^{(1)}}{D} \text{ kg.}$$

(1) Cette expression de  $F_i$  se rapporte à une locomotive à deux cylindres, expansion simple. On utiliserait :

$$F_i = \alpha p \times \frac{3}{2} \frac{d^2 l}{D}, \text{ dans le cas d'une locomotive à 3 cylindres, expansion simple.}$$

$= \alpha p \times 2 \frac{d^2 l}{D},$	»	»	4	»	»
$= \alpha p \times \frac{1}{2} \frac{d^2 l}{D},$	»	»	2	»	compound
$= \alpha p \times \frac{d^2 l}{D},$	»	»	4	»	»

Les valeurs les plus avantageuses de  $V$  et de  $F$  correspondent au fonctionnement du moteur pour lequel la valeur de  $\alpha p$  donne lieu au minimum de consommation de vapeur. En moyenne, avec une perte de charge modérée de la chaudière à la boîte à vapeur, on peut admettre les valeurs suivantes pour  $\alpha p$  :

Pression de régime	Locomotives à simple expansion	Locomotives compound
12 atmosphères	$\alpha p = 3,6$ atmosphères	$\alpha p = 3,4$ atmosphères
13 »	= 3,7 »	= 3,5 »
14 »	= 3,81 »	= 3,6 »
15 »	= 3,92 »	= 3,7 »

Connaissant  $F_i$ , on peut déterminer les autres efforts maximum  $F_i'$ ,  $F_i''$ , ... correspondant à des vitesses  $V'$ ,  $V''$ , ... autres que  $V$ . Il suffit pour cela de multiplier  $F_i$  par un coefficient  $\varphi$  qui, d'après les calculs de Strahl, est égal à :

$$\varphi = 0,6 (2 - x) + \frac{0,4}{x}, \quad \text{pour } x < 1$$

$$\varphi = 0,5 (3 - x) \cdot \sqrt{\frac{1}{x}}, \quad \text{pour } x > 1,$$

$x$  étant le rapport  $\frac{V'}{V}$

Il devient ainsi possible de dresser un tableau donnant, pour les vitesses  $V = 30, 40, 50, 60, \dots$  kilomètres, les valeurs limites  $F_{30}, F_{40}, F_{50}, F_{60} \dots$  de l'effort moteur indiqué. Pour connaître les efforts  $E_{30}, E_{40}, E_{50}, E_{60} \dots$  au crochet de traction du tender, il ne reste plus qu'à retrancher de  $F_{30}, F_{40}, F_{50}, F_{60} \dots$  la résistance de la locomotive et du tender aux vitesses de 30, 40, 50, 60 ... kilomètres, calculées d'après l'une des formules indiquées au chapitre IX ou une formule similaire.

Strahl emploie la formule :

$$W = 2,5 G_1 + c G_2 + 0,6 F \left( \frac{V}{10} \right)^2,$$

dans laquelle  $G_1$  = poids de la locomotive et du tender sur les roues porteuses,  $G_2$  = poids de la locomotive sur les roues motrices,  $F$  = surface frontale de la locomotive,  $c$  = coefficient variable suivant le type de machine (7,3 pour trois essieux accouplés). (Voir Z.V.D.I., 1913, p. 251).

On peut donc tracer la courbe  $abc$  (fig. 2) des efforts au crochet de traction du tender, déduits du travail de la vapeur dans les cylindres et en rapport avec la vaporisation-limite de la chaudière, en travail continu.

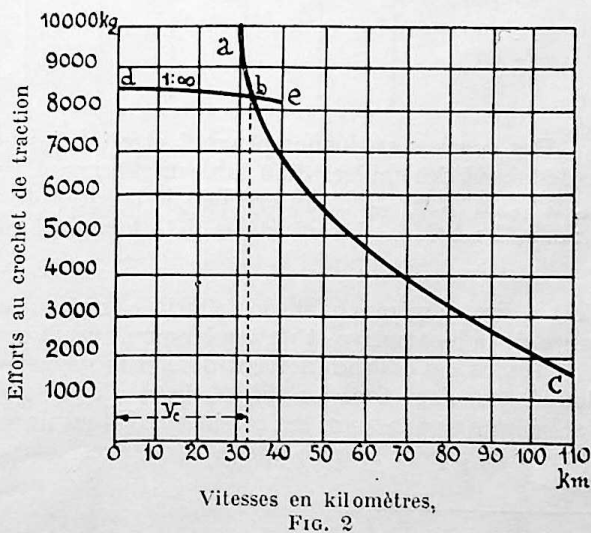


FIG. 2

b) **Effort de traction d'après le poids adhérent.** — L'effort de traction résultant du travail dans les cylindres augmente à mesure que la vitesse diminue ; cette progression a une limite qui se trouve au point où la valeur de l'effort produit par la vapeur coïncide avec celle de l'effort résultant de l'adhérence.

Soient  $P_a$  le poids adhérent de la locomotive,  $L$  le poids total de celle-ci et  $T$  le poids du tender, ces poids exprimés en tonnes. L'effort de traction à la jante des roues motrices, en fonction du poids adhérent, est  $fP_a$  <sup>(1)</sup> et l'effort au crochet de traction du tender, calculé sur la même base, est la différence entre  $fP_a$  et la résistance  $w(L+T)$  de la locomotive et du tender,  $w$  étant le coefficient de la résistance externe de ces véhicules à la vitesse considérée. On peut donc, pour les vitesses  $V = 10, 20, 30, 40$  kilomètres, tracer la courbe *dbe* des efforts de traction  $E_{10}, E_{20}, E_{30}, E_{40}$  d'après le poids adhérent.

La vitesse  $V_c$  correspondant au point *b* où les courbes *abc* et *dbe* se coupent est la vitesse critique ; cette vitesse est la plus petite à la limite de la puissance de la chaudière et la plus grande à la limite de l'adhérence ; c'est la vitesse qui, sur la rampe la plus forte de la ligne, correspond à la plus forte charge admissible sur cette rampe.

c) **Efforts de traction selon les profils.** — La courbe *dbe* donne les efforts de traction  $E_{20}, E_{40}, E_{50}, E_{60}$  ... pour les vitesses  $V = 20, 40, 50, 60, \dots$  kilomètres, sur les sections en palier et en courbes de grand rayon.

Rampes	Vitesses en kilomètres										
	0	20	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1 : ∞	$E_0$	$E_{20}$	$E_{40}$	$E_{50}$	$E_{60}$						
1 : 1000	$E'_0$	$E'_{20}$	$E'_{40}$	$E'_{50}$	$E'_{60}$						
1 : 500	$E''_0$	$E''_{20}$	$E''_{40}$	$E''_{50}$	$E''_{60}$						
1 : 400											
1 : 300											
1 : 200											
1 : 150											
1 : 100											
1 : 60											

Des courbes analogues peuvent être tracées pour les remorques en rampe ; elles se déduisent des chiffres d'un tableau exprimant les efforts de traction  $E'_{20}, E'_{40}, E'_{50}, \dots, E''_{20}, E''_{40}, E''_{50}, \dots$  au crochet de traction du tender sur des rampes de 1 : 1000, 1 : 500, 1 : 400, ... Ces efforts se déterminent d'après la formule :

$$E' = E - i(L + T),$$

c'est-à-dire en retranchant, de l'effort de traction en palier et alignement droit, la résistance de la locomotive et du tender sur le profil considéré.

Toutes ces courbes doivent donner la même valeur pour la vitesse critique, étant donné que, dans tous les cas, le degré d'admission doit être le même à la limite de l'adhérence et que, dans ces conditions, il faut un même nombre de tours de roues pour épuiser la vapeur fournie par la chaudière.

(1)  $f$  = coefficient d'adhérence, est généralement pris égal à  $\frac{1}{6}$ .



B) RÉSISTANCE DU TRAIN

Le second élément à considérer pour la détermination des charges-limites est la résistance du train, dans les conditions de profil et de vitesse imposées pour la remorque.

On utilise à cet effet les formules indiquées au chapitre IX, deuxième partie, ou, ce qui vaut mieux, des formules établies spécialement pour le matériel dont il doit être fait usage. On dresse un tableau analogue à celui des efforts de traction, donnant, par tonne remorquée, les résistances aux vitesses de 20, 40, 50, ... km. : h. sur des rampes de 1 : ∞, 1 : 1000, 1 : 500...

c) COURBES DES CHARGES-LIMITES

La combinaison des deux tableaux des efforts maximum au crochet de traction du tender et des résistances par tonne remorquée permet de tracer les courbes des charges-limites (fig. 3).

Certaines administrations tracent deux séries de courbes : l'une pour la remorque par un vent moyen, l'autre pour la remorque par un vent violent, soufflant de côté. Souvent on tient compte de cette circonstance spéciale en majorant la vitesse de 25 kilomètres dans les formules de résistance.

La plupart des machines à marchandises sont le mieux utilisées lorsqu'elles roulent à une vitesse voisine de la vitesse critique. L'économie de charbon et d'eau résultant d'une vitesse moindre n'est guère importante ; par contre, la répercussion sur les horaires est très défavorable.

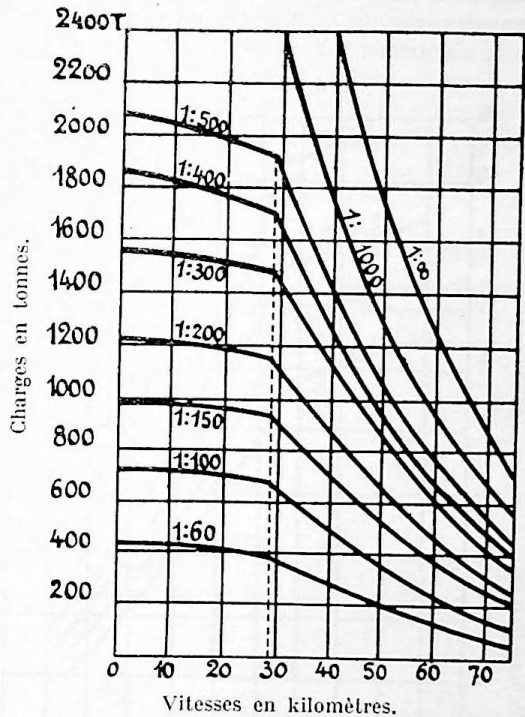


FIG. 3.

β. — Méthode de Sanzin (1)

Pour le type de locomotive considéré, on détermine expérimentalement la puissance spécifique de la chaudière ( $\frac{T}{S}$  = nombre de chevaux indiqués par mètre carré de surface de chauffe) à différentes vitesses (nombre de tours par minute).

Partant des valeurs de  $T_i$ , on calcule, au moyen de la formule

$$F_i = \frac{T_i \cdot 270}{V}$$

les efforts moteurs indiqués pour les vitesses  $V = 30, 40, 50, \dots$  km. ; quant aux valeurs de  $F_i$  pour les vitesses  $V = 10, 20, 30$  kilomètres, on les établit d'après le poids adh-

(1) SANZIN. Leistungsfähigkeit der Lokomotiven. *Handbuch des Eisenbahnmaschinenwesens.* Band. II, p. 30.

rent, en ajoutant à l'effort tangentiel :  $F_a = fL_a$ , l'effort :  $Lw''$  nécessaire pour vaincre la résistance interne de la locomotive.

Des valeurs de  $F_i$  ainsi calculées, on retranche la résistance totale  $\rho = (L+T)w$  de la locomotive et du tender aux vitesses  $V = 10, 20, 30, 40, \dots$  km. (1), pour obtenir les efforts de traction correspondants au crochet du tender :

$$E = F_i - w(L + T).$$

Si  $P$  représente le poids du train remorqué,  $w'$  sa résistance spécifique et  $\pm i$  la rampe ou la pente, la complète utilisation de l'effort de traction de la locomotive dans des conditions données de vitesse et de profil, correspondra à une charge résultant de la relation :

$$E = w' P \pm i(L + T + P),$$

d'où :

$$P = \frac{E - \{ \pm i(L + T) \}}{w' \pm i}.$$

On peut tracer des courbes donnant, pour des valeurs choisies de  $P$ , les charges correspondant à des rampes ou à des pentes données. (fig. 4).

La charge maximum se détermine généralement d'après la rampe la plus forte de la ligne et l'on roule, sur les autres sections, à des vitesses d'autant plus grandes relativement à celle de la rampe la plus forte que leur inclinaison par rapport à celle-ci est moindre.

Pour déterminer ces vitesses en partant de la charge  $P$  admise pour toute la ligne, on trace des courbes déduites de la formule

$$i = \frac{E - Pw'}{L + T + P},$$

et qui, pour une charge donnée, permettent de fixer la vitesse cor-

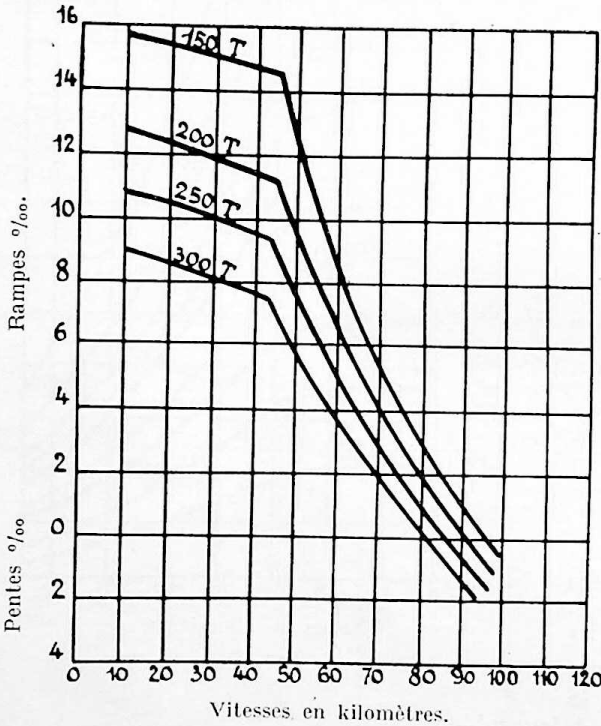


FIG. 4.

respondant à une rampe déterminée.

### 2° Le calcul des durées de parcours (2)

Le problème consiste à déterminer, pour chaque section d'une ligne, la « vitesse moyenne de marche » ou « vitesse de tracé ». Cette vitesse, sur un parcours déterminé,

[ (1) Sanzin utilise la formule :  $w = 3,8 + 0,023 V + 0,001 V^2$ .

(2) VON BORRIES. Ueber die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven und deren Beziehung zur Gestaltung der Fahrpläne. *Organ*, 1887 et 1893.

HALFMANN. Ueber Ausbildung der Fahrpläne. *Organ*, 1894.

LEITZMANN. Ueber die Konstruktion der Fahrpläne. *Archiv. für Eisenbahnwesen*, 1893.

SICHLING. Ueber Fahrzeitenberechnung. *Organ*, 1906.

SANZIN. Leistungsfähigkeit der Lokomotiven. *Handbüch des Eisenbahnmaschinenwesens*.

STRAHL. Die Berechnung der Fahrzeiten. *Glaser's Annalen*, 1913.

DE BUSSCHERE. Note sur les longueurs virtuelles. *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Gand*, t. XVII.

est le quotient du chemin parcouru par le temps employé à le parcourir, déduction faite du temps perdu pour les démarrages, les ralentissements, les arrêts.

### 2. — Méthode de Von Borries

La méthode est celle des « longueurs virtuelles » ou « longueurs de trafic » (Betriebslängen). Elle se ramène à déterminer les vitesses de tracé en fonction d'une vitesse unique, appelée « vitesse fondamentale » et à substituer, à la longueur de chaque section en rampe ou en courbe, une longueur idéale, horizontale et rectiligne, égale à la longueur vraie augmentée d'une longueur additionnelle en rapport avec l'accroissement de résistance auquel donne lieu le profil. La vitesse fondamentale  $V_0$  étant donnée, le procédé revient à tracer une courbe permettant de calculer, pour un profil déterminé, la longueur idéale  $l(1 + \varphi)$  à substituer à la longueur vraie  $l$ , pour obtenir dans l'expression  $l \frac{(1 + \varphi)}{V_0}$  la vitesse de tracé  $V$  à appliquer sur la section considérée.

La vitesse fondamentale  $V_0$  se rapporte à des parcours sur palier et alignement droit. La charge que l'on fait correspondre à cette vitesse est telle que sa remorque à la vitesse  $V_0$  donne lieu à un travail répondant à la puissance limite en chevaux de la chaudière. On peut calculer l'effort indiqué  $F_i$  en rapport avec ce travail et, par suite, l'effort  $F$  à la jante des roues motrices.

von Borries et tous ceux qui appliquent la méthode des longueurs virtuelles emploient, pour le calcul des résistances, la formule d'Erfurt :

$$w = 2,4 + \frac{V^2}{1300},$$

qui considère le train en bloc (locomotive + tender + wagons).

Soit  $w_0$  la résistance par tonne à la vitesse  $V_0$  et soit  $P$  (tonnes) le poids total du train. Si  $F$  est l'effort de traction tangentiel développé par la locomotive, l'effort par tonne du train sera :

$$f_0 = \frac{F}{P} = w_0.$$

Si, au lieu de rouler sur une section horizontale, le train gravit une rampe  $i$ , le parcours, avec le même poids  $P$ , se fera à une vitesse  $V < V_0$  et si  $\varphi$  est la longueur à ajouter à l'unité pour tenir compte de la rampe, on aura :

$$V_0 = V(1 + \varphi),$$

D'où :

$$V = \frac{V_0}{1 + \varphi}$$

et

$$\varphi = \frac{V_0}{V} - 1.$$

A la vitesse  $V$ , sur la rampe  $i$ , correspondent une résistance

$$r = w + i$$

et un effort de traction par tonne

$$f = \frac{F}{P} = w + i.$$

Pour chaque section de la ligne en rampe (ou en courbe), il y a donc :

1° une longueur virtuelle qui, par unité de longueur, est égale à  $1 + \varphi$  et une

vitesse  $V$  qui, exprimée en fonction de la vitesse fondamentale, est égale à  $V = \frac{V_0}{1 + \varphi}$  ;

2° une résistance par tonne :  $r = w + i$ ,  $w$  étant la résistance en palier pour la vitesse  $V$  et  $i$  la résistance additionnelle due au profil, et un effort de traction par tonne :  $f = w + i$ .

Il va de soi que si, au lieu d'être en rampe, la section était en pente,  $\varphi$  et  $i$  seraient affectés du signe —.

La courbe pour le calcul des longueurs virtuelles se construit comme suit :

1° A gauche de l'axe des  $y$  (fig. 5), on trace la courbe AB des résistances  $w$  (en palier) pour les différentes valeurs de  $V$  à partir de  $V_0$ . A cet effet, on porte sur cet axe des longueurs  $oa, ob, oc, \dots$  proportionnelles à  $\varphi = 0,1$  ;  $\varphi = 0,2$  ;  $\varphi = 0,3, \dots$  et correspondant à des vitesses  $V' = \frac{V_0}{1 + 0,1}$ ,  $V'' = \frac{V_0}{1 + 0,2}$ ,  $V''' = \frac{V_0}{1 + 0,3}$ .... On trace

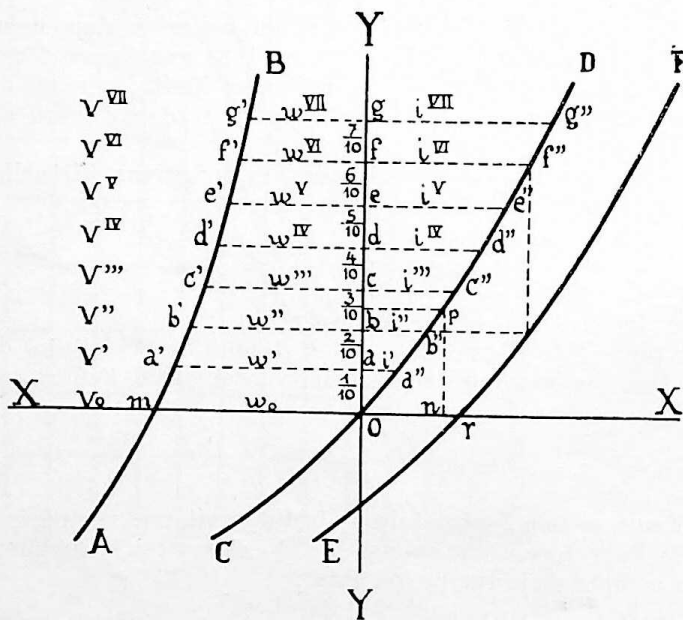


FIG. 5.

les abscisses  $aa', bb', cc', \dots$  égales aux résistances  $w', w'', w''', \dots$  calculées pour les vitesses  $V', V'', V''', \dots$  ; l'abscisse  $om$  est la résistance  $w_0$  pour la vitesse  $V_0$ .

2° A droite de l'axe des  $y$ , on trace la courbe CD des résistances  $r = w + i$  sur les rampes  $i', i'', i''', \dots$  donnant lieu aux longueurs additionnelles  $\varphi = 0,1, \varphi = 0,2, \varphi = 0,3, \dots$  A cet effet, on fait correspondre aux ordonnées  $oa, ob, oc, \dots$  des abscisses  $aa', bb', cc', \dots$  égales aux résistances supplémentaires  $i', i'', i''', \dots$  La ligne CD résultant de ces coordonnées est la courbe des efforts de traction par tonne ( $f = w + i$ ) correspondant aux diverses vitesses  $V', V'', V''', \dots$  auxquelles pourra donner

lieu le parcours ; cette courbe, de même que la courbe AB se prolongerait sous l'axe des  $x$  s'il y avait des durées de parcours à considérer pour des sections en pente.

C'est au moyen de la courbe CD que l'on détermine la longueur additionnelle à appliquer pour une section d'un profil déterminé. Supposons qu'il s'agisse d'une rampe  $i = \delta$ . On portera sur l'axe des abscisses une longueur  $on = \delta$  et l'ordonnée correspondante  $np$  donnera la valeur de  $\varphi$  à appliquer pour le calcul de la longueur virtuelle. Connaissant  $\varphi$ , on déduit  $V$  de l'expression  $V = \frac{V_0}{1 + \varphi}$  et l'on connaît

la durée de parcours  $t' = \frac{l}{V}$ . Pour avoir le temps de parcours à porter dans l'horaire, il restera à ajouter à  $t'$  deux constantes pour le démarrage au départ et le ralentissement à l'arrêt, ce qui donnera comme durée totale du parcours :



$$l = \alpha + \frac{l}{V};$$

( $\alpha$  varie de 2 à 4 minutes suivant la nature et la vitesse du train).

On peut être amené à donner à la locomotive une charge moindre que celle résultant de la courbe CD, soit que, le profil restant le même, on veuille faire rouler le train à une vitesse plus grande, soit que, la vitesse étant maintenue, on doive lui faire gravir une rampe plus forte. Supposons que P' soit le poids réduit du train. L'effort de traction par tonne sera  $f' = \frac{F}{P'}$  au lieu de  $f = \frac{F}{P}$  et l'on aura :

$$\frac{f'}{f} = \frac{P}{P'}$$

Pour tracer la courbe EF (fig. 5) correspondant à la charge P', il suffira de multiplier par  $\frac{P}{P'}$  toutes les abscisses a'a'', b'b'',... mesurées entre la courbe CD et la courbe AB. On voit que, roulant à la vitesse fondamentale V<sub>0</sub>, la machine remorquera la charge P' sur une rampe Or et que, avec cette charge, elle gravira la rampe i'' = f'' à la vitesse V'' > V<sub>0</sub>.

On trace des courbes CD pour des vitesses fondamentales V<sub>0</sub> = 100, 90, 80, 70, ... kilomètres à l'heure (fig. 6) et chaque feuille comporte une série de courbes EF pour des charges incomplètes P' = 0,9 P, 0,8 P, 0,7 P., ...

β. — Méthode de Strahl.

Nous avons vu (pages 11 à 14) comment, pour une locomotive donnée, on détermine, en fonction des vitesses, les charges-limites pour des parcours sur voie de niveau et en alignement droit. A chaque vitesse correspond un tonnage de train déterminé, pouvant être remorqué sur voie horizontale et rectiligne, la chaudière travaillant à sa puissance-limite (fig. 7). Ces charges étant données avec les vitesses qui y correspondent, il s'agit de déterminer, pour chacune d'elles, la variation de la vitesse en fonction du profil ou de tracer la courbe  $i = f(V)$ .

Soient Q<sub>w</sub> la charge-limite correspondant à la vitesse V, Q<sub>l</sub> le poids en tonnes de la locomotive et du tender, w la résistance spécifique des wagons du train à la vitesse V.

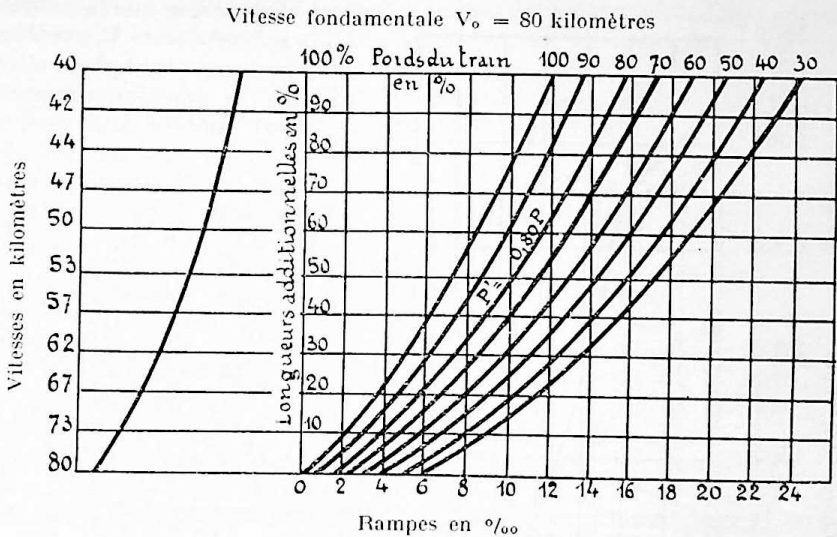


FIG. 6.

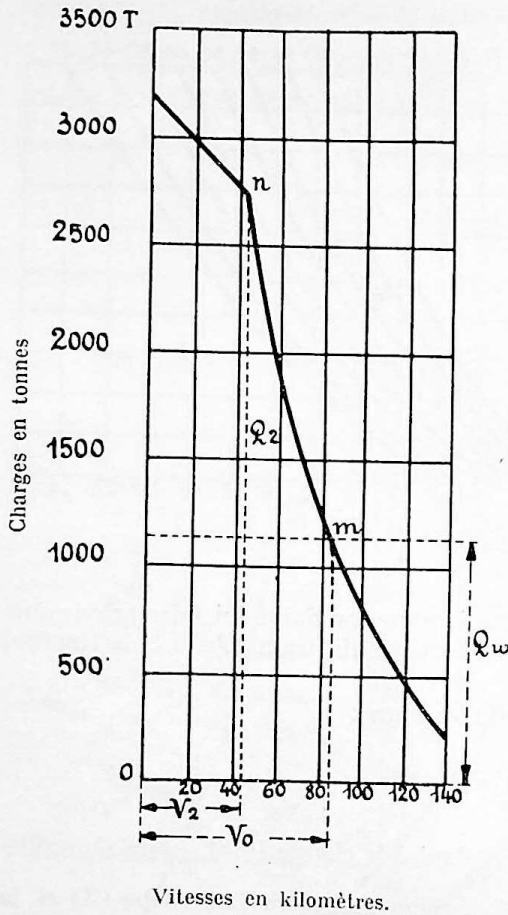


FIG. 7.

Supposons que la locomotive remorque, à la même vitesse  $V$ , une charge  $Q_w < Q_w'$ . Cette charge étant plus petite que la charge-limite, la machine dispose d'un excédent d'effort moteur, qui peut être représenté par  $(Q_w' - Q_w) w$ . Cet excédent permet d'effectuer la traction sur une rampe  $i$  donnant lieu à une résistance additionnelle égale à  $(Q_w + Q_l) i$ , c'est-à-dire sur une rampe

$$i = \frac{(Q_w' - Q_w) w}{Q_w + Q_l} \quad (1)$$

Dans cette expression,  $Q_w$  et  $Q_l$  sont des constantes, tandis que  $Q_w'$  et  $w$  sont fonctions de la vitesse ; on peut donc en déduire la vitesse pour une rampe donnée  $i$  et une charge donnée  $Q_w$ , pour autant que la charge-limite  $Q_w'$  sur une section horizontale et rectiligne soit connue.

Pour le problème qu'il s'agit de résoudre, on réalise une approximation suffisante en considérant la vitesse comme une fonction linéaire de la rampe et en l'exprimant par

$$V = a - b i.$$

Les constantes  $a$  et  $b$  se déterminent comme suit. Une parallèle à l'axe des abscisses (fig. 7), à une distance égale à la charge  $Q_w$  considérée, coupe la ligne des charges en un point  $m$ , qui détermine la vitesse  $V_0$ , c'est-à-dire la vitesse uniforme à laquelle se fera la remorque de la charge  $Q_w$  sur une ligne de niveau. Donc, pour  $i = 0$ ,

$$V = V_0,$$

$$a = V_0.$$

d'où

La plus grande vitesse  $V_2$  à la limite de l'adhérence de la locomotive correspond au point  $n$ , où la courbe des charges-limites s'infléchit brusquement. Si, pour cette vitesse,  $i_2$  est la rampe admissible, on peut écrire :

$$V_2 = V_0 - b i_2,$$

D'où :

$$b = \frac{V_0 - V_2}{i_2}$$

et

$$V = V_0 - \frac{V_0 - V_2}{i_2} i. \quad (2)$$

La valeur de  $i_2$  peut se déduire de la courbe des charges-limites. En effet, cette courbe donne la charge  $Q_2$  correspondant à la vitesse  $V_2$ . Si  $w_2$  est la résistance spécifique pour cette vitesse, on a, d'après l'équation (1) :

$$i_2 = \frac{Q_2 - Q_w}{Q_w + Q_l} w_2.$$

Cette valeur de  $i_2$  étant calculée, il devient possible de construire la ligne correspondant à l'équation (2) et donnant, pour la charge  $Q_w$ , les vitesses rapportées aux rampes.

On construira de même les lignes  $V = a - bi$ , pour des charges  $Q'_w, Q''_w, \dots$  et on obtiendra des courbes comme celles représentées figure 8.

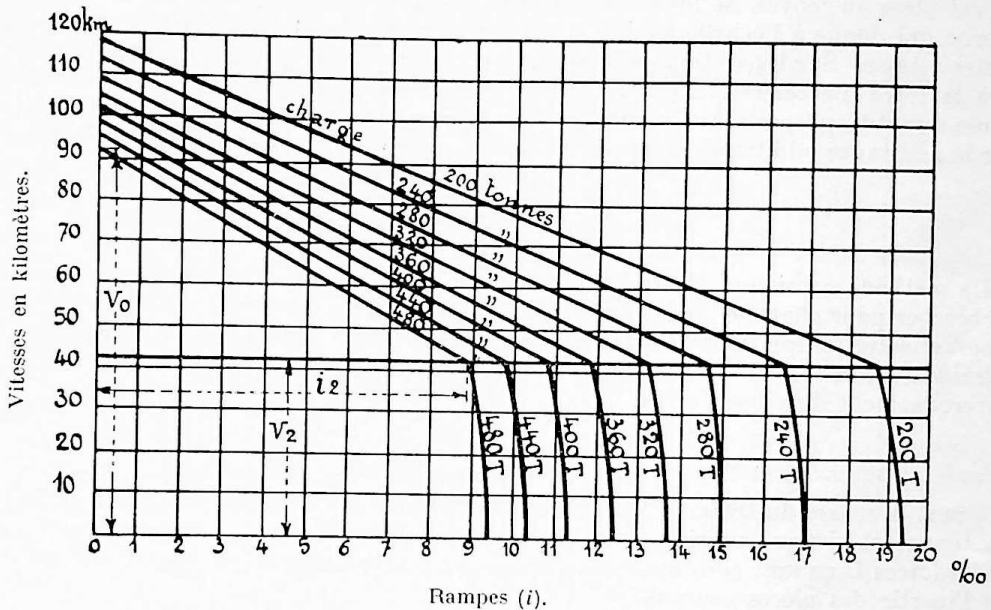


FIG. 8.

Les méthodes qui viennent d'être exposées présentent cet inconvénient qu'elles admettent que chaque section est parcourue à une vitesse uniforme. Or, il n'en est pas ainsi. Par suite de la force vive emmagasinée dans le train ou de celle qu'il s'agit de lui communiquer, le passage de la vitesse de régime d'une section à celle de la section suivante ne s'opère pas instantanément, mais petit à petit. S'il est vrai que l'erreur qui en provient n'a pas grande importance pour des parcours longs, sur des sections à inclinaison uniforme, il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de trajets présentant des déclivités variées, particulièrement quand les trains sont lourds. Des résultats inexacts peuvent également provenir des constantes que l'on ajoute à la durée de parcours proprement dite pour tenir compte du temps perdu pour le démarrage, le ralentissement, l'arrêt : le temps nécessaire pour amener le train à la vitesse de régime de même que celui pour en déterminer l'arrêt varie selon la locomotive, selon le poids du train, suivant le profil de la ligne. A la méthode des longueurs virtuelles on peut reprocher spécialement qu'elle utilise une formule de résistance s'appliquant au train en bloc. Or, par suite de l'influence de la résistance de la locomotive sur la résistance totale du train, la résistance de celui-ci est très différente selon sa composition et elle ne peut pas être exprimée par une formule unique, valable pour tous les cas.

### 3<sup>o</sup> Détermination graphique des durées de parcours des trains

Le problème à résoudre est de déterminer la marche d'un train de composition connue remorqué par une locomotive donnée sur une section de ligne dont on connaît le tracé et le profil. La marche du train sera définie par une courbe dont les coordonnées sont les longueurs parcourues et les temps employés à les parcourir.

Les méthodes employées reposent sur la connaissance du diagramme donnant en fonction de la vitesse les efforts maximum à la jante de la locomotive, diagramme que l'on peut tracer par la méthode de Strahl indiquée plus haut.

En soustrayant des ordonnées de ce diagramme les résistances de la locomotive, puis celles du train en alignement et en palier, résistances déterminées par expérience ou calculées au moyen de formules applicables au matériel considéré, on obtient une courbe qui donne à l'échelle choisie la force disponible pour l'accélération aux différentes vitesses. Sur les sections en rampe ou en pente et sur celles en courbe, on mesurera la force d'accélération par rapport à un axe des abscisses relevé ou descendu, d'une quantité proportionnelle au poids du train entier multiplié par l'inclinaison ou par la résistance additionnelle due à la courbe, celle-ci produisant l'effet d'une rampe.

#### α. — Méthode de Müller (1).

La méthode consiste à diviser le parcours en périodes égales de courte durée et à rechercher pour chacune d'elles la vitesse finale, la vitesse moyenne et la longueur du trajet effectué. Supposons le train animé d'une vitesse  $V_1$  au début d'une période de durée  $\Delta t$ . Si la force d'accélération est constante et égale à  $D_1$  pendant cette période, l'accroissement de vitesse sera :

$$\Delta V = \frac{D_1}{M} \Delta t$$

$M$  étant la masse du train. Si, en outre, nous désignons par  $G$  le poids total du train en tonnes et si nous exprimons les vitesses en km. à l'heure, les temps en minutes et les forces  $D$  en kgs, nous aurons, en multipliant la masse par 1,07 pour tenir compte de l'inertie des pièces tournantes :

$$\begin{aligned} \Delta V &= \frac{D_1}{G} \cdot \Delta t \cdot \frac{9,81 \cdot 60 \cdot 3,6}{1000 \cdot 1,07} \\ &= \frac{D_1}{G} \cdot \Delta t \cdot 2. \end{aligned}$$

Lorsque l'on considérera une période égale à  $\frac{1^{\text{me}}}{n}$  de minute, l'accroissement de vitesse pendant cette période sera :

$$\Delta V = \frac{2 D_1}{n \cdot G} \quad (1)$$

Il se détermine graphiquement en traçant une droite inclinée joignant une origine  $O$  à un point  $A$  (fig. 9) dont l'ordonnée est  $nG$  et dont l'abscisse est une longueur  $V_u$  dépendant des échelles des forces  $D$  et des masses  $G$ . Le segment  $BC$  intercepté entre l'axe des  $y$  et cette droite inclinée  $OA$  sur une horizontale tracée à la hauteur  $D_1$  mesure le demi-accroissement de vitesse  $\frac{\Delta V}{2}$ .

On a, en effet, par les triangles semblables :

$$\frac{Bc}{V_u} = \frac{D_1}{n G} \quad \text{et} \quad BC = V_u \cdot \frac{D_1}{n G} = \frac{\Delta V}{2}.$$

(1) MÜLLER. Ein einheitliches zeichnerisches Verfahren zur Ermittlung der Fahrzeiten, der Zugförderungsarbeit, sowie des Kolen- und Stromverbrauches. Mayence, Edit. Prickaertz, 1920.



La force accélératrice  $D$  allant en décroissant quand la vitesse augmente, on peut tenir compte de sa variation de la manière suivante. Si  $m = \text{tg } \alpha$  désigne l'inclinaison de la ligne représentant  $D$ , la force accélératrice à la fin de la période aura diminué de  $m \Delta V$  et la force accélératrice moyenne pendant la période sera :

$$D_1 - \frac{1}{2} m \Delta V,$$

expression par laquelle on doit remplacer  $D_1$  dans l'équation (1).

On aura donc :

$$D_1 - \frac{1}{2} m \Delta V = \frac{1}{2} m \cdot G \cdot \Delta V,$$

d'où :

$$\Delta V = \frac{2 D_1}{n G + m}$$

Graphiquement, il suffira de tracer la ligne  $OA'$  en prenant  $n G + m$  pour ordonnée du point  $A'$ , ce qui donne la longueur  $BC'$  représentant le demi-accroissement de vitesse  $\frac{\Delta V}{2}$ .

La force  $D$  peut devenir négative, par exemple si l'on roule sur une rampe. La diminution de vitesse à partir de la vitesse  $V_1$  est alors donnée par :

$$\Delta V = \frac{2 D_1}{n G - m} \tag{3}$$

et c'est la ligne  $OA''$  qui devra être utilisée.

Cette recherche permet de tracer d'abord la courbe des temps et des vitesses.

En partant du démarrage, si les accroissements successifs de vitesses trouvés pour les différentes périodes sont  $\Delta V_1, \Delta V_2, \dots$ , les vitesses à la fin de chaque période seront :  $V_1 = \Delta V_1, V_2 = V_1 + \Delta V_2, \dots$  On porte sur l'axe des  $x$  (fig. 10) des longueurs proportionnelles à  $V_1, V_2, \dots$ , et par les points 1, 2, ..., ainsi obtenus, on trace des verticales ; celles-ci recouperont une série d'horizontales équidistantes, dont l'écartement représente la durée d'une période, par exemple une minute, en des points qui sont sur la courbe des temps et des vitesses.

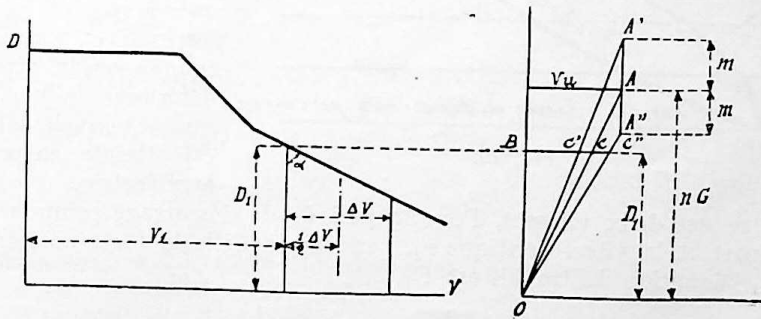


FIG. 9.

Pour trouver les chemins parcourus, on multiplie les vitesses moyennes par les temps. Les périodes considérées ayant toutes une même durée, les chemins parcourus pendant les différentes périodes sont proportionnels aux vitesses moyennes. Pour en faire la sommation, on trace une série de droites inclinées partant d'un pôle  $P$  placé à une distance choisie d'une horizontale sur laquelle sont reportées les vitesses

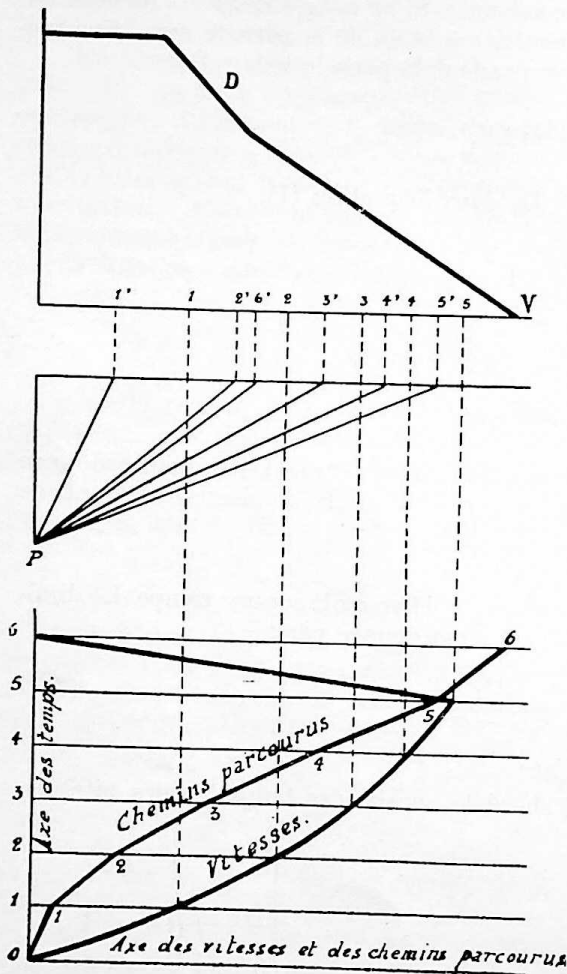


FIG. 10.

moyennes aux points 1', 2', 3', ... ; puis, à partir de l'origine des chemins parcourus, on trace des parallèles à ces droites qui recouperont les horizontales des temps en des points dont les abscisses mesurent les trajets effectués. La ligne brisée ainsi obtenue est le diagramme temps-chemins parcourus qui définit la marche du train. Dans la figure on a supposé que, pendant la 6<sup>e</sup> minute, la vitesse décroît uniformément jusqu'à l'arrêt.

Lorsque la ligne représentative de la force d'accélération D subit une modification brusque au cours d'une période, par exemple à cause d'un changement de profil, on reporte sur la ligne temps-chemins parcourus le point où se produit la modification et on limite la période à considérer à l'intervalle de temps indiqué par l'ordonnée de ce point.

β. — Méthode de Caesar (1).

La méthode consiste à diviser le trajet en sections suffisamment courtes pour pouvoir considérer la force d'accélération comme constante et à appliquer à chacune d'elles l'équation des forces vives. Partant d'un point quelconque où la vitesse est connue, on détermine le chemin parcouru lorsqu'une nouvelle vitesse qu'on se donne est atteinte, en prenant comme force accélératrice une moyenne applicable

entre ces deux vitesses. Pour la période de démarrage comprise entre le point de départ et la vitesse critique  $v_1$ , pendant laquelle la force accélératrice moyenne est  $P_1$ , l'équation du travail est :

$$P_1 \cdot l_1 = \frac{1}{2} m v_1^2.$$

On porte sur l'axe des  $x$  à gauche de l'origine (fig. 11) une longueur  $OP_1$  proportionnelle à  $P_1$  et sur l'axe des  $y$  une longueur  $OA_1$  proportionnelle à  $\sqrt{\frac{m}{2}} v_1$  ; la perpendiculaire élevée au point  $A_1$  sur la ligne  $P_1A_1$  coupe l'axe des  $x$  en un point  $C_1$  donnant  $OC_1 = l_1$ . Les vitesses étant exprimées en kilomètres à l'heure, on mettra  $\frac{V}{3,6}$  pour  $v_1$  ;

(1) Glaser's Annalen, 1<sup>er</sup> janvier 1922.

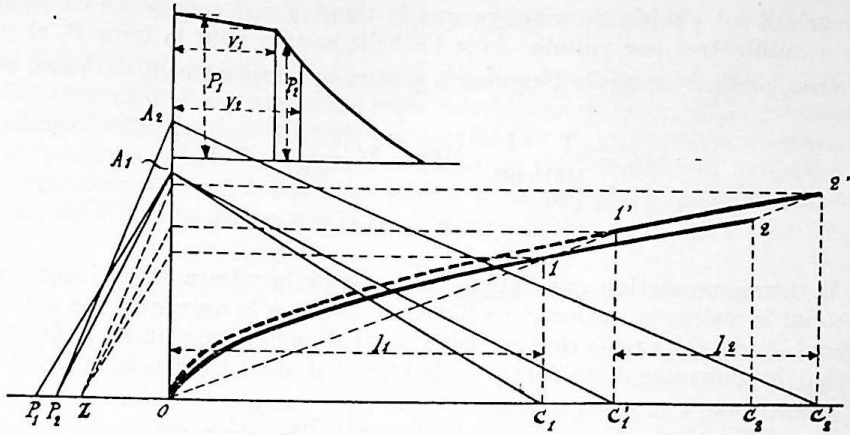


FIG. 11.

la masse  $m$  du train est égale à  $\frac{1000 G}{9,81}$ ,  $G$  étant le poids en tonnes. Si les échelles adoptées sont  $\frac{1}{100}$  m/m pour un kg. de force  $P_1$  et  $\frac{1}{10}$  m/m pour un mètre de longueur  $l_1$ , l'équation devient, en tenant compte de l'inertie des pièces tournantes au moyen du coefficient 1,07 :

$$\frac{P}{100} \cdot \frac{l}{10} = \frac{1,07 \cdot 1000 \cdot G}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(\frac{V}{3,6}\right)^2 \cdot \frac{1}{1000}$$

c'est-à-dire que la longueur  $OA_1$  à porter sur l'axe des  $y$  pour représenter  $\sqrt{\frac{m}{2}} v$  est donnée en millimètres par :

$$\sqrt{\frac{1,07 \cdot G}{2 \cdot 9,81 \cdot 3,6^2}} \cdot V = 0,0648 \cdot \sqrt{G} \cdot V.$$

Pour obtenir le temps  $t_1$  employé à parcourir le chemin  $l_1$ , on part de l'équation

$$l_1 = \frac{v_1}{j_1}$$

$j_1$  étant l'accélération égale à  $\frac{P_1}{m}$ . Cette équation peut s'écrire :

$$t_1 = \frac{v_1 \cdot m}{P_1} \quad \text{ou} \quad \frac{l_1}{\sqrt{2m}} = \frac{\sqrt{\frac{m}{2}} \cdot v_1}{P_1}$$

ce qui donne la construction suivante. A gauche de l'origine on porte  $OZ$  proportionnel à  $\sqrt{2m}$  et par le point  $Z$  on trace une parallèle à  $P_1A_1$  qui coupe l'axe des  $y$  à une hauteur  $OB_1$  représentant  $l_1$ . L'horizontale menée par  $B_1$  et la verticale menée par  $C_1$  déterminent le point 1 de la parabole correspondant au démarrage et dont l'équation est :

$$t^2 = \frac{2m}{P_1} \cdot l.$$

La longueur OZ est choisie de manière que le temps  $t$  soit représenté en minutes à raison de  $n$  millimètres par minute. Avec l'échelle admise pour la force  $P_1$  et pour la longueur  $OA_1$ , on trouve que la longueur à porter en remplacement de  $\sqrt{2m}$  est :

$$\begin{aligned} OZ &= \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{60} \cdot 1000 \cdot \sqrt{\frac{2,1,07}{9,81}} \cdot n \cdot \sqrt{G} \\ &= 0,0778 \cdot n \cdot \sqrt{G}. \end{aligned}$$

Pendant la deuxième section qui s'étend du point où la vitesse est  $v_1$  jusqu'au point où elle atteint la valeur  $v_2$ , la force accélératrice tombe à la valeur  $P_2$ . Le mouvement est représenté par une portion de parabole 1, 2 identique au tronçon 1', 2' de la courbe représentant le mouvement qu'aurait eu le train s'il avait eu depuis le début l'accélération

$j_2 = \frac{P_2}{m}$ . Le chemin parcouru  $l_2$  répond à l'équation :

$$P_2 \cdot l_2 = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2),$$

et s'obtient, comme le montre la figure, en élevant des perpendiculaires sur les obliques

$P_2A_2$  et  $P_2A_1$ , qui ont comme ordonnée à l'origine  $\sqrt{\frac{m}{2}} v_2$  et  $\sqrt{\frac{m}{2}} v_1$ ; on détermine

ainsi sur l'axe des  $x$  des longueurs  $\frac{m v_2^2}{2 P_2}$  et  $\frac{m v_1^2}{2 P_2}$  dont la différence est  $l_2$ . En menant

par le point Z des parallèles à  $P_2A_1$  et  $P_2A_2$ , on détermine sur l'axe des  $y$  les ordonnées des points 1' et 2'. L'accélération étant supposée constante sur le trajet  $OC_1$  comme sur le trajet  $OC_2$ , et la vitesse finale étant  $v_1$  pour l'un comme pour l'autre, on a même vitesse moyenne pour ces deux trajets, c'est-à-dire que les points O, 1, 1' sont en ligne droite; pour trouver la position du point 2, il suffit de déplacer la parabole 1'2' de la quantité 11' suivant la direction OI.

On trouverait de même le chemin parcouru  $l_3$  entre deux vitesses  $v_2$  et  $v_3$ .

Au lieu de choisir la vitesse finale d'une section et de chercher le chemin parcouru, on peut avoir à résoudre le problème inverse. Le cas se présente aux points où le profil change d'inclinaison; la force accélératrice prenant alors une autre valeur, il faut limiter à ces points les parcours effectués avec une accélération constante. Le trajet  $C_1C_2$ , par exemple, étant donné, et le point  $C'_1$  étant connu par le triangle rectangle  $P_2A_1C'_1$ , on fait  $C'_1C'_2 = C_1C_2$  et l'on cherche le point  $A_2$  qui soit le sommet du triangle rectangle  $P_2A_2C'_2$ . Il suffit de mesurer  $OA_2$  à l'échelle employée pour  $OA_1$  pour obtenir  $V_2$ .

Pendant les parcours sans vapeur sur voie de niveau ou en rampe, les ralentissements et les freinages pour arrêt, la force accélératrice devient négative; mais on peut encore trouver la longueur du trajet effectué entre deux vitesses  $V_n$  et  $V_{n+1}$ , celle-ci plus petite que celle-là, en portant la force retardatrice  $P$  à gauche de l'origine et en construisant les deux triangles rectangles relatifs à ces deux vitesses. Seulement, le segment de parabole qui joint les deux points correspondants doit être parcouru de droite à gauche, c'est-à-dire qu'il faut lui faire subir une rotation de  $180^\circ$  pour la transporter ensuite à l'extrémité de la courbe représentant les parcours précédents.





## III. — CHOIX DU REMORQUEUR (1)

On peut, en les considérant du point de vue des formes et des dimensions par lesquelles elles s'adaptent aux différentes conditions du service de la traction des trains, classer les locomotives en quatre catégories : 1<sup>o</sup> les locomotives à grande vitesse ; 2<sup>o</sup> les locomotives mixtes et à marchandises ; 3<sup>o</sup> les locomotives articulées ; 4<sup>o</sup> les locomotives-tenders. A côté des locomotives prennent place, pour le transport des voyageurs, les voitures automotrices.

1<sup>o</sup> Locomotives à grande vitesse

Les locomotives à grande vitesse sont destinées à la remorque, sur des lignes dont les déclivités ne dépassent pas en général 5 millimètres, mais atteignent jusque 10 millimètres, de trains de voyageurs dont la charge varie de 250 à 450 tonnes (s'élève jusqu'à 600 tonnes en Amérique) et dont la vitesse moyenne est comprise entre 90 et 100 kilomètres à l'heure. Ces locomotives sont à deux ou trois essieux accouplés et ont des roues motrices dont le diamètre varie entre 1<sup>m</sup>,980 et 2<sup>m</sup>,100 ; elles ont un bogie à l'avant et celles construites dans ces dernières années sont ou à vapeur surchauffée, 2 ou 4 cylindres, expansion simple, ou compound, 4 cylindres, vapeur saturée ou surchauffée. Les types les plus appliqués sont les types 2-B, 2-B-1, 2-C et 2-C-1 et l'on peut dire que, de ces quatre variétés de machines, celles qui tendent à prédominer sont les locomotives 2-C et 2-C-1 en Europe et les 2-B-1 et 2-C-1 aux Etats-Unis.

**Type 2-B (American).** — Ce type ne se rencontre plus guère dans les effectifs des compagnies américaines et ne se maintient réellement en Europe qu'en Angleterre et en Prusse (2). Dans ces deux derniers pays, ces machines sont en général à deux cylindres, expansion simple, toujours à vapeur surchauffée (12 atmosphères) en Prusse et de plus en plus à vapeur surchauffée (12 atmosphères) en Angleterre. La surface de grille ne dépasse guère 2<sup>m</sup>2,50 et le poids adhérent, qui varie de 36 à 38 tonnes sur les compagnies anglaises (pour un poids total de 55 à 70 tonnes), ne s'élève qu'à 33,37 tonnes (poids total 59,20 tonnes) à l'Etat prussien.

Grâce à la qualité toute spéciale du combustible dont elles sont alimentées et la valeur très élevée de leur poids adhérent, les locomotives 2-B anglaises remorquent de 230 à 270 tonnes aux vitesses de 100 kilomètres à l'heure en palier et de 65 kilomètres en rampe de 10. La puissance des locomotives prussiennes est moindre : à la vitesse de 90 kilomètres, en palier, elles développent 673 chevaux au crochet de traction du tender.

Les compagnies françaises, bien qu'ayant renoncé au type, ont encore en service un assez grand nombre de locomotives 2-B, qu'elles utilisent à la remorque des trains express dont la charge ne dépasse pas 250 tonnes et la vitesse moyenne, 90 kilomètres. Leurs machines, timbrées à 16 kgs, sont compound, vapeur saturée, avec une surface de grille variant de 2<sup>m</sup>2,40 à 2<sup>m</sup>2,52 et un poids adhérent de 32 à 34 tonnes, pour un poids total en service de 51,3 à 58,3 tonnes.

(1) VALENZIANI. Les locomotives à vapeur à l'Exposition internationale de Bruxelles, 1910.

HAMMER. Die Entwicklung des Lokomotiv-Parkes bei den preussisch-hessischen Staats-Eisenbahnen.

Id., Neuerungen an Lokomotiven der preussisch-hessischen Staats-Eisenbahnen.

METZELTIN. Die Lokomotiven auf der Weltausstellung in Brussel, 1910.

HERDNER. Les locomotives à l'Exposition de Liège, 1905.

(2) L'Etat prussien, qui possédait, en 1911, 4735 locomotives du type 2-B, a décidé en 1914 de ne plus en commander.

*Locomotives 2-B. — Caractéristiques principales*

	<i>Great Western</i>	<i>Etat prussien (S<sub>6</sub>)</i>
Surface de grille .....	1 m <sup>2</sup> ,90	2 m <sup>2</sup> ,305
Surface de chauffe .....	183 m <sup>2</sup> ,00	177 m <sup>2</sup> ,80
Timbre de la chaudière .....	13 kgs (vap. sat.)	12 kgs (vap. surch.)
Diamètre des roues motrices .....	2 m,040	2 m,100
Diamètre des cylindres .....	0 m,457	0 m,550
Course des pistons .....	0 m,760	0 m,630
Poids adhérent .....	35,00 t.	33,37 t.
Poids total en service .....	56,40 t.	59,20 t.

**Type 2-B-1 (Atlantic).** — La locomotive « Atlantic » se différencie essentiellement de l'Américain par la puissance plus grande de sa chaudière, dont la surface de grille varie de 2 m<sup>2</sup>,74 à 3 m<sup>2</sup>,87, en Europe, et atteint jusque 5 mètres carrés aux Etats-Unis ; le moteur est généralement à 4 cylindres, compound en Europe et à 2 cylindres, expansion simple, en Amérique.

L'application du type ne se justifie rigoureusement que dans les exploitations (chemins de fer américains, anglais et belges), qui admettent un taux élevé pour la charge des essieux (25 à 26 tonnes et même 32 tonnes aux Etats-Unis, 19 et 20 tonnes en Belgique et en Angleterre). Sur les autres réseaux, la valeur limitée du poids adhérent n'est pas en rapport avec la capacité de vaporisation d'une chaudière ayant plus de 3 mètres carrés de surface de grillo, de telle sorte qu'aux trains lourds, ayant une charge proportionnée à la puissance du générateur, les démarrages sont difficiles et les mises en vitesse peu rapides.

Les locomotives 2-B-1, qui tendent à disparaître des effectifs des exploitations de l'Europe, se maintiennent aux Etats-Unis où leur poids adhérent de 42 à 52 tonnes leur permet de remorquer des charges aussi importantes que la plupart des locomotives européennes à 3 essieux accouplés, tout en leur laissant les avantages d'une locomotive à deux essieux accouplés et à foyer débordant.

*Locomotives 2-B-1. — Caractéristiques principales*

	Compagnie d'Orléans	Cleveland, Cincinnati, Chicago and St. Louis
Surface de grille .....	3 m <sup>2</sup> ,10	4 m <sup>2</sup> ,25
Surface de chauffe .....	239 m <sup>2</sup> ,40	294 m <sup>2</sup> ,00
Timbre de la chaudière (vapeur saturée) ..	16 kgs	14 kgs
Diamètre des roues motrices .....	2 m,000	2 m,007
Diamètres des 2 cylindres HP. ....	0 m,360	0 m,521
» » BP. ....	0 m,600	—
Course des pistons .....	0 m,640	0 m,660
Poids adhérent .....	35,60 t.	45,30 t.
Poids total .....	72,90 t.	83,50 t.

Les machines du type 2-B-1 des Compagnies françaises ont des surfaces de grille variant de 2<sup>m</sup>2,74 à 3<sup>m</sup>2,25 et un poids adhérent de 33 à 36 tonnes, pour un poids total de 66,5 à 72 tonnes. Sur la Compagnie du Nord, elles remorquent en rampe de 5 m/m des trains de 200 tonnes à la vitesse de 100 kilomètres et des trains de 340 tonnes à la vitesse de 90 kilomètres. Celles de la Compagnie de Paris-Orléans remorquent, en palier, des trains de 300 à 350 tonnes, à la vitesse moyenne de 95 kilomètres, développant un travail indiqué de 1896 chevaux sur les pistons, de 1300 HP à la jante et de 760 HP au crochet de traction du tender.

**Type 2-C (Ten Wheel).** — L'augmentation de la charge des trains à grande vitesse et la nécessité de réaliser une grande accélération au démarrage amènent les exploitations européennes à abandonner de plus en plus les types de locomotives à deux essieux accouplés pour adopter ceux à trois essieux. Cette tendance rencontre d'autant moins de résistance que l'expérience démontre que l'accouplement de trois essieux n'est pas un obstacle aux vitesses de 100 et de 110 kilomètres et que les vitesses de régime de 120 kilomètres ne sont pas recommandables tant au point de vue de la sécurité (respect des signaux, action des freins) qu'à celui de l'économie.

Les locomotives 2-C se construisent en Europe avec des surfaces de grille variant de 2<sup>m</sup>2,40 à 2<sup>m</sup>2,71 en Angleterre et de 2<sup>m</sup>2,50 à 3<sup>m</sup>2,16 en France ; la plupart de celles mises en service dans ces dernières années sont à surchauffe. En général, elles sont à 4 cylindres, compound, en France, et à 2 cylindres, expansion simple, en Angleterre ; leur poids adhérent varie de 46 à 53 tonnes (poids total : 65 à 78 tonnes) sur les réseaux français, et de 52 à 56 tonnes (poids total 67,5 à 76,8 tonnes) sur les compagnies anglaises. Le diamètre des roues motrices est compris entre 1<sup>m</sup>,980 et 2<sup>m</sup>,090. Elles remorquent des trains de 350 tonnes à des vitesses de 80 à 90 kilomètres.

L'Etat prussien utilise pour la remorque de ses trains express lourds deux catégories de machines 2-C, toutes les deux à quatre cylindres et à vapeur surchauffée, l'une compound et l'autre à simple expansion. L'Etat belge a également une Ten-Wheel à quatre cylindres, expansion simple, vapeur surchauffée, et une autre, plus récente, compound à vapeur surchauffée. Celle-ci peut remorquer des trains de 450 tonnes à la vitesse de 100 kilomètres à l'heure sur ligne de niveau et à la vitesse de 70 kilomètres sur rampe de 5 m/m.

*Locomotives 2-C. — Caractéristiques principales*

	2 cyl. exp. simple (Caledonian)	4 cyl. exp. simple (Etat belge)	4 cyl. compound (Etat belge)	4 cyl. compound (C <sup>ie</sup> de l'Est)
Surface de grille .....	2 <sup>m</sup> 2,46	3 <sup>m</sup> 2,18	3 <sup>m</sup> 08	3 <sup>m</sup> 2,16
Surface de chauffe .....	224 <sup>m</sup> 2,00	192 <sup>m</sup> 2,10	159 <sup>m</sup> 2,96	158 <sup>m</sup> 2,86
Timbre de la chaudière .....	14,25 kgs (vap. sat.)	14,00 kgs (vap. surch.)	16,00 kgs (vap. surch.)	16,00 kgs (vap. surch.)
Diamètre des roues motrices ...	1 <sup>m</sup> 980	1 <sup>m</sup> ,980	1 <sup>m</sup> ,800	2 <sup>m</sup> 090
Diamètre des cylindres HP. ....	530 m/m	445 m/m	400 m/m	390 m/m
» » BP. ....	—	—	600 m/m	590 m/m
Course des pistons .....	640 m/m	640 m/m	640 m/m	680 m/m
Poids adhérent .....	55,2 t.	53,3 t.	59,7 t.	53,11 t.
Poids total .....	73,3 t.	81,3 t.	83,5 t.	77,95 t.

**Type 2-C-1 (Pacific).** — Le type 2-C ne peut se construire qu'avec un foyer étroit descendant entre les longerons et limitant la surface de grille à un peu plus de 3 mètres carrés. Pour cette raison, il est abandonné aux Etats-Unis, où l'on adopte couramment pour les express lourds le type 2-C-1 qui comporte un foyer débordant avec une grille dont la surface peut atteindre jusque 6 mètres carrés. La locomotive « Pacific » prend également une place de plus en plus importante dans les pays des réseaux européens, surtout dans les exploitations qui ont à remorquer des trains express lourds (400 tonnes) sur des lignes présentant des rampes continues jusque 10 m/m par mètre. Avec ces profils le type 2-C-1 présente cet avantage qu'il permet de conserver, de bout en bout de la ligne, la même machine avec la même charge et de rouler à 100 et 90 kilomètres sur les sections de niveau et de faible inclinaison et à 60 kilomètres sur les rampes de 1:100.

Presque toutes les « Pacific » construites dans ces dernières années sur le continent européen sont à vapeur surchauffée et à 4 cylindres, compound ou expansion simple (1). La surface de grille varie de 4 à 5 mètres carrés et le poids adhérent de 48 à 57 tonnes (pour un poids total de 86,4 à 102 tonnes). Le diamètre des roues motrices est compris entre 1 m,870 et 2 mètres.

#### Caractéristiques principales

	4 cyl. compound (Etat bavarois)	4 cyl. compound (Paris-Lyon)	2 cyl. exp. simple (Baltimore a. Ohio)
Surface de grille .....	4 m <sup>2</sup> ,50	4 m <sup>2</sup> ,25	5 m <sup>2</sup> ,30
Surface de chauffe .....	268 m <sup>2</sup> ,40	289 m <sup>2</sup> ,94	299 m <sup>2</sup> ,00
Timbre de la chaudière ....	15 k. (vap. surch.)	16 k. (vap. surch.)	16 k. (vap. sat.)
Diamètre des roues motrices	1 m,870	2 m,00	1 m,880
Diamètre des cylindres HP.	0 m,425	0 m,420	0 m,559
» » BP.	0 m,650	0 m,620	—
Course des pistons .....	0 m,610/0 m,670	0 m,650	0 m,711
Poids adhérent .....	48,00 t.	55,50 t.	68,20 t.
Poids total .....	86,50 t.	93,34 t.	104,0 t.

La locomotive de l'Etat bavarois remorque des trains de 400 tonnes aux vitesses de 120 kilomètres sur les lignes de niveau, de 92 à 95 kilomètres sur des rampes de 5 ‰ et de 64 à 70 kilomètres sur des rampes de 11 ‰. Dans des voyages d'essai, celle du P. L. M. a remorqué, en rampe continue de 8 ‰, un train de 278 tonnes, à la vitesse de 105 kilomètres et un train de 487 tonnes, à la vitesse de 94 kilomètres. Pendant la remorque du train de 278 tonnes, elle a développé dans les cylindres une puissance moyenne de 1954 chevaux, pour 1024 HP absorbés au crochet du tender.

## 2° Locomotives mixtes et à marchandises

### A) LOCOMOTIVES MIXTES

Sur la plupart des réseaux, les locomotives à grande vitesse sont utilisées indifféremment à la remorque des trains express et des trains de voyageurs sur les lignes à profil facile ; la plupart disposent, de même, d'un type unique de machines pour le service des trains de voyageurs lourds et à arrêts fréquents, sur profils accidentés

(1) Quelques réseaux français ont mis en service récemment des Pacific à deux cylindres.



et celui des trains de marchandises à marche accélérée. Ces machines sont en général du type « Ten Wheel » (2-C) ; quelques exploitations utilisent le type « Prairie » (1-C-1) ou le type « Mogul » (1-C), dont elles conjuguent, le plus souvent, l'essieu porteur avec le premier essieu moteur par un balancier Krauss-Helmholtz ou un des dispositifs dérivés de celui-ci.

Les locomotives mixtes ont des chaudières presque aussi puissantes que les machines 2-C à grande vitesse (grille de 2<sup>m</sup>2,50 en moyenne) ; elles sont à 4 cylindres compound, en France, et à 2 cylindres, expansion simple, vapeur surchauffée en Prusse. Le diamètre de leurs roues motrices, plus petit que celui des machines à grande vitesse, ne dépasse guère 1<sup>m</sup>,750 et leur poids adhérent est d'environ 48 tonnes, pour un poids total de 68 tonnes. Elles remorquent, sur des lignes comportant des rampes de 5 à 6 m/m, des trains de 350 tonnes, à la vitesse de 70 kilomètres.

### Caractéristiques principales

	Locomotive 1-C 2 cylindres, exp. simple (Etat prussien (P <sub>6</sub> ))	Locomotive 2-C 4 cylindres compound (Compagnie de l'Est)
Surface de grille .....	2 <sup>m</sup> 2,25	2 <sup>m</sup> 2,57
Surface de chauffe .....	177 <sup>m</sup> 2,43	200 <sup>m</sup> 2,26
Timbre de la chaudière .....	12 kgs (vap. surch.)	16 kgs (vap. sat.)
Diamètre des roues motrices .....	1 <sup>m</sup> ,600	1 <sup>m</sup> ,750
Diamètre des cylindres HP.....	0 <sup>m</sup> ,540	0 <sup>m</sup> ,350
» » BP.....	—	0 <sup>m</sup> ,550
Course des pistons .....	0 <sup>m</sup> ,630	0 <sup>m</sup> ,640
Poids adhérent .....	44,29 t.	49,46 t.
Poids total .....	57,50 t.	69,61 t.

### B) LOCOMOTIVES A MARCHANDISES

Dans le service des marchandises, le problème de la traction s'est modifié dans le même sens que dans celui des voyageurs : la charge et la vitesse des trains sont allées en augmentant. Les trains lourds présentent l'avantage d'abaisser le prix de revient de la tonne transportée ; des trains plus rapides augmentent le coefficient d'utilisation de la ligne et rendent possible le transport de denrées périssables.

Cette modification des données du problème a eu pour conséquences : 1<sup>o</sup> l'abandon du type de machines à 3 essieux accouplés pour l'adoption de locomotives à 4 et à 5 essieux moteurs ; 2<sup>o</sup> l'agrandissement du diamètre des roues, qui de 1<sup>m</sup>,30 et 1<sup>m</sup>,35 qu'il était autrefois, est porté aujourd'hui jusqu'à 1<sup>m</sup>,50 en Europe et 1<sup>m</sup>,60 aux Etats-Unis ; 3<sup>o</sup> l'adjonction, à l'avant de la machine, d'un bissel ou même d'un bogie, pour faciliter le passage en courbe et ménager la superstructure de la voie et des ouvrages d'art, justifiée aussi par l'augmentation de la capacité de la chaudière.

#### a) Locomotives à marchandises à quatre essieux accouplés.

**Types D (à adhérence totale) et type 1-D (Consolidation).** — Ces machines se construisent en Europe avec des surfaces de grille de 2<sup>m</sup>2,40 à 3<sup>m</sup>2,50 (un des types Consolidation de l'Etat belge a une grille de 3<sup>m</sup>2,73), des roues motrices de 1<sup>m</sup>,350 à 1<sup>m</sup>,550 et un poids adhérent de 56 à 75 tonnes. Elles sont à quatre cylindres compound, vapeur saturée, ou le plus souvent surchauffée, ou à deux cylindres, expan-

sion simple, vapeur surchauffée. Généralement, deux des essieux moteurs, ordinairement le deuxième et le quatrième, sont susceptibles d'un déplacement de 20 à 25 m/m.

Lorsque le foyer descend entre les longerons, on ne peut guère donner à la grille plus d'un mètre de largeur et sa surface ne peut pas dépasser beaucoup 3 mètres carrés (3m<sup>2</sup>,26 pour l'un des types de l'Etat belge). Pour donner à la grille plus de développement, il faut placer le foyer au-dessus de l'essieu arrière, mais alors on ne peut avoir qu'un foyer de faible profondeur.

*Locomotives 1-D. — Caractéristiques générales*

	2 cyl. exp. simple (Greatcent.)	4 cyl. compound (C. du Nord)	4 cyl. compound (Etat belge)	2 cyl. exp. simple (Etat belge)		2 cyl. exp. simple (Lac Erie)
Surface de grille . . . . .	2 m <sup>2</sup> ,41	3 m <sup>2</sup> ,22	3 m <sup>2</sup> ,24	3 m <sup>2</sup> ,26	3, m <sup>2</sup> 73	5 m <sup>2</sup> ,25
Surface de chauffe . . . . .	185 m <sup>2</sup> ,59	257 m <sup>2</sup> ,98	179 m <sup>2</sup> ,30	178 m <sup>2</sup> ,73	169 m <sup>2</sup> ,70	350 m <sup>2</sup> ,00
Timbre de la chaudière . .	12,66 kgs	16,00 kgs	16,00 kgs	14,00 kgs		14,00 kgs
	vap. surch.	vap. surch.	vap. surch.	vap. surch.		vap. surch.
Diamètre des roues mot... .	1 m,397	1 m,550	1,520 m	1 m,520		1 m,600
Diam. des cyl. HP. . . . .	533 m/m	420 m/m	420 m/m	610 m/m		585 m/m
» BP. . . . .	—	570 m/m	600 m/m	—		—
Course des pistons. . . . .	660 m/m	640/700	660 m/m	711 m/m		813 m/m
Poids adhérent . . . . .	67,6 t.	72,2 t.	75,5 t.	77,8 t.	75,2 t.	100 t.
Poids total . . . . .	73,7 t.	83,3 t.	85,0 t.	82,5 t.	76,6 t.	111,5 t.

Dans ses voyages d'essai, la « Consolidation » de la Compagnie du Nord a remorqué un train de 972 tonnes à la vitesse de 25 kilomètres à l'heure en rampe continue de 8 m/m (effort de traction de 8100 kgs) et à la vitesse de 42 kilomètres en rampe de 5 m/m (effort de traction 7500 kgs).

La machine à deux cylindres de l'Etat belge peut remorquer un train de 1000 tonnes en rampe de 5 m/m à la vitesse de 36 kilomètres en fournissant un effort de traction de 9000 kgs.

**Type 1-D-1 (Mikado).** — Les Américains, qui font rouler leurs trains de marchandises à de grandes vitesses et qui donnent aux roues motrices de leurs locomotives des diamètres allant jusque 1m,65, ont apporté au type « Consolidation » la même transformation que celle qu'ils ont appliquée à la « Ten Wheel » (2-C) pour en faire une « Pacific » (2-C-1) : ils ont ajouté un essieu porteur à l'arrière et reporté tout le groupe d'essieux moteurs à l'avant du foyer. Par là, ils ont augmenté notablement la puissance de la chaudière ; la surface de la grille a pu être agrandie, le foyer rendu plus profond et le faisceau tubulaire allongé. A adhérence égale, la locomotive est devenue capable de plus de vitesse et il a été possible de lui donner un plus grand poids adhérent.

Le type a été introduit en Europe par la Compagnie de Paris-Lyon, pour remorquer, sur la ligne de Paris-Marseille, des trains de 1300 tonnes à la vitesse de 45 kilomètres <sup>(1)</sup>.

(1) La locomotive du type « Consolidation » utilisée précédemment ne remorquait que 1177 tonnes à la vitesse de 36 kilomètres.

*Caractéristiques principales*

	4 cyl. compound (Compagnie du P. L. M.)	2 cyl. expansion simple (Erie Railroad)
Surface de grille .....	4, m <sup>2</sup> ,25	6 m <sup>2</sup> ,50
Surface de chauffe .....	289 m <sup>2</sup> ,71	480 m <sup>2</sup> ,00
Timbre de la chaudière .....	16 kgs (vap. surch.)	12 kgs (vap. surch.)
Diamètre des roues motrices ...	1 m,650	1 m,600
Diamètre des cylindres HP. ....	0 m,510	0 m,711
»           »           BP. ....	0 m,720	—
Course des pistons .....	0 m,650/0 m,700	0 m,813
Poids adhérent .....	69,5 t.	107 t.
Poids total .....	93,33 t.	146 t.

*b) Locomotives à marchandises à cinq essieux accouplés.*

Les locomotives à cinq essieux accouplés sont du type E (adhérence totale) ou du type 1-E (Decapod). La surface de grille de celles construites en Europe varie de 3 m<sup>2</sup>,20 à 4 m<sup>2</sup>,50 et le poids adhérent de 66 à 87 tonnes. Le diamètre des roues motrices est en général de 1 m,350 et est compris entre 1 m,300 et 1 m,450. Le moteur comporte ou deux cylindres, expansion simple, vapeur surchauffée, ou quatre cylindres, généralement compound, vapeur surchauffée. Le passage dans les courbes de petit rayon est facilité par un jeu transversal donné à deux des essieux moteurs et l'amincissement ou la suppression des boudins des roues d'un troisième. Ces machines sont principalement affectées à la remorque de trains de marchandises lourds sur des lignes à fortes déclivités.

*Caractéristiques principales*

	4 cylindres compound (Compagnie du Nord)	4 cyl. expansion simple (Etat belge)
Surface de grille .....	3 m <sup>2</sup> ,22	5 m <sup>2</sup> ,10
Surface de chauffe .....	313 m <sup>2</sup> ,88	300 m <sup>2</sup> ,95
Timbre de la chaudière .....	16 kgs (vap. surch.)	14 kgs (vap. surch.)
Diamètre des roues motrices ...	1 m,550	1 m,450
Diamètre des cylindres HP. ....	0 m,490	0 m,500
»           »           BP. ....	0 m,680	—
Course des pistons .....	0 m,640/0 m,700	0 m,660
Poids adhérent .....	88,37 t.	87,80 t.
Poids total .....	99,02 t.	104,20 t.

La locomotive de la Compagnie du Nord remorque des trains de 950 tonnes en rampe de 13 mm, à une vitesse de 15 à 20 kilomètres.

**3<sup>o</sup> Locomotives articulées**

Les locomotives articulées, qui avaient reçu quelques applications en Europe, soit d'après le système Mallet, soit d'après le système Hagans, n'y sont plus guère utilisées depuis que le dispositif Gölsdorf (déplacement transversal des essieux moteurs)

permet de construire des machines à 4, 5 et même 6 essieux parallèles, franchissant avec aisance les courbes de petit rayon.

Il n'en est pas de même aux Etats-Unis, où la préoccupation de réduire le prix de transport des marchandises par la mise en marche de trains très lourds faisant de longs parcours directs, a conduit à la vulgarisation du système Mallet, c'est-à-dire d'un type de locomotive pouvant avoir jusque dix essieux moteurs avec des roues de 1<sup>m</sup>,45 et développer 2500 chevaux sur les pistons. Aussi, les locomotives Mallet n'y sont-elles pas uniquement réservées au service de traction et d'allège sur les lignes à fortes rampes et à courbes de petit rayon (sur les Cascades Range, des rampes de 25 ‰ avec des courbes de 175 mètres de rayon), mais sont-elles appliquées dans le service normal des trains de marchandises. L'Atchison, Topeka and Santa Fé RR<sup>d</sup> les emploie d'une manière exclusive pour ses services de marchandises sur la grande ligne de Chicago-San-Francisco (3540 kilomètres) ; la traction des trains de 2200 tonnes de bout en bout de la ligne s'opère par des locomotives de 1C + C1 sur les sections à profil facile, de 1D + D1 sur les sections plus accidentées et de 1E + E1 sur les parties en montagne.

Les types de locomotives Mallet appliqués aux Etats-Unis sont les suivants : 1B + B1, 2B + C1, C + C, 1C + C1, 1C + D, D + D, 1D + D, 1D + D1, 1E + E1.

#### Caractéristiques principales

	<i>Ballimore Ohio C + C</i>	<i>Great Northern 1C + C1</i>	<i>Eric D + D</i>	<i>Ballimore Ohio D + D</i>	<i>Atchison Topeka 1E + E1</i>
Surface de grille . . . . .	6 <sup>m</sup> 2,70	7 <sup>m</sup> 2,25	9 <sup>m</sup> 2,30	9 <sup>m</sup> 2,29	7 <sup>m</sup> 2,61
Surface de chauffe . . . .	518 <sup>m</sup> 2,85	363 <sup>m</sup> 2,25	494 <sup>m</sup> 2,20	514 <sup>m</sup> 2,00	364 <sup>m</sup> 2,50
Timbre de la chaudière.	16,60 kgs	15,00 kgs	15,25 kgs	14,90 kgs	16,00 kgs
Diam. des roues motr. . .	1 <sup>m</sup> ,423	1 <sup>m</sup> ,397	1 <sup>m</sup> ,295	1 <sup>m</sup> ,423	1 <sup>m</sup> ,448
Diam. des cylind. HP. . . .	0 <sup>m</sup> ,508	0 <sup>m</sup> ,547	0 <sup>m</sup> ,635	0 <sup>m</sup> ,660	0 <sup>m</sup> ,711
» BP. . . . .	0 <sup>m</sup> ,813	0 <sup>m</sup> ,838	0 <sup>m</sup> ,991	1 <sup>m</sup> ,041	0 <sup>m</sup> ,965
Course des pistons . . . .	0 <sup>m</sup> ,813	0 <sup>m</sup> ,813	0 <sup>m</sup> ,711	0 <sup>m</sup> ,813	0 <sup>m</sup> ,813
Poids adhérent . . . . .	151,7 t.	143,3 t.	185,3 t.	209,0 t.	249,0 t.
Poids total . . . . .	151,7 t.	161,0 t.	185,3 t.	209,0 t.	279,0 t.
Effort de traction . . . . .	27.000 kgs	29.000 kgs	37.000 kgs	46.000 kgs	50.000 kgs

#### 4° Locomotives-tenders

Les locomotives-tenders sont essentiellement employées au service des trains de voyageurs de banlieue des grandes villes et aux manœuvres de gare ; elles sont utilisées également, tant au service des marchandises qu'au service des voyageurs, sur les lignes d'embranchement et, dans certains cas, sur la grande ligne (par exemple, en Belgique, la ligne de Bruxelles à Anvers).

##### A) LOCOMOTIVES-TENDERS POUR TRAINS DE BANLIEUE

Les trains de banlieue des grandes villes sont généralement très chargés et doivent réaliser une vitesse moyenne assez élevée malgré des arrêts fréquents. Les machines affectées à leur remorque doivent avoir une grande puissance de démarrage et permettre d'obtenir des accélérations rapides. Elles se construisent le plus souvent à trois ou



à quatre essieux accouplés, les premières principalement pour les services de grande, les secondes pour le service de petite banlieue ; toutes sont munies d'un ou de deux bogies ou bissels pour leur assurer une bonne stabilité et leur permettre d'attaquer les courbes dans de bonnes conditions. Les types les plus répandus sont, du côté des machines de grande banlieue, les types 1-C-1, 2-C-2 et C-1 ; du côté des machines de petite banlieue, les types 1-D-1 et D-1. Afin d'obtenir une grande simplicité de construction, d'entretien et de conduite, on adopte généralement la simple expansion, qui est souvent combinée avec la surchauffe dans les machines de construction récente. Le diamètre des roues motrices varie de 1<sup>m</sup>,55 à 1<sup>m</sup>,75 ; l'importance des approvisionnements est en moyenne de 7<sup>m</sup>3,5 d'eau et 3,5 tonnes de charbon.

*Caractéristiques principales*

	<i>Great Western</i> 1-C-1	<i>Paris-Lyon</i> 2-C-2	<i>Comp. de l'Est</i> 1-D-1	<i>Great Northern</i> D-1
Surface de grille .....	2 <sup>m</sup> 2,00	2 <sup>m</sup> 2,48	2 <sup>m</sup> 2,42	1 <sup>m</sup> ,70 <sup>2</sup>
Surface de chauffe .....	150 <sup>m</sup> 2,00	189 <sup>m</sup> 2,51	163 <sup>m</sup> 2,65	116 <sup>m</sup> 2,10
Timbre de la chaudière .....	14,20 kgs (sat.)	16,00 kgs (sat.)	12,00 kgs (surch.)	12,40 kgs (sat.)
Diamètre des roues motrices ...	1 <sup>m</sup> ,730	1 <sup>m</sup> ,650	1 <sup>m</sup> ,580	1 <sup>m</sup> ,410
Diamètre des cylindres HP. ....	0 <sup>m</sup> ,450	0 <sup>m</sup> ,355	0 <sup>m</sup> ,550	0 <sup>m</sup> ,500
» » BP. ....	—	0 <sup>m</sup> ,565	—	—
Course des pistons .....	0 <sup>m</sup> ,750	0 <sup>m</sup> ,650	0 <sup>m</sup> ,660	0 <sup>m</sup> ,650
Poids adhérent .....	50,00 t.	49,50 t.	58,55 t.	58,30 t.
Poids total .....	75,50 t.	94,10 t.	87,54 t.	70,30 t.

B) LOCOMOTIVES-TENDERS POUR LA GRANDE LIGNE ET LES LIGNES D'EMBRANCHEMENT

a) **Locomotives à voyageurs.** — Quelques compagnies anglaises remorquent, sur certaines de leurs grandes lignes, des trains de voyageurs omnibus et express par des locomotives-tenders, auxquelles elles attribuent l'avantage d'être d'un prix moins

*Caractéristiques principales*

	<i>London-Brighton a. S. C.</i> 2-B-1	<i>Great Central Ry</i> 2-C-1
Surface de grille .....	2 <sup>m</sup> 2,23	1 <sup>m</sup> 2,95
Surface de chauffe .....	118 <sup>m</sup> 2,99	153 <sup>m</sup> 2,19
Timbre de la chaudière .....	11,23 kgs (vap. surch.)	12 ks, 66 (vap. sat.)
Diamètre des roues motrices .....	2 <sup>m</sup> ,057	1 <sup>m</sup> ,702
Diamètre des cylindres .....	0 <sup>m</sup> ,533	0 <sup>m</sup> ,508
Course des pistons .....	0 <sup>m</sup> ,660	0 <sup>m</sup> ,660
Poids adhérent .....	38,00 t.	54,90 t.
Poids total .....	74,00 t.	87,40 t.
Approvisionnement d'eau .....	9 <sup>m</sup> 3,500	10 <sup>m</sup> 3,260
Approvisionnement de charbon ...	3,00 t.	4,50 t.

élevé, de coûter moins cher de réparation et d'entretien, d'être moins encombrantes et d'une maniabilité plus grande et de réduire le poids mort remorqué. Ces locomotives sont du type Atlantic (2-B-1) ou du type Pacific (2-C-1) ; le moteur est à deux cylindres, expansion simple, vapeur saturée ou surchauffée et actionne des roues dont le diamètre varie de 1<sup>m</sup>,702 à 2<sup>m</sup>,057.

b) **Locomotives à marchandises.** — Presque toutes les locomotives-tenders construites dans ces dernières années pour le service des marchandises sont du type Decapod, à adhérence totale (E) ou avec bissel à l'avant et à l'arrière (1-E-1). La plupart sont destinées au service des districts miniers et font la remorque des trains de fort tonnage, circulant sur des profils difficiles entre les centres d'extraction et les gares de concentration. Elles sont à deux cylindres, expansion simple et à vapeur surchauffée. Le diamètre de leurs roues motrices est de 1<sup>m</sup>,350.

*Caractéristiques principales*

	<i>Compagnie du Midi</i> E	<i>Compagnie de l'Est</i> 1-E-1
Surface de grille .....	2 <sup>m</sup> 2,73	3 <sup>m</sup> 2,084
Surface de chauffe .....	186 <sup>m</sup> 2,00	235 <sup>m</sup> 2,30
Timbre de la chaudière .....	12 kgs (vap. surch.)	12,75 kgs (vap. surch.)
Diamètre des roues motrices .....	1 <sup>m</sup> ,350	1 <sup>m</sup> ,350
Diamètre des cylindres .....	0 <sup>m</sup> ,630	0 <sup>m</sup> ,630
Course des pistons .....	0 <sup>m</sup> ,660	0 <sup>m</sup> ,660
Poids adhérent .....	85,60 t.	89,57 t.
Poids total .....	85,60 t.	118,22 t.
Approvisionnement d'eau .....	10 <sup>m</sup> 3,000	13 <sup>m</sup> 3,000
Approvisionnement de charbon ...	3,5 t.	5,0 t.

c) **LOCOMOTIVES-TENDERS DE MANŒUVRES.**

L'introduction, dans les gares de formation, du mode de triage par la gravité a rendu insuffisantes les anciennes locomotives de manœuvres à six roues accouplées

*Caractéristiques principales*

	<i>Etat belge</i> D	<i>Lancashire and Yorkshire Ry</i> 1-D
Surface de grille .....	2 <sup>m</sup> 2,237	2 <sup>m</sup> 2,37
Surface de chauffe .....	125 <sup>m</sup> 2,40	204 <sup>m</sup> 2,19
Timbre de la chaudière .....	12,00 kgs	12,65 kgs
Diamètre des roues motrices .....	1 <sup>m</sup> ,262	1 <sup>m</sup> ,372
Diamètre des cylindres .....	0 <sup>m</sup> ,480	0 <sup>m</sup> ,546
Course des pistons .....	0 <sup>m</sup> ,600	0 <sup>m</sup> ,660
Poids adhérent .....	65,6 t.	68,6 t.
Poids total .....	65,6 t.	85,3 t.
Approvisionnement d'eau .....	7 m <sup>3</sup>	9 m <sup>3</sup>
Approvisionnement de charbon ...	3,0 t.	3,5 t.

et a nécessité la construction de machines à huit roues accouplées. La plupart de ces locomotives sont à adhérence totale ; certaines compagnies anglaises les munissent d'une paire de roues porteuses. Les cylindres sont à expansion simple, vapeur saturée ; la surchauffe a été appliquée à quelques machines de construction récente. Certains essieux reçoivent le dispositif voulu pour faciliter le passage dans les courbes de petit rayon.

### 5<sup>o</sup> Voitures automotrices (1)

L'emploi de voitures automotrices se justifie à la fois pour des services de raccordements et de banlieue sur des lignes principales et pour des services ordinaires sur des lignes secondaires ou à petite section. Dans ce dernier cas, on utilise jusque des voitures dont la puissance ne dépasse pas 35 chevaux, dont la vitesse ne va pas au delà de 25 à 30 kilomètres et qui ne transportent pas plus de 30 voyageurs. Des voitures d'une puissance et d'une capacité aussi réduite ne conviennent pas pour les services accessoires des lignes principales ; ici, on fait rouler des véhicules automoteurs beaucoup plus puissants, traînant parfois une ou deux voitures de remorque, de manière à transporter de 120 à 150 voyageurs, la vitesse monte jusqu'à 50, 60 kilomètres et plus et la puissance dépasse fréquemment 150 chevaux.

Les voitures automotrices se construisent avec des moteurs à vapeur, des moteurs à explosion et des moteurs électriques. La longueur de parcours est limitée par la quantité d'approvisionnements qu'il est possible de leur faire prendre. A ce point de vue, les moteurs à explosion ont cet avantage sur les moteurs à vapeur qu'à poids égal d'approvisionnements, ils peuvent desservir des lignes de 3 à 4 fois plus longues ; le même avantage est revendiqué pour les moteurs à vapeur à combustible liquide relativement à ceux alimentés au charbon. (On construit actuellement des voitures à moteurs à explosion dont les approvisionnements sont suffisants pour des parcours de 200 kilomètres et même plus).

#### A) VOITURES A MOTEUR A VAPEUR

a) **Voitures à moteurs de 35 à 80 chevaux.** — Les types les plus connus sont les voitures Serpollet, les voitures Dion-Bouton et les voitures Stoltz. Les voitures *Serpollet* se font surtout pour de petites puissances. Leurs chaudières (système Serpollet) sont

Ecartement de la voie m/m	Puissance H.P.	Vitesse km./- heure	Nombre de places		Nombre d'essieux	Approvisionnement		Poids en ordre de marche T	Section parcourue sans renouveler les approvisionnements Km.
			1	11		Eau L.	Charbon Kgs		
760	35	45	7	15	4	900	200	11	70 à 100
1000	50	50	9	27	4	1700	300	13,15	100 à 150
1435	50	50	—	40	2	1050	350	17,7	60 à 70
1435	80	45	—	40	4	1500	500	24,2	60 à 70

(1) GUILLERY. Handbuch über Triebwagen für Eisenbahnen.

timbrées à 25 atmosphères et chauffées au charbon ou au pétrole. Elles roulent généralement sur 2 essieux et portent des approvisionnements de 200 à 250 kgs de charbon et de 800 à 1000 litres d'eau.

Les voitures *Dion-Bouton* se construisent à 2 ou 4 essieux, dont l'un est moteur et attaqué par roues dentées. Le timbre de la chaudière (système Dion), varie de 18 à 20 atmosphères et le moteur est compound à 2 cylindres, pouvant travailler à expansion simple.

Les voitures à deux essieux, qui constituent un type très léger, sont très employées. L'Etat russe, avant la guerre, avait en service des voitures *Dion-Bouton* sur deux bogies, ayant chacun un essieu attaqué par un moteur de 50 chevaux ; elles transportaient 72 voyageurs : 24 en première classe et 48 en seconde.

Les voitures *Stoltz* se rapprochent comme construction des voitures *Dion-Bouton*, dont elles ne diffèrent que par la chaudière (système *Stoltz*), marchant à une pression beaucoup plus élevée. L'Etat prussien utilise des automotrices de ce système, portées par un bogie à 2 essieux, à l'extrémité où se trouvent la chaudière et la machine, et par un essieu porteur à l'autre bout. Ces voitures, qui ont 16<sup>m</sup>,50 de longueur, prennent 72 voyageurs : 32 assis, en 3<sup>e</sup> classe, 16 assis et 24 debout, en 4<sup>e</sup> classe. La chaudière, timbrée à 50 atmosphères, a 0<sup>m</sup>2,70 de surface de grille pour 18<sup>m</sup>2,30 de surface de chauffe et est munie d'un surchauffeur.

Le moteur est compound et ses deux cylindres ont comme dimensions : HP : 165 m/m × 320 m/m ; BP : 300 m/m × 320 m/m. La vitesse maximum est de 50 kilomètres et le poids en ordre de marche s'élève à 39 tonnes environ.

*b) Voitures à moteurs de 100 à 200 chevaux.* — Ces automotrices se rencontrent principalement en Angleterre et dans les colonies anglaises. Ce sont de grandes voitures ayant de 15 à 23 mètres de longueur, transportant de 40 à 60 voyageurs. Elles sont portées par deux bogies à deux essieux et roulent à des vitesses variant de 50 à 60 kilomètres.

Compagnie	Nombre de places	Longueur totale de la voiture M.	Surface		Cylindres		Poids sur le		Vitesse maximum Km.-heure	Type de la chaudière
			de grille M <sup>2</sup>	de chauffe M <sup>2</sup>	dia-mètre m/m	course m/m	bogie moteur T.	bogie porteur T.		
Great Eastern .	61	21,3	1,07	61,0	305	406	26,9	16,25	50-60	Tubul.vert.
Great Central .	50	18,7	1,2	56,7	305	406	29,75	14,8	—	Tubul.vert.
London a.North Western. . . .	48	17,4	0,59	29,5	241	381	27,4	16,0	—	Tub. horiz.
South Eastern .	56	19,8	0,81	35,4	254	381	24,5	14,0	—	"
Taff Vale . . . .	73	21,4	0,93	42,2	267	356	30,7	11,25	56	Taff Vale
Great Northern (Ecoissais) . . .	46	15,2	0,84	46,4	254	406	—	—	50	Cochran*

On les construit en général avec des chaudières tubulaires, soit verticales, soit horizontales. Dans le premier cas (1), le diamètre des tubes varie de 32 à 34 m/m et leur

(1) *Engineering*, 24 août 1906. — *The Engineer*, 26 octobre 1906. — *Railway Gazette*, 18 janvier 1907.



nombre de 300 à 400 ; le corps cylindrique est élargi à la partie supérieure, afin de réaliser une grande surface de vaporisation avec le moindre encombrement et le moindre poids. La surface de grille varie de  $0\text{m}^2,80$  à  $1\text{m}^2,20$  et la surface de chauffe de 40 à 60 mètres carrés ; la pression de marche est comprise entre 10,5 et 12,5 atmosphères.

Le plus souvent, les chaudières à tubes horizontaux sont construites comme des chaudières de locomotives. Celles des automotrices du Taff Vale Railway ont une boîte à feu verticale, à section rectangulaire, avec deux faisceaux tubulaires emmanchés dans les plaques constituant les longs côtés du foyer.

En général, la chaudière et les deux cylindres sont montés sur l'un des bogies, dans des conditions telles que l'appareil moteur ainsi constitué peut être détaché facilement de l'ensemble de la voiture et être remplacé par un autre. Aux voitures du Taff Vale l'opération toute entière se fait en 20 minutes.

Pour le service de la banlieue des grands centres autres que Paris et celui de certaines lignes à petit trafic, la Compagnie du Nord construit des voitures automotrices, disposées de manière à pouvoir circuler indifféremment dans les deux sens, sous la conduite d'un seul homme <sup>(1)</sup>. Ces voitures sont constituées par trois éléments articulés, dont celui du milieu ne présente qu'un empattement de  $4\text{m},300$  et comprend la chaudière, le moteur, la cabine du mécanicien et un petit fourgon, pouvant se transformer, les jours d'affluence, en compartiment de 3<sup>e</sup> classe, contenant 6 places assises. L'élément près du fourgon constitue une voiture mixte de 1<sup>re</sup> et de 2<sup>e</sup> classe, à 22 places assises et 6 debout ; l'autre élément forme la voiture de 3<sup>e</sup> classe, comportant 28 places assises et 12 places debout. Construite de cette manière, le mécanicien étant placé à la partie centrale, la voiture présente une symétrie aussi complète que possible ; pour permettre la visibilité de la voie, les caisses sont désaxées par rapport à l'axe longitudinal, de telle sorte que le mécanicien, toujours placé à gauche, voit à sa droite la caisse située devant lui.

#### B) VOITURES A MOTEUR A EXPLOSION

L'application d'un moteur à explosion présente cet avantage que la construction de la voiture est moins compliquée, que l'entretien en est moins coûteux et qu'elle peut être conduite, dans la majorité des cas, par un seul agent. Les installations pour le ravitaillement en eau et en charbon disparaissent et de plus longs trajets peuvent être parcourus sans renouveler l'approvisionnement en combustible. L'automotrice est toujours prête à fonctionner ; elle ne donne lieu ni à fumée ni à projection de flammèches et les compartiments de voyageurs peuvent être chauffés, simplement et sans frais, au moyen de l'eau de réfrigération. Le système se recommande spécialement pour de grandes vitesses ; la voie souffre moins, les masses en mouvement étant plus légères et mieux équilibrées, le roulement plus doux et exempt de chocs. Comme combustibles, on emploie la benzine, la gazoline, le benzol, l'alcool, un mélange d'alcool et de benzol et parfois le pétrole.

Les automotrices à moteur à explosion se classent en deux catégories : celles à transmission électrique avec ou sans batterie de travail et celles à transmission purement mécanique.

**Moteurs à transmission électrique.** — Le moteur à explosion est accouplé directement à une génératrice électrique, dont le courant alimente 1 ou 2 électromoteurs actionnant 1 ou 2 essieux de la voiture. Le courant peut être envoyé directement aux électromoteurs, dont le nombre de tours se règle dans ce cas par l'introduction de résistances ou simplement en agissant sur la marche du moteur à explosion ; ou bien, le courant passe entièrement par une batterie d'accumulateurs, ce qui offre

<sup>(1)</sup> *Revue Générale des Chemins de fer, Janvier 1904 et Avril 1911.*

L'avantage que la vitesse du moteur à explosion peut rester indépendante des variations de la résistance pendant la marche et s'élever au nombre de tours le plus favorable au rendement. Parfois, la batterie ne joue que le rôle de batterie-tampon et reçoit une partie seulement du courant.

Les automotrices à transmission électrique en service sur le North Eastern roulent sur deux bogies à 2 essieux et transportent 52 voyageurs. La force motrice est fournie par un groupe de 4 moteurs à pétrole, dont l'arbre est accouplé à celui d'une génératrice d'une puissance de 55 à 60 Kw. ; deux électro-moteurs de 55 HP chacun attaquent les deux essieux de l'un des bogies. La vitesse de marche de la voiture, dont le maximum est fixé à 58 kilomètres, se règle par le voltage de la génératrice, qui peut varier de 400 à 550 volts et aussi par la connection en série ou en parallèle des électro-moteurs. Le démarrage est obtenu au moyen d'une batterie de 35 éléments, reliée à la génératrice, qui fonctionne alors comme moteur ; cette dernière est excitée par une petite dynamo de 3,75 Kw., 72 volts, qui assure également l'éclairage. La voiture pèse 35 tonnes, en ordre de marche.

L'automotrice de l'Etat prussien comporte 7 places assises en 2<sup>e</sup> classe, 33 places assises en 3<sup>e</sup>, 40 places debout en 4<sup>e</sup> et un petit fourgon à bagages. Elle est portée par des bogies à deux essieux et est actionnée par un moteur à benzol, à 6 cylindres de 150 m/m de diamètre et 180 m/m de course, faisant 700 tours à la minute et développant 90 chevaux. Le démarrage s'obtient au moyen d'air comprimé, produit par une pompe mise en action par l'arbre du moteur et servant également pour le frein et le sifflet ; cet air agit dans trois cylindres, tandis que les trois autres fonctionnent immédiatement à explosion. La dynamo génératrice, dont la puissance est de 55 Kw., envoie le courant à deux électro-moteurs de 60 HP chacun, qui actionnent le 2<sup>e</sup> et le 3<sup>e</sup> essieu. La voiture pèse 42 tonnes et peut rouler à une vitesse de 50 kilomètres.

**Moteurs à transmission mécanique.** — Avant la guerre, les réseaux de l'Europe donnaient généralement la préférence aux automotrices à transmission par l'électricité, auxquelles ils accordaient l'avantage de fonctionner avec souplesse et sans bruit. Cependant, ce système augmentait d'une manière très sensible le poids et le prix du véhicule. Aujourd'hui, on construit surtout des automotrices avec moteur à explosion à transmission mécanique et on leur donne assez de puissance pour qu'elles puissent traîner une ou deux voitures de remorque. Généralement, cette puissance varie de 80 à 160 chevaux, le moteur faisant 1000 tours.

La plupart du temps, elles peuvent marcher à quatre vitesses. C'est ainsi que l'automotrice construite récemment par les Chemins de fer de l'Etat français peut réaliser les vitesses de marche de 12, 20, 34 et 49,5 kilomètres à l'heure, le moteur tournant à 1000 tours par minute. Quand la vitesse du moteur atteint 1200 tours, les quatre vitesses des trains sont de 14,5, 24, 40 et 59,5 kilomètres à l'heure.

### C) VOITURES A MOTEUR ÉLECTRIQUE

Les automotrices à moteur électrique sont, en général, des voitures à accumulateurs, roulant sur 3 ou 4 essieux et mues par 2 ou 3 électromoteurs.

L'Etat prussien utilise trois types de voitures de l'espèce : un type à 3 essieux, 58 à 60 places, 2 électromoteurs de 25 à 30 chevaux ; un type sur deux bogies à deux essieux, 96 à 98 places, 2 électromoteurs de 50 chevaux. Dans ces deux types, les batteries sont placées sous les banquettes et leur capacité est de 200 ampères-heures pour le premier et 290 pour l'autre ; les poids en ordre de marche sont respectivement de 38 à 55 tonnes et les vitesses maxima de 45 et 50 kilomètres.

La voiture à 4 essieux, qui représente le type le plus récent, résulte de l'accouplement de deux voitures à deux essieux. La batterie, d'une capacité de 368 ampères-

heure, est constituée par 168 éléments, groupés par 14 dans des caisses en bois de 1278 m/m de long, 760 m/m de large, 760 m/m de haut, pesant 1430 kgs ; ces caisses, au lieu d'être placées sous les banquettes, sont installées dans deux petits compartiments spéciaux, aux extrémités du véhicule. Le poids de la voiture en ordre de marche est de 54,2 tonnes et la vitesse maximum de 50 kilomètres. Comme pour les précédentes, le service est fait par un wattman et un conducteur.

L'utilisation des automotrices à accumulateurs est limitée par cette particularité que les batteries doivent être chargées après un parcours d'une durée relativement courte et que la charge exige un temps notable. A moins que le service auquel elles sont affectées ne soit extraordinairement facile, il faut compter qu'elles ne parcourent pas plus de 60 kilomètres entre deux charges consécutives et que le temps nécessaire pour la charge équivaut à celui absorbé par le travail utile.

---



# CHAPITRE XX

## LA VOIE COURANTE

### I. — SENS DE LA CIRCULATION — NUMÉROTATION DES TRAINS

La spécialisation du sens de la circulation est obligatoire sur les lignes à double voie ; les dispositions arrêtées à cet égard doivent être observées d'une manière absolue et il ne peut y être dérogé que pour des manœuvres et des cas d'extrême nécessité (interception d'une des voies). Cette spécialisation, outre qu'elle répond à la préoccupation de la sécurité, présente cet avantage qu'elle permet de réduire au strict minimum le nombre des aiguilles prises en pointe.

La disposition adoptée par les chemins de fer anglais, belges, français, italiens et suisses, est ce qu'on nomme la marche à gauche (fig. 12) ; les trains suivent toujours

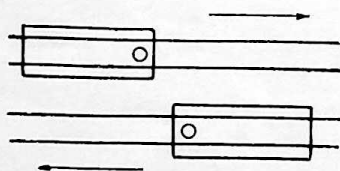


FIG. 12.

la voie qui est à leur gauche dans le sens de la marche. La marche à droite est appliquée sur les chemins de fer allemands, américains et hollandais.

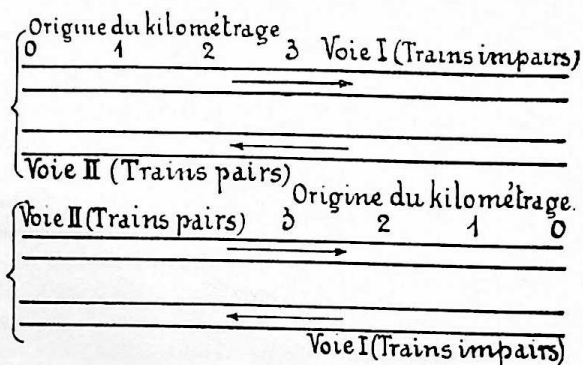


FIG. 13.

Sur une ligne à double voie, les voies que suivent les trains (les voies principales) sont désignées, l'une sous le nom de voie I ou voie de gauche, l'autre, sous le nom de voie II ou voie de droite. La voie I est celle qui est à gauche de l'observateur qui suit la ligne dans le sens du kilométrage, à partir de l'origine de celui-ci ; la voie II est celle qui est à sa droite (fig. 13). Les trains qui circulent sur la voie de gauche portent des numéros impairs et ceux qui circulent sur la voie de droite portent des numéros pairs.

Sur les lignes à voie unique, la parité s'établit comme suit : les trains qui suivent le sens du kilométrage, sont les trains impairs, ceux qui circulent en sens inverse, sont les trains pairs.

### II. POINTS SPÉCIAUX DE LA VOIE

La facilité et la sécurité de l'exploitation nécessitent, en certains points du parcours, des dispositions spéciales des voies, en vue des croisements et des dépassements



des trains, du raccordement entre les lignes concourantes et de l'aménée à quai des trains entrant dans les gares.

**Voies d'évitement sur les lignes à voie unique.** — Sur les lignes à voie unique, il convient, selon l'importance du trafic, de dédoubler la voie, de distance en distance, en vue du croisement des trains marchant l'un vers l'autre. Autant que possible on prend comme « points de croisement » des stations ouvertes au service public ; mais il n'est pas toujours possible qu'il en soit ainsi, notamment sur les lignes fortement chargées traversant des régions peu habitées, ainsi que cela se présente aux Etats-Unis.

Le dédoublement se fait suivant l'une des deux dispositions de la figure 14. Dans la première, les trains prennent la gauche et il y a une voie pour chaque sens de marche. Les aiguilles de jonction sont chevillées pour la direction rectiligne et sont talonnées par les trains à leur sortie du croisement. La traversée du point de croisement implique le passage par une courbe à la sortie.

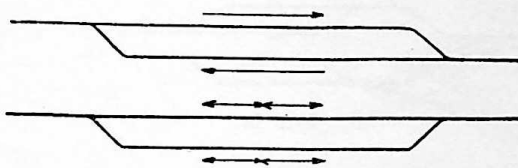


FIG. 14.

Dans la seconde disposition, qui est adoptée de préférence sur les lignes parcourues par des express, la voie principale conserve sa direction et la « voie d'évitement » se branche sur elle par une courbe et une contre-courbe. Les trains circulent toujours sur la voie unique quand il n'y a pas croisement de trains, et les aiguilles sont fixées et cadennassées pour cette direction. La voie d'évitement est utilisée en cas de croisement. Si le point de croisement est une station ouverte au public, on établit le bâtiment principal du côté de la voie de dédoublement, afin que les voyageurs n'aient pas à traverser la voie réservée aux express.

**Voies de dépassement sur les lignes à double voie.** — Lorsqu'une ligne à fort service de transit traverse une région qui par elle-même fournit peu au transport et dont les stations sont séparées par de longues distances, on peut être amené à installer, en pleine voie, des voies de dépassement (siding lines). Ces installations se distinguent de celles faites pour les dépassements en station en ce qu'elles servent uniquement à faire passer un train devant un autre, soit un train express devant un train omnibus, soit un train de voyageurs devant un train de marchandises, tandis que, dans les stations, les trains dépassés doivent pouvoir enlever et déposer des voyageurs et des marchandises. Les installations en pleine voie sont donc plus simples. Parfois on les munit d'une prise d'eau ; en Amérique, on y rencontre aussi un dépôt de charbon, constitué par une trémie portée par un pont en travers de la voie, de manière que la locomotive puisse être ravitaillée rapidement et sans la découpler du train.

L'Angleterre offre encore beaucoup d'exemples de « siding lines », établies en cul-de-sac, afin d'éviter des aiguilles prises en pointe (fig. 15). Avec cette disposition,

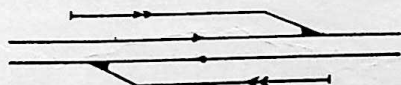


FIG. 15.

lorsqu'un train de marchandises ou de voyageurs doit être dépassé par un train express, il faut, pour garer le train, exécuter une manœuvre de refoulement, qui peut être relativement longue, surtout avec les grands trains de marchandises, et qui occupe la voie principale, en y arrêtant la circulation. Aussi bien les voies de dépassement

se font-elles généralement aujourd'hui avec des entrées directes, qui avec les dispositions spéciales que l'on prend maintenant pour les aiguilles prises en pointe cessent d'être dangereuses (fig. 16).

On peut placer les deux voies de dépassement soit d'un seul côté des voies principales (disposition A), soit l'une à droite et l'autre à gauche (disposition B), soit entre les deux voies principales (disposition C). De ces trois dispositions, les deux dernières, qui évitent la traversée des voies principales, doivent être préférées ; la disposition A ne pourrait se justifier que dans le cas où le point de dépassement ferait en même temps le service d'un raccordement industriel. Parfois, on donne aux voies de dépassement une longueur suffisante pour que chacune puisse recevoir deux trains, et on les munit de deux aiguilles de sortie, pour permettre le départ de l'un des trains avant l'autre, ou bien l'on adopte une disposition comme celle représentée fig. 17.

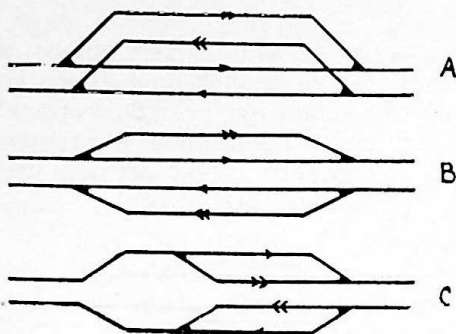


FIG. 16.

La distance des points de dépassement se règle d'après le service des trains. Il peut arriver que pour l'un des sens il faille plus d'installations que pour l'autre, par exemple, sur une ligne de montagnes où les trains roulent plus vite dans un sens que dans l'autre ou sur des lignes ayant un trafic exceptionnellement fort dans une direction seulement.

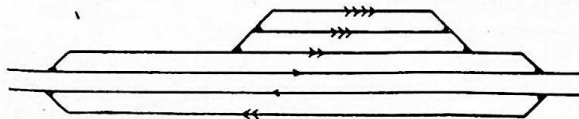


FIG. 17.

**Raccordements industriels.** — D'habitude les établissements industriels se raccordent au chemin de fer par une voie prolongée jusqu'à la gare la plus voisine. Ce système peut donner lieu à l'établissement de longues voies de raccordement et même d'ouvrages d'art dispendieux ; il présente l'avantage qu'il évite les aiguilles en pleine voie, ainsi que les installations de sécurité et le personnel spécial que pareille installation comporte.

Les raccordements en pleine voie doivent satisfaire aux conditions suivantes :

1<sup>o</sup> Le service doit se faire facilement. Sur les lignes à double voie, les locomotives des trains, dans l'un et dans l'autre sens, doivent pouvoir déposer, sur une voie spéciale A

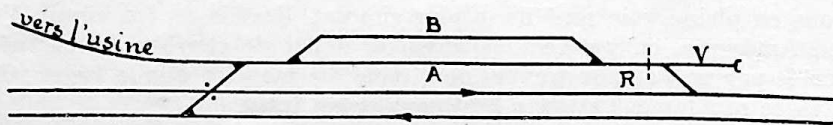


FIG. 18.

(fig. 18), les wagons destinés à l'établissement industriel et prendre, sur une autre voie B, les wagons à enlever.

2<sup>o</sup> Le raccordement ne peut avoir aucune répercussion sur l'activité et la régularité du trafic sur la voie courante ; il ne peut donner lieu à aucune courbe inutile et les signaux de couverture qu'il comporte ne peuvent avoir aucune influence sur le sectionnement reconnu le plus favorable pour le block.

3<sup>o</sup> La sécurité des voies principales doit rester entière ; les aiguilles prises en pointe doivent être évitées et des voies de sécurité (en impasse) placées aux endroits voulus.

Lorsque des raccordements sont demandés par différents intéressés, dont les établis-

sements, à proximité les uns des autres, se trouvent du même côté de la ligne, on raccorde à la voie principale une voie unique, sur laquelle s'embranchent les voies des divers raccordés.

Autant que possible on établit la voie de raccordement en pente vers l'usine, de manière à éviter toute dérive. Dans le cas où cette disposition est impossible, on la relie à une voie en impasse V ; la direction est toujours faite pour cette voie et le levier de manœuvre de l'aiguille est cadenasé. Il en est de même du taquet d'arrêt R et de la porte qui isole le raccordement.

**Bifurcations.** — Lorsqu'il s'agit de *deux lignes à simple voie*, la bifurcation se fait par une aiguille en pointe (fig. 19). Si l'une des deux lignes était rectiligne, cette simple disposition présenterait l'inconvénient qu'il serait presque impossible de donner du dévers à la voie déviée. On voit, en effet, que pour le rail extérieur C' D' (fig. 20), le dévers, qui serait le plus nécessaire au point C', ne pourrait commencer qu'à partir de ce point et que ce rail devrait passer au-dessus du rail AB, ce qui ne serait possible qu'avec une forte lacune (toute l'épaisseur d'une roue) dans le rail surélevé. Il y aurait

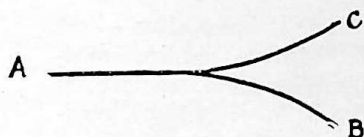


FIG. 19.



FIG. 20.

donc un danger sérieux pour le passage en vitesse. On résout la difficulté en établissant la bifurcation suivant deux courbes symétriques à très grand rayon sans dévers (fig. 21) ; le

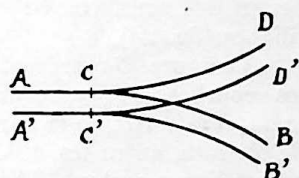


FIG. 21.

rayon de courbure des deux voies est alors le double de celui qu'on aurait dû adopter si l'on avait laissé une des voies rectiligne. Si ce rayon est assez grand, le dévers n'a plus grande utilité pour la circulation en vitesse et l'on s'en passe.

Dans le cas où il s'agit de raccorder une *ligne à simple voie* avec une *ligne à double voie*, la solution la plus simple consiste à relier la ligne à simple voie par une traversée-jonction O à la première des deux voies qu'elle rencontre, et à la seconde par un changement de voie M (fig. 22). Le plus souvent, on dédouble la voie unique avant sa rencontre avec la double voie (fig. 23), ce qui nécessite deux bran-

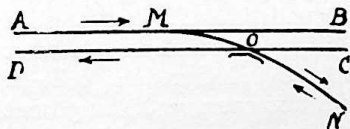


FIG. 22.

chements M et N, et une traversée simple O, et l'on reporte le dédoublement en un point P, suffisamment distant de la ligne directe pour qu'entre P et O et entre P et N, il y ait l'espace nécessaire pour garer un train. Parfois on fait partir le dédoublement de la station qui, sur la voie unique, précède la bifurcation. On évite ainsi de placer la tête de la voie unique dans une station commune à plusieurs lignes, où les erreurs dans les ordres d'expédition et de réception des trains sont plus à craindre que dans une station de passage.

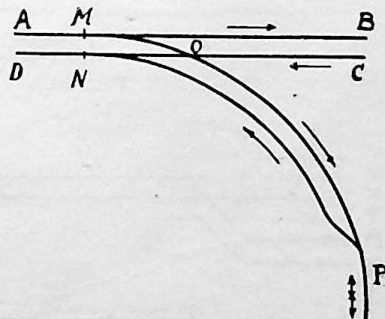


FIG. 23.



Ce système de bifurcation, qui serait aussi la solution simple pour raccorder entre elles deux lignes à double voie, présente l'inconvénient que les trains dirigés sur la voie déviée peuvent être rencontrés en O par les trains arrivant par la voie directe. Il y a là un danger qui, malgré une signalisation bien établie, est d'autant plus menaçant que la circulation est plus intensive au point considéré et qui — inconvénient grave au point de

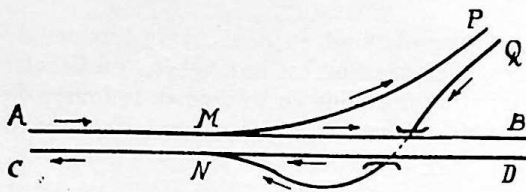


FIG. 24.

vue de l'exploitation — est de nature à réduire considérablement la capacité des lignes. Aussi évite-on généralement la traversée à niveau, en établissant une *courbe de raccordement*, qui fait passer l'une des voies déviées au-dessous ou au-dessus des deux voies rectilignes (fig. 24).

La figure 25 représente les courbes de raccordement, à la sortie de la gare de Malines, entre les différentes lignes partant d'Anvers (gare centrale), Anvers (Bassins), Anvers (Sud), Muysen et Malines.

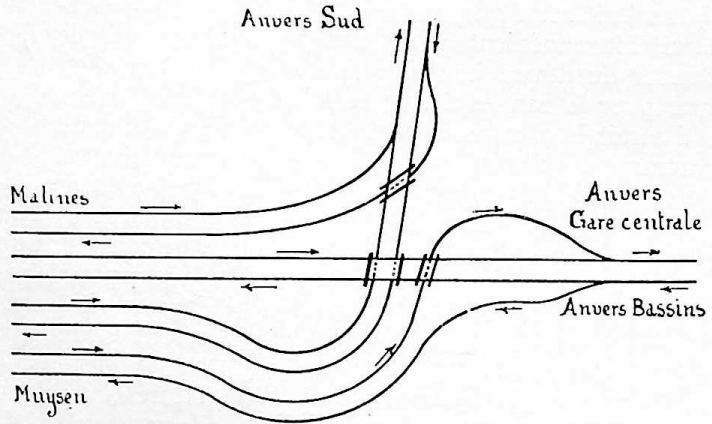
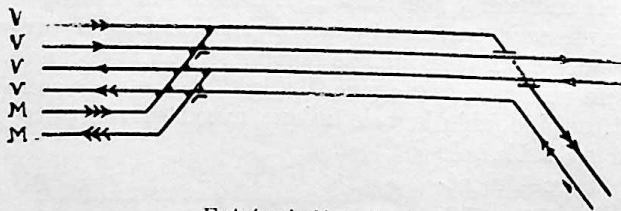


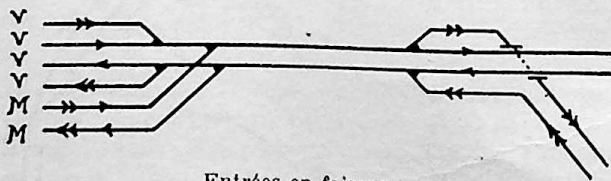
FIG. 25.

**Entrées de gares.** — Les entrées des gares dans lesquelles aboutissent plusieurs lignes peuvent se faire en *voies indépendantes* ou en *faisceaux*. Dans le premier système (fig. 26) les lignes sont continuées jusque dans la gare ; dans le second (fig. 27), elles sont réunies en un ou deux faisceaux avant de pénétrer dans celle-ci, et ces faisceaux se décomposent plus loin pour constituer les groupes des voies d'arrivée et de départ des voyageurs et le groupe des voies de marchandises.



Entrées indépendantes.

FIG. 26.



Entrées en faisceau.

FIG. 27.

Le système des entrées distinctes a comme avantage de permettre l'entrée simultanée de même que la sortie simultanée de plusieurs trains. Il diminue les risques d'accidents, et évite les fausses directions ; mais il exige plus d'espace et allonge la durée des manœuvres. Les voies ne



sont pas laissées absolument indépendantes ; elles sont mises en relation entre elles par des transversales avec jonctions simples ou doubles à la rencontre des voies intermédiaires, de manière à permettre les remaniements de trains ou leur arrivée sur une voie quelconque. Exemple : Anvers (gare centrale).

Le système de l'entrée en faisceau a comme avantage de demander moins d'espace et de réduire le nombre des appareils ; mais il augmente les chances d'accidents. Un accident sur le tronç commun interrompt complètement une partie des communications et jette une perturbation grave dans le service.

A moins que la ligne ne soit à plus de deux voies, les différents trains, qu'ils soient de voyageurs ou de marchandises, roulent sur la même file de rails. Il n'en est plus de même du moment qu'ils pénètrent dans une gare de quelque importance ; ils trouvent alors devant eux deux directions, dont l'une conduit les trains de voyageurs dans le faisceau des voyageurs, c'est-à-dire la partie de la gare affectée au service des voyageurs, l'autre, les trains de marchandises dans le faisceau des marchandises, la partie affectée au service des marchandises. Le groupement des voies dans ces faisceaux caractérise le mode d'exploitation de la gare. Celle-ci est *exploitée par directions* (fig. 28) lorsque les

Gare exploitée par directions.

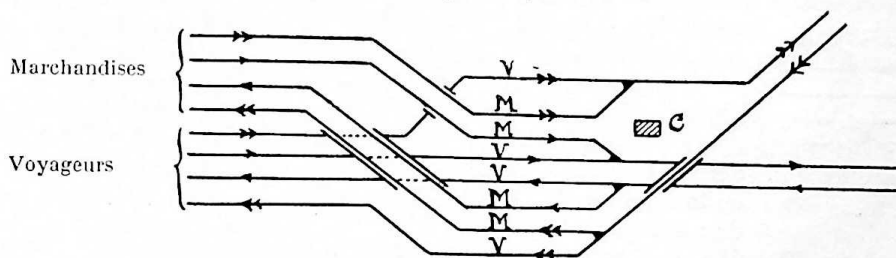


FIG. 28.

voies d'arrivée, placées côte à côte, forment un groupe distinct des voies de départ, également placées côte à côte ; elle est *exploitée par lignes* (fig. 29), lorsque les deux voies

Gare exploitée par lignes.

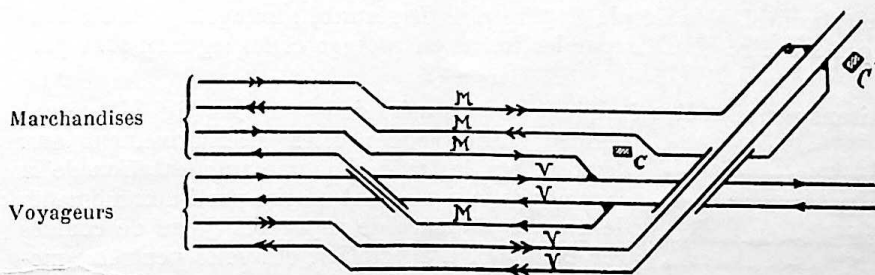


FIG. 29.

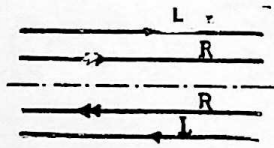
de chaque ligne se trouvent l'une à côté de l'autre.

### III. QUADRUPLEMENTS DE VOIE

Il y a lieu de quadrupler la voie lorsque la double voie est insuffisante pour l'intensité de la circulation. Cette insuffisance procède généralement de deux causes : d'une

part, l'importance du trafic, d'autre part, les différences entre les vitesses de parcours et les fréquences des arrêts des diverses catégories de trains. Une ligne se rapproche d'autant plus de son maximum de capacité que les trains qui la parcourent roulent à une vitesse plus uniforme, faisant les mêmes arrêts dans les mêmes stations, ce qui est le cas des métropolitains et des lignes suburbaines.

Pour retirer du quadruplement tout l'effet utile qu'il peut donner, il convient de séparer les trains par catégories de vitesse, et d'affecter deux des voies aux trains rapides (trains express et directs de voyageurs et trains directs de marchandises) et les deux autres aux trains lents (trains omnibus et trains de banlieue, trains de marchandises, de transbordement) ; les premières sont appelées les *voies rapides* ou *voies directes*, les secondes, les *voies lentes* ou *voies ordinaires*. Cette subdivision est surtout nécessaire lorsque le quadruplement se fait à l'approche des grandes villes et est nécessité par l'importance du trafic suburbain. Ce trafic, qui veut des trains nombreux, à arrêts multiples et courts, diffère totalement du service des trains à grande distance, qui sont beaucoup plus espacés et ont des stationnements moins fréquents, mais plus longs. Lorsque les deux trafics sont exploités sur les mêmes voies, la succession rapide des trains suburbains souffre inévitablement des stationnements prolongés des trains à



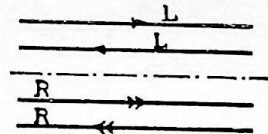
Exploitation par directions.

FIG. 30.

longue distance, de même que la vitesse de ceux-ci est affectée par la multiplicité des arrêts des autres.

La voie quadruplée peut être exploitée par directions ou par lignes.

Dans le premier cas (fig. 30), les deux voies d'un même côté de l'axe de la ligne sont affectées aux trains de même direction (rapides et lents),



Exploitation par lignes.

FIG. 31.

dans le second (fig. 31), elles sont affectées aux trains de même nature (rapides ou lents).

**Exploitation par directions.** — L'exploitation par directions s'applique surtout lorsqu'un trafic suburbain important (abords des grandes capitales) se greffe sur un trafic à grande distance. Dans ce cas, il offre les avantages ci-après par rapport à l'exploitation par lignes :

1° L'exploitation est plus simple et offre plus de sécurité : les agents des stations sont moins exposés à être atteints par les trains en passage et les signaux sont plus visibles.

2° Des liaisons peuvent être établies entre les voies de même sens (fig. 32), ce qui permet d'affecter ces voies alternativement aux deux genres de trafic, d'où une augmentation de la capacité de la ligne, dont on tire parti aux moments de grande affluence de voyageurs (jours de courses par exemple). L'affectation des voies peut être modifiée rapidement et sûrement, sans que l'exploitation sur les deux autres voies en soit influencée d'aucune

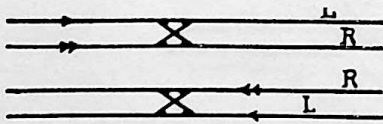


FIG. 32.

manière. Cette élasticité de l'exploitation ne se rencontre pas dans le système par lignes, les liaisons ne pouvant s'établir qu'avec des traversées de voies dangereuses (fig. 33).

3° En cas d'obstruction de l'une des voies, la circulation peut être maintenue dans d'assez bonnes conditions, les trains pouvant être expédiés sans

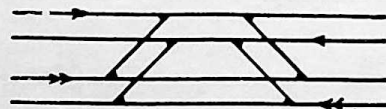


FIG. 33.

danger par l'autre voie de même sens ; il n'en est pas de même, à cause des traversées, dans l'exploitation par lignes.

4° Il est possible de maintenir, dans les quatre voies, un tronçon à deux voies (partie AB fig. 34), afin d'éviter, par exemple, la dépense de l'établissement d'un deuxième pont, de la construction d'un deuxième tunnel, de l'achat d'un terrain particulièrement coûteux. Le passage de la ligne à quatre voies au tronçon à deux voies se fait sans difficulté et sans point dangereux,

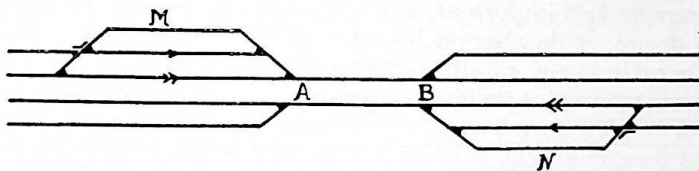


FIG. 34.

même sans entrave pour l'exploitation, si l'on a soin de faire précéder chaque entrée du tronçon d'un faisceau (M, N) de garage. Pareille disposition n'est pas possible dans le système d'exploitation par lignes.

L'exploitation par directions a de nombreuses applications, notamment sur la plupart des lignes aboutissant à Londres, sur la ligne New-York-Pittsburg-Philadelphie du Pennsylvania RRd, sur la section Dresde-Meissen des chemins de fer saxons. Dans ces différents cas, les deux voies extérieures sont des voies lentes et les deux voies intérieures, des voies rapides.

Lorsque les quatre voies sont affectées exclusivement au service à voyageurs, ainsi que c'est le cas à Dresde et à Londres, on place à l'extérieur des voies les stations réservées uniquement aux arrêts des trains suburbains et, pour éviter les accidents au passage des trains directs, on établit des barrières pour séparer les voies rapides des voies lentes (fig. 35). Cette disposition présente l'avantage que toutes les voies gardent

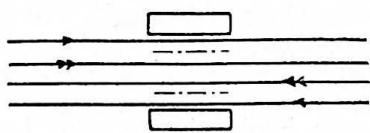


FIG. 35.

la direction rectiligne dans le passage des gares. Quant aux stations dans lesquelles s'arrêtent aussi bien les trains à grande que ceux à petite distance, on les établit suivant l'un des deux types des figures 36 et 37. La disposition de la figure 36 offre l'avantage que les voyageurs des trains suburbains montent du même côté dans toutes les stations et que le contrôle des tickets se fait facilement ; elle a

l'inconvénient que les lignes rapides ne gardent pas la direction rectiligne, qu'il faut trois bâtiments au lieu de deux, et que les voyageurs, passant de la ligne ordinaire à la

grande ligne et réciproquement, doivent passer d'un quai à l'autre. Généralement, on donne la préférence à la disposition représentée fig. 37.

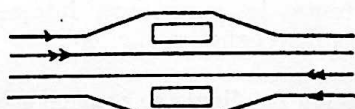


FIG. 37.

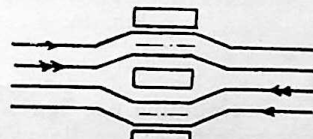


FIG. 36.

Quand la ligne sert en même temps au trafic

des marchandises, les trains transportant celles-ci roulent le plus souvent sur les voies intérieures, c'est-à-dire empruntent les voies des trains de voyageurs à grande distance. Ce n'est que dans le cas où les stations de marchandises seraient nombreuses sur la section dédoublée, qu'il y aurait avantage à reporter le service sur les voies extérieures.

Toutes les Compagnies françaises, sauf l'Orléans, ont fait le quadruplement de la voie, pour leurs lignes aboutissant à Paris, en plaçant les voies lentes à l'intérieur et



les voies rapides à l'extérieur. « Cette disposition est motivée », dit M. Maison <sup>(1)</sup>, « par cette circonstance que les gares de Paris sont des gares terminus où les voies doivent s'épanouir en éventail, de façon à permettre la réception des trains sur un grand nombre de voies à quai et d'effectuer des départs de ces mêmes voies. Or, il est naturel dans les gares terminus, de placer les services des grands trains, qui comportent un service de bagages très important, aux extrémités de la gare, les départs à gauche et les arrivées à droite, et de réserver les voies intermédiaires pour le service des trains de banlieue. De cette façon, en effet, on évite que les voyageurs, si nombreux en destination ou en provenance des trains de banlieue ne rencontrent, dans leurs mouvements précipités sur la plate-forme en tête des quais, les tricycles qui amènent les bagages aux trains, ou les conduisent des trains à la salle de distribution. Le passage de ces tricycles au milieu des courants de voyageurs retarde ces derniers, entraîne des retards, provoque des désordres, et est un obstacle au bon service. Il faut donc avant l'épanouissement des voies arriver à placer les voies lentes entre les voies rapides. Cette disposition est celle de l'Ouest (Paris-Montparnasse), du P. L. M. et du Nord ; ce sera celle de l'Est, lorsque le quadruplement projeté sera réalisé ».

La disposition avec la ligne lente à l'intérieur présente un avantage dans les gares de rebroussement ; une simple liaison y suffit pour amener, sur la voie de départ B (fig. 38), les trains arrivés sur la voie A, tandis qu'avec la ligne lente à l'extérieur, il faut une manœuvre A' B', cisillant les voies rapides. On peut, il est vrai, éviter cet

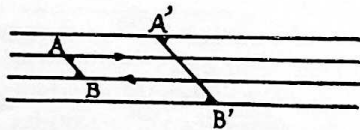


FIG. 38.

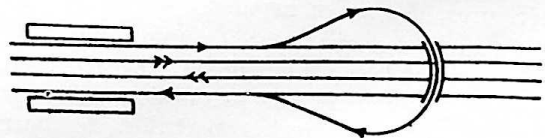


FIG. 39.

inconvenient des voies lentes extérieures en les reliant, dans la gare de rebroussement, par une boucle passant sous les voies (fig. 39) ; c'est la solution qui est adoptée dans différentes gares américaines, notamment celle de Boston et celle de City-Hall du métropolitain souterrain de New-York.

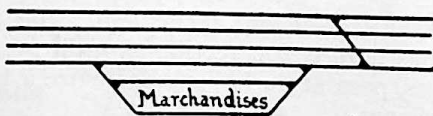


FIG. 40.

L'exploitation par directions ne convient guère dans les cas où la jonction à quatre voies comporte des gares de marchandises d'une certaine importance ; l'adoption du système donnerait lieu, mais dans des conditions beaucoup plus graves, à l'inconvénient du cisaillement des voies principales, pour toutes les manœuvres intéressant le faisceau des marchandises (fig. 40).

**Exploitation par lignes.** — Le système de l'exploitation par lignes se ramène à la coopération de deux lignes à double voie, exploitées indépendamment l'une de l'autre. Il fonctionne sur les métropolitains de Berlin, de Hambourg et de Dresde, sur plusieurs sections dans les bassins houillers du Rhin et de la Silésie, sur la ligne de New-York à Buffalo du New-York-Central. En Belgique, il est appliqué de Bruxelles à Malines.

A Berlin, les deux lignes de la *Stadtbahn* sont exclusivement à voyageurs et sont affectées, l'une aux trains urbains et suburbains, l'autre, à des trains suburbains et des trains à longue distance ; les deux lignes de la *Ringbahn* assurent, l'une, un service de voyageurs, l'autre, un service de marchandises. Les deux lignes belges, entre Bruxelles

(1) MAISON. Cours d'exploitation technique des chemins de fer, p. 80.



et Malines sont réservées, l'une, aux trains de voyageurs directs, l'autre, aux trains de voyageurs omnibus et aux trains de marchandises.

Avec le système de l'exploitation par lignes, l'installation des gares de marchandises se fait avec la plus grande facilité et dans les meilleures conditions de sécurité. Il en est de même des voies de manœuvre M dans les gares de rebroussement et les gares terminus, ainsi que le

montre le croquis fig. 41 de l'une des stations de la Ringbahn de Berlin. Toutes les gares de marchandises et tous les raccordements industriels doivent nécessairement se trouver du même côté de la ligne (du côté réservé aux trains à

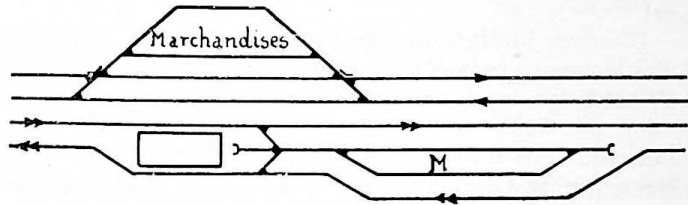


FIG. 41.

marchandises) ; lorsque l'établissement de l'autre côté est inévitable, on relie généralement la gare par une courbe de raccordement (voie passant sous la ligne).

L'exploitation par lignes convient mieux que celle par directions lorsqu'il s'agit d'une ligne comprenant divers systèmes de trafics, demandant des gares de différentes natures. Elle présente en outre cet avantage que le dédoublement de la ligne à double voie peut se faire en assignant à la troisième et à la quatrième voie un tracé s'écartant de celui de la ligne primitive. Avec l'exploitation par directions, les nouvelles voies doivent desservir les mêmes stations que les anciennes et, comme dans la partie suburbaine les stations sont généralement très rapprochées, la nouvelle ligne doit être placée à côté de l'autre. Or, lors de l'établissement de celle-ci, on fait rarement les expropriations en vue d'une troisième et d'une quatrième voie ; on se trouve ainsi dans le cas de devoir exproprier des terrains et des immeubles ayant acquis une plus-value considérable.

Le système de l'exploitation par lignes est tout désigné, quand le besoin s'impose d'adjoindre à une ligne qui existe déjà comme ligne de trafic à grande distance une ligne nouvelle, également à grande distance, mais devant être affectée spécialement au transport rapide, tant des marchandises que des voyageurs. Dans ce cas, on donnera le plus souvent à la ligne nouvelle un tracé différent de celui de la ligne primitive, ce qui aura le triple avantage d'abaisser les dépenses d'expropriation, de permettre la construction d'une ligne à travers une région non encore desservie par une voie ferrée et de donner la possibilité de construire un chemin de fer plus direct, mieux établi au point de vue des rampes et des courbes, par conséquent d'une exploitation plus économique. C'est la solution que l'Etat belge a adoptée pour le dédoublement de la ligne de Bruxelles à Gand.

#### IV. LIMITATION DE LA VITESSE

**Limitation en pleine voie.** — Dans la pleine voie, la vitesse des trains ne peut pas dépasser un certain maximum, qui dépend de la construction de la voie et du type de la locomotive. Les éléments à considérer du côté de la voie sont l'établissement de l'assiette, la nature du ballast, le nombre de traverses, la résistance des rails, le rayon des courbes et le mode de leur raccordement avec les alignements (raccordements paraboliques). En ce qui concerne la locomotive, la limitation de la vitesse dépend de l'empattement, du dispositif (bogie, bissel, essieu déplaçable) appliqué pour le passage des courbes, des mouvements perturbateurs résultant du mode de construction.

La détermination des maxima de vitesse se fait empiriquement. En France et en Belgique, on admet que le maximum absolu, qui ne doit être dépassé en aucun cas,

quels que soient l'état de la voie et le type de la machine, est de 120 kilomètres à l'heure, soit de 33 mètres à la seconde. En dehors de cette limite, qui n'est autorisée que sur certaines voies et pour certains types de locomotive, on fixe généralement des maxima spéciaux sur chaque section de ligne, pour chaque type de machine. Ces maxima doivent être respectés même en cas de retard, bien que, dans cette circonstance, le train puisse dépasser, jusqu'à concurrence d'une majoration de 50 %, la vitesse de marche à laquelle il est tracé.

D'autres limitations, applicables à des cas spéciaux de la circulation des trains et des locomotives isolées, se rencontrent dans les règlements de toutes les Compagnies. A l'Etat belge, la vitesse d'une machine à tender séparé, circulant cheminée à l'arrière, ne doit pas dépasser 40 kilomètres qu'elle soit attelée à un train ou qu'elle circule isolément. Celle d'un train remorqué, poussé en queue, ne doit pas dépasser 20 kilomètres. Sur la Compagnie du P. L. M., la vitesse maxima, à la descente des fortes rampes, est de

54 kilomètres pour les pentes de 20 à 26 mm.

40 » » » supérieures à 26 mm.,

pour les trains de voyageurs et les trains mixtes ; elle varie de 45 à 25 kilomètres, selon les pentes depuis 15 mm. pour les trains de marchandises.

**Limitation au passage des bifurcations.** — Jusque dans ces dernières années, la vitesse des trains à la traversée des bifurcations, abordées par la pointe, ne pouvait pas dépasser 40 kilomètres à l'heure. Les progrès de la signalisation et des enclenchements ont permis de revenir de cette rigueur. A la Compagnie de l'Est, les trains de la *direction directe* munis du frein continu peuvent passer sans ralentir, à la condition, cependant, de ne pas dépasser la vitesse de 90 kilomètres ; les trains non munis du frein continu, marchent à la vitesse indiquée au livret. Sur la *direction déviée*, tous les trains doivent ralentir à la vitesse de 30 kilomètres pour les trains de voyageurs, et de 15 kilomètres pour les trains de marchandises.

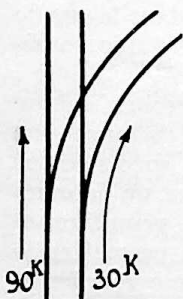


FIG. 42.

Sur la Compagnie du Nord, la vitesse au passage des aiguilles en pointe non verrouillées doit être réduite à 30 kilomètres à l'heure pour les trains de voyageurs, et à 15 kilomètres pour les trains mixtes et de marchandises. Les mêmes limites doivent être observées aux bifurcations non enclenchées. Aux bifurcations enclenchées, les trains peuvent passer dans la *direction rectiligne* à la vitesse de marche du train, mais sans majoration en cas de retard. Dans la *direction déviée*, la vitesse doit être réduite à 40 kilomètres à l'heure pour les trains de voyageurs et mixtes, et 20 kilomètres pour les trains de marchandises. Certaines bifurcations enclenchées peuvent être franchies à la vitesse de marche dans les *deux directions*, mais toujours sans majoration. Les mêmes règles sont applicables au passage des ponts tournants.

**Indicateurs et contrôleurs de vitesse.** — De plus en plus, on munit les locomotives d'indicateurs de vitesse. Ces appareils ne se bornent pas à indiquer, à chaque instant, la vitesse du train ; ils enregistrent cette vitesse et permettent de reconstituer la marche du train, sur tout son parcours. Les plus employés sont le chronotachymètre du P. L. M., l'indicateur enregistreur Haushalter et l'appareil Flaman.

Aux points de la ligne (bifurcations, ponts tournants, sections en pente) qui doivent être franchis à une vitesse limitée, on installe des contrôleurs de vitesse, qui, les uns se bornent à indiquer au mécanicien la vitesse de son train à l'approche du point considéré et, les autres, enregistrent la vitesse au passage du point. Parmi les premiers, le plus connu est le dromoscope Le Boulengé ; parmi les seconds, il y a lieu de citer l'enregistreur Rabier et Leroy, le contrôleur portatif de l'Orléans et le contrôleur Sabouret.

## CHAPITRE XXI

# LES GARES <sup>(1)</sup>

---

Les installations des gares répondent à deux ordres de besoins : les besoins du trafic et les besoins de l'exploitation. Les installations pour le trafic sont faites en vue du service extérieur : les rapports directs avec le public ; celles pour l'exploitation servent au service intérieur : la préparation des trains avant le départ, leurs croisements et leur réception dans les gares, leur remisage et leur débranchement, après leur arrivée.

Les installations pour le trafic peuvent être classées comme suit :

a) les installations pour le trafic à voyageurs, c'est-à-dire pour le transport des hommes, des bagages, des colis postaux, des petits animaux, des chevaux et des équipages de luxe, des colis par exprès ou en grande vitesse ;

b) les installations pour le trafic à marchandises, c'est-à-dire pour le transport du bétail et des marchandises expédiées en charges complètes et incomplètes.

Les installations pour l'exploitation se subdivisent en :

a) installations pour le service des trains de voyageurs, c'est-à-dire pour le remisage des trains après leur arrivée et leur préparation avant leur départ (remaniement des rames de matériel, nettoyage des voitures, préparatifs en vue de l'éclairage et du chauffage) ;

b) installations pour le service des trains de marchandises, c'est-à-dire pour le débranchement des trains arrivants, le déchargement et le chargement des wagons, la formation des trains partants.

Se rattachent aux installations pour l'exploitation, bien qu'ils fassent moins intimement partie des gares, les dépôts de locomotives avec leurs annexes, les ateliers d'entretien des locomotives, voitures et wagons, les chantiers pour l'injection des traverses, le concassage des pierres pour le ballastage de la voie, etc.

Dans les très grandes agglomérations et aux points importants de bifurcation, les gares sont généralement spécialisées, soit que cette spécialisation soit basée sur leur rôle au point de vue du trafic, soit qu'elle soit justifiée par leur fonction dans l'exploitation. C'est ainsi que la plupart des grandes villes ont des gares affectées spécialement au service des voyageurs ; ces *gares à voyageurs* (spécialisation au point de vue du trafic) ont parfois comme compléments des *gares de remisage* (spécialisation au point de vue de l'exploitation). De même ces villes ont des *gares à marchandises*, indépendantes des gares à voyageurs, et ces gares à marchandises sont généralement reliées à des *gares de triage et de formation*, également spécialisées.

A moins qu'il ne s'agisse d'installations particulières pour les transports de charbons, de minerais, de bétail, les gares ne sont pas spécialisées dans les agglomérations de moyenne et de petite importance. Dans celles-ci, le trafic à voyageurs et le trafic à marchandises sont réunis et l'ensemble de bâtiments et de voies, établi en vue de cette

---

(1) DEHARME. Voie et Superstructure.  
Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Fünfter Theil, Dritter und Vierter Band.



centralisation, comprend en même temps les installations pour le remisage des trains de voyageurs, le débranchement et la formation des trains de marchandises.

Les conditions d'établissement d'une gare sont très différentes, suivant qu'il s'agit d'une gare non spécialisée ou d'une gare spécialisée. Elles sont influencées également par la situation des gares relativement aux lignes dans le trafic desquelles elles interviennent. A ce point de vue, on distingue :

1<sup>o</sup> les *gares terminus* (têtes de lignes), c'est-à-dire les gares où la ou les lignes finissent en impasse et où les trains sont obligés de rebrousser chemin pour repartir en sens inverse ;

2<sup>o</sup> les *gares de passage*, c'est-à-dire les gares intermédiaires entre deux gares têtes de lignes, (une gare en impasse, fonctionnant comme gare de rebroussement, est une gare de passage) ;

3<sup>o</sup> les *gares d'embranchement*, c'est-à-dire les gares où, sur une ligne principale, se soudent une ou plusieurs lignes secondaires et qui sont pour celles-ci des points terminus ;

4<sup>o</sup> les *gares de bifurcation*, c'est-à-dire les gares situées au point d'intersection de plusieurs lignes et dans lesquelles les trains peuvent passer d'une ligne sur l'autre.

## I. LES GARES SPÉCIALISÉES

Les grandes gares à voyageurs, à marchandises, de triage et de formation, sont rarement établies l'une à côté de l'autre. Les gares à voyageurs sont généralement reportées vers l'intérieur des villes, ce qui en facilite l'accès aux voyageurs. Le rapprochement du centre se justifie moins pour les gares à marchandises, qui donnent lieu, dans les rues qui les avoisinent, à un charriage intense et encombrant, dont il est intéressant de débarrasser les grandes artères ; il est utile, d'ailleurs, de les rapprocher des parties des villes réservées aux magasins et entrepôts du commerce de gros, aux fabriques et aux manufactures. Enfin, les gares de triage et de formation sont de plus en plus reléguées au dehors, en rase campagne ; il n'est guère possible de trouver, à l'intérieur des périmètres des villes, les grandes étendues de terrain (95 hectares à Strasbourg, 105 à Nuremberg, 218 à Mannheim) qu'il faut pour ces gares et même, si des terrains assez grands se présentaient, il faudrait les acquérir à des prix inadmissibles.

### 1<sup>o</sup> Les grandes gares à voyageurs (1)

#### A) CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

**Une ou plusieurs gares.** — Les grandes gares à voyageurs assurent exclusivement le service des voyageurs, des bagages et de la poste ; parfois on leur attribue également — mais la chose n'est pas recommandable — le service des messageries et celui de certains transports à grande vitesse, du lait et de la viande, par exemple, qu'on ne peut pas reporter aux gares de marchandises, à cause de l'éloignement de celles-ci.

Il y a intérêt à les établir le plus près possible du centre de la ville, de même qu'il serait avantageux, au point de vue du transbordement des voyageurs arrivant par une ligne et continuant par une autre, d'avoir une gare unique desservant toutes les directions. Ce dernier desideratum n'est guère réalisable. Une gare unique, dans une ville comme Londres ou Paris, donnerait lieu à une accumulation monstrueuse de voies et de quais, dans laquelle les voyageurs auraient toutes les peines à se retrouver, et qui

(1) CAUER. Personenbahnhöfe. Berlin, Springer 1913.



les astreindrait à des parcours énormes pour se rendre des salles d'attente aux trains, et de ceux-ci à la sortie. L'exploitation de la gare, dont les voies principales seraient continuellement coupées par la manœuvre des trains et la circulation des locomotives, serait impossible et l'encombrement de la voie publique aux environs de la gare serait intolérable. Il semble bien que la gare de Francfort, avec ses 24 voies et ses 18 quais, représente la limite de ce qui peut être réalisé pratiquement dans le système de la centralisation.

La plupart des grandes villes ont plusieurs gares à voyageurs, dont chacune assure le trafic dans une direction déterminée, et entre lesquelles il est important, au point de vue du service de transit, d'établir des relations directes et faciles. Les Compagnies anglaises simplifient le service de transit dans les grands centres en multipliant à la fois le nombre des gares et le nombre des trains. Une même grande ligne aboutissant à Londres est parcourue par des trains partant de différentes stations de la métropole. Dans chaque gare, le voyageur dispose ainsi d'un grand nombre de correspondances ; l'emploi de voitures directes et les manœuvres qui s'ensuivent peuvent être notablement réduits, et l'on évite la construction de gares à installations énormes. Depuis quelques années on s'applique, sur le continent, à réaliser le même but : supprimer les grandes gares à l'intérieur des villes. On crée aux confins de celles-ci, en deux points diamétralement opposés, de grandes avant-gares, dans lesquelles on fait aboutir les trains de différentes directions, et on les relie entre elles par une ligne à deux, à quatre ou à six voies, qui traverse la ville, où elle a plusieurs petites stations sur son parcours. C'est le système appliqué à Berlin, où la gare de Grünewald, à l'Ouest de la ville, est la gare terminus pour les trains en provenance ou en destination de l'Est, et où celle de Silésie, à l'Est, sert pour ceux de et vers l'Ouest, les deux gares étant reliées par la Stadtbahn.

**Formes des grandes gares à voyageurs.** — Nous devons considérer séparément les gares de passage (non à-rebroussement) et les gares en impasse (terminus et à rebroussement).

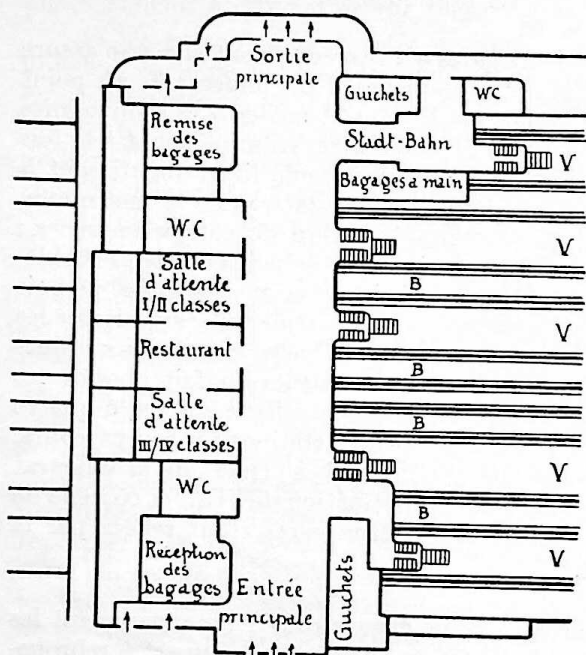
a) Dans les gares de passage, on distingue deux types principaux : les gares à bâtiment des recettes *latéral* (parallèle aux voies et situé en dehors d'elles) <sup>(1)</sup> et les gares à bâtiment des recettes *transversal* (perpendiculaire aux voies) qu'on appelle aussi « gares à étages ». Dans beaucoup de gares à bâtiment latéral, surtout celles dont la construction remonte à quelques années, la salle des pas perdus, les salles d'attente, la distribution des billets et l'enregistrement des bagages se trouvent au même niveau que les rails. A l'intérieur, un long quai, auquel on accède directement de la salle des pas perdus et des salles d'attente, s'étend le long du bâtiment et d'autres quais, accessibles le plus souvent par un tunnel ou une passerelle, sont établis entre les voies.

Les voyageurs dont les trains partent des quais intermédiaires doivent, si l'accès s'en fait par un tunnel, descendre puis monter un escalier ; ils doivent faire les mêmes opérations, mais dans l'ordre inverse, si l'installation comporte une passerelle. La moitié de cette peine leur est évitée lorsque les voies sont établies en contre-bas ou en contre-haut du bâtiment des recettes. Cette disposition est adoptée dans toutes les constructions nouvelles où il est possible de le faire.

Les gares de passage à bâtiment des recettes transversal sont établies avec ce bâtiment à un niveau inférieur ou supérieur à celui des voies, celles-ci étant, soit reportées au premier étage, soit établies en sous-sol. Des exemples du premier type se rencontrent sur les chemins de fer métropolitains (Berlin, Hambourg, Dresde), où salle des pas-perdus, salles d'attente, distribution des billets, réception des bagages, sont installées

(1) Dans certaines gares, Stuttgart par exemple, le bâtiment des recettes est situé entre deux faisceaux de voies.

sous les voies, dans les constructions des viaducs. Cette disposition présente l'inconvénient que le groupement, et surtout l'éclairage des locaux laissent à désirer. Le second type (bâtiment transversal au-dessus des voies) a reçu différentes applications dans ces dernières années, soit avec le bâtiment entier en travers des voies, comme à New-York (Pennsylvania RRd), à Copenhague, à Hambourg (fig. 43), soit avec une partie en



Station de Hambourg. (1)

FIG. 43.

travers (salles d'attente et bureaux du service de l'exploitation) et une partie sur le côté (salle des pas perdus, guichets, enregistrement des bagages), comme à Paris (Quai d'Orsay), Lubbeck, Darmstadt. Il se caractérise par un groupement parfait des locaux; les voyageurs s'orientent facilement et suivent des chemins courts, mais il laisse à désirer au point de vue de la visibilité des voies et des signaux. Quel que soit le type, les gares à étages évitent aux voyageurs une descente ou une montée inutiles et permettent d'effectuer aisément le service des bagages. Elles assurent la facilité et la sécurité de la circulation urbaine, les rues de la ville passant au-dessus ou au-dessous de la voie ferrée et elles réduisent, en général, l'importance des emprises, par suite la dépense d'acquisition du terrain.

b) Dans les gares en impasse (gares terminus et gares à rebroussement), on distingue le type ancien avec un bâtiment de chaque côté des voies, l'un pour l'arrivée, et l'autre

unique perpendiculaire aux voies (fig. 44). Celles-ci se terminent en impasse devant un grand quai transversal, auquel se soudent une série de quais perpendiculaires, établis entre les voies. Lorsque le plan des rails est au même niveau que la rue, les voyageurs n'ont pas d'escalier à descendre ou à monter pour arriver aux trains. Cette disposition n'est pas toujours adoptée, ainsi que le montre l'exemple d'Anvers (gare centrale), où la partie du bâtiment des recettes qui comprend la salle des pas perdus, la distribution des billets, l'enregistrement des bagages est en contre-bas des voies, qui se trouvent au-dessus du niveau de la rue.

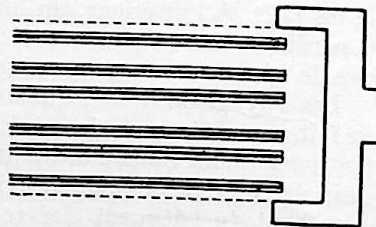


FIG. 44.

## B) LA CONSTRUCTION DES GARES A VOYAGEURS AU POINT DE VUE DU TRAFIC

Le bâtiment des recettes et les quais doivent être établis de telle sorte : a) que les voyageurs partants, arrivants ou transitants aient à faire, dans la gare, le trajet le plus

(1) V = quais à voyageurs ; B = quais à bagages ; Stadtbahn = ligne urbaine.

court possible et s'orientent facilement ; b) que, sans devoir traverser les voies, les voyageurs partants ou transitants puissent se rendre à leur train et les voyageurs arrivants gagner la sortie ; c) que le courant des voyageurs arrivants ne se heurte pas au courant des voyageurs partants et que la circulation des uns et des autres ne soit pas entravée par la manutention et le transport des bagages ; d) que le flux des voyageurs suburbains soit séparé de celui des voyageurs à long parcours.

a) **Chemin à parcourir par les voyageurs.** — En pénétrant dans le bâtiment des recettes, le voyageur doit trouver devant lui les guichets où se délivrent les billets et la salle où s'enregistrent les bagages. Dans toutes les installations modernes, il peut accéder directement aux quais intérieurs, en passant par un couloir en communication avec les salles d'attente (fig. 45). Celles-ci, qui sont beaucoup moins utilisées qu'autrefois et qui, en général, ne communiquent plus avec le hall des quais (1), ne sont plus, comme auparavant, disposées symétriquement par rapport à l'axe transversal du bâtiment. Elles sont réunies en un bloc, à droite ou à gauche de cet axe, ce qui en rend la surveillance plus facile et moins dispendieuse et permet une meilleure distribution du bâtiment.

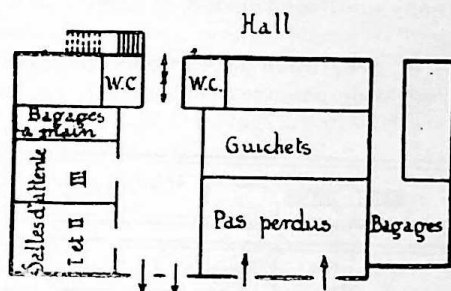


FIG. 45.

Dans les gares de *passage* à bâtiment latéral, le voyageur, en pénétrant dans le hall des quais, rencontre l'escalier du tunnel ou de la passerelle qui l'amène au quai d'embarquement du train qu'il désire prendre. Le trajet qu'il doit faire est plus long, dans les gares de ce type, que dans les gares à étages (à bâtiment transversal) où, suivant que le bâtiment est au-dessous ou au-dessus des voies, il n'a qu'un escalier à monter ou à descendre. Ces escaliers, de même que le tunnel ou la passerelle, disparaissent complètement dans les gares en impasse, avec bâtiment des recettes au niveau des voies.

Les voyageurs arrivants doivent trouver, sur le chemin qui les conduit à la sortie, la « consigne » des bagages à main et les lavabos. Quant aux voyageurs transitants, on leur raccourcit, dans les gares terminus, le chemin qui les conduit aux trains de concordance, en établissant sous les voies, à l'extrémité opposée au bâtiment des recettes, un tunnel transversal, en communication avec chacun des quais intermédiaires.

Le plus ou moins grand éloignement des salles d'attente des quais d'arrivée des trains, dont il convenait de se préoccuper autrefois, n'a plus guère d'importance depuis que les trains à longs parcours ont des voitures-restaurants et que s'est introduite la pratique, surtout en Angleterre et en Allemagne, d'établir sur les quais intermédiaires des pavillons où se débitent des rafraîchissements et des aliments.

b) **Traversée des voies.** — En Angleterre, Belgique, Italie, Allemagne et Autriche, il est maintenant de règle d'éviter, dans les grandes gares, que les voyageurs aient à traverser les voies pour se rendre sur les quais. La mesure est moins générale en France et n'est pas appliquée aux États-Unis. Aucune disposition ne doit être prise à cet égard dans les gares terminus, celles-ci ayant un grand quai transversal, normal aux quais intermédiaires. Dans quelques grandes gares de ce type (Bruxelles-Nord, Paddington, Kings Cross, Francfort, Leipzig), on a établi, à l'extrémité des quais intermédiaires,

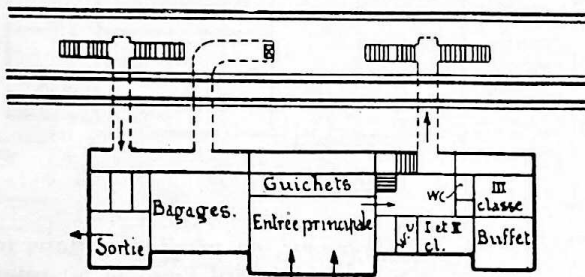
(1) Dans certaines gares, Lucerne par exemple, l'inverse est réalisé : les salles d'attente ne sont accessibles que du côté du hall des voies.



un tunnel ou une passerelle, pour raccourcir le chemin aux voyageurs passant d'un quai à un autre.

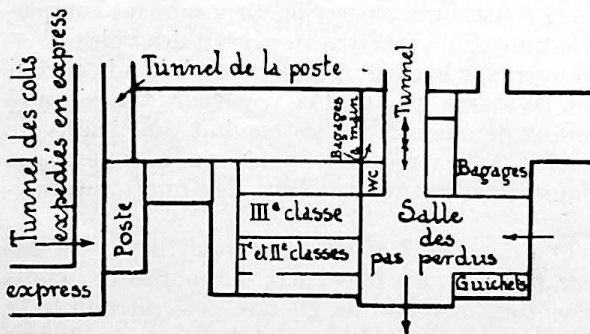
Dans les gares de passage à bâtiment latéral, on n'a accès aux quais entre les voies qu'au moyen d'un tunnel ou d'une passerelle. Le tunnel a cet avantage sur la passerelle qu'en aucun cas il ne nuit à la visibilité des signaux et que la vue peut embrasser tout le champ de la gare ; de plus, il est moins fatigant pour les voyageurs, lorsque les quais sont au même niveau que les rails, la hauteur des escaliers pouvant être sensiblement réduite (4 m. 50 pour une passerelle, 3 m. 90 pour un tunnel). Cet avantage disparaît dans les gares à quais surélevés et aussi dans celles où l'on adopte, pour le tunnel, une hauteur de 3 mètres ou plus. Avec une passerelle, le voyageur trouve plus facilement le quai sur lequel il doit se rendre.

c) **Séparation des chemins suivis par les voyageurs, à l'arrivée et au départ.** — Dans les gares de passage à bâtiment latéral, les voyageurs partants se rendent sur les quais



Genes. (Piazza Brignole)

FIG. 46.



Essen (Ruhr).

FIG. 47.

c) simplification de la surveillance ; d) facilité plus grande pour les voyageurs ayant une correspondance à attendre (ils arrivent, sans détours, aux salles d'attente) ; e) concentration en un seul point du service des bagages (inscription, consigne).

Dans les gares en impasse, le croisement des voyageurs arrivants et partants est généralement inévitable, aussi bien sur les quais longitudinaux que sur le grand quai transversal. On réduit l'inconvénient sur ce dernier, en lui donnant une grande largeur et en établissant la sortie à l'une des extrémités du bâtiment (nous supposons de celui-ci. Lorsque la gare n'est pas à rebroussement, on évite le croisement des voyageurs en groupant les voies par directions.

intermédiaires en empruntant le passage souterrain (ou la passerelle) qui fait suite au couloir débouchant de la salle des pas perdus. Dans certaines gares (Genes, Strasbourg, Cologne, Dusseldorf, etc.), les voyageurs arrivants prennent un autre passage pour gagner la sortie. Nettement séparés, les chemins suivis par les voyageurs passent, l'un, devant l'enregistrement des bagages, l'autre, devant la consigne.

Cette disposition n'est plus observée dans le plus grand nombre des gares de construction récente (Aix-la-Chapelle, Essen, Dortmund, etc.). Un passage souterrain unique, partant du hall des pas perdus, sert pour le départ et pour l'arrivée, de telle sorte que les voyageurs arrivants et partants se croisent dans le hall.

Les avantages suivants sont revendiqués en faveur de ce système : a) économie de construction (un tunnel au lieu de deux) ; b) possibilité de donner des dimensions plus grandes au hall des pas perdus, au tunnel et aux escaliers ;



**d) Transport des bagages.** — Dans beaucoup de gares, même à mouvement important, les charrettes ou tricycles qui conduisent les bagages aux trains, circulent sur les quais ; ils traversent en outre les voies, dans les gares de passage dont les quais sont au même niveau que le bâtiment des recettes. Ce système présente le défaut d'incommoder les voyageurs, surtout dans les gares terminus, et de rendre difficile et dangereuse l'exploitation dans les gares de passage.

L'inconvénient de la traversée des voies est facilement évité dans les gares dont le bâtiment des recettes est à un niveau différent de celui des quais ; les bagages peuvent être amenés aux trains par un passage au même niveau (au-dessus ou au-dessous des voies) que le bâtiment des recettes et par des ascenseurs débouchant dans les quais aux endroits où s'arrêtent les fourgons. Ce système présente l'inconvénient, dans les gares terminus, que les ascenseurs déposent les tricycles aux points des quais longitudinaux où ceux-ci se branchent sur le grand quai transversal, c'est-à-dire aux points où le mouvement des voyageurs est le plus intense (exemple : Anvers (gare centrale)).

Lorsque l'on veut débarrasser complètement les quais à voyageurs des tricycles et charrettes à bagages, on établit des quais spéciaux pour ceux-ci (voir plan de Hambourg, fig. 43). Cette installation exige que l'on dispose, pour la construction de la gare, d'une largeur suffisante.

**e) Séparation du trafic de grand parcours et du trafic suburbain.** — D'une manière générale, la question ne se pose que lorsque le trafic suburbain est assuré par des voies spéciales et des quais spéciaux, ou au moins des quais distincts de ceux du trafic de grand parcours. Autant que possible, la séparation est réalisée de telle sorte que les courants des voyageurs des trains de banlieue et de ceux des trains à grande distance ne se contrarient pas mutuellement, et que cependant le passage des quais de l'un des trafics se fasse facilement aux quais de l'autre.

Dans les gares de passage à bâtiment latéral, on obtient une séparation complète, en établissant pour le trafic suburbain un tunnel spécial (*t*), partant d'une aile spéciale *r* (fig. 48) du bâtiment des recettes, ou d'un bâtiment spécial. Quand le bâtiment des recettes est perpendiculaire aux voies et au-dessus d'elles, la séparation des deux trafics ne donne lieu à aucune difficulté (voir le plan de Hambourg fig. 43).

Dans les gares terminus, où les transbordements de voyageurs

entre lignes de grand parcours et lignes suburbaines sont peu importants, on assigne, quand la disposition des lieux s'y

prête, un hall avec bâtiment spécial au service suburbain. Une disposition de ce genre est réalisée dans la gare de Boston <sup>(1)</sup> (fig. 49), qui comporte deux étages, dont l'un pour le trafic de banlieue, et l'autre pour le trafic à grande distance. Les voies principales des grandes lignes sont au nombre de 8 à l'entrée de la gare ; réunies par une grande bretelle à jonctions doubles,

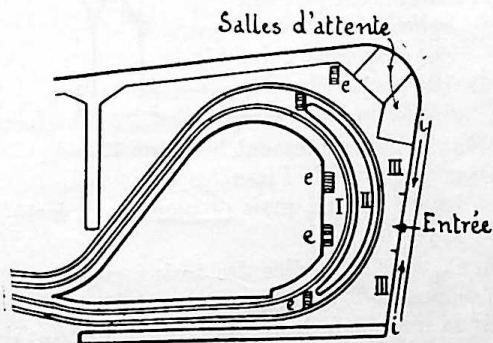
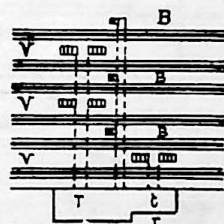


FIG. 49.



V = voyageurs.  
B = bagages.

FIG. 48.

elles se subdivisent en 28 voies, qui constituent, au rez-de-chaussée, le faisceau affecté

(1) *Organ*, 1897, p. 85.

aux lignes de grand parcours. Quatre voies, en forme de boucle, reliées avec toutes les grandes lignes en dehors de la gare, amènent dans le sous-sol tous les trains de banlieue. Ces quatre voies, dont la partie courbe a 74 mètres de rayon, sont réunies entre elles par une bretelle à l'entrée des souterrains, et sont desservies par trois quais I, II et III, communiquant par escaliers (*e*) avec le quai principal du rez-de-chaussée. Des plans inclinés (*i*) conduisent les voyageurs de banlieue dans la rue.

c) LA CONSTRUCTION DES GRANDES GARES A VOYAGEURS AU POINT DE VUE DE L'EXPLOITATION

**Entrées et sorties indépendantes des trains.** — Dans la construction des grandes gares à voyageurs, on doit, autant que possible, ne pas s'écarter du principe des entrées et sorties indépendantes des lignes principales. Celles-ci, qu'elles traversent la gare, qu'elles s'y terminent, que les trains passent ou non d'une ligne sur une autre, doivent être continuées avec leurs deux voies (les lignes à voie unique, doublées dès l'entrée), d'une manière autonome jusqu'aux quais. Toutefois, il est nécessaire de mettre toutes les voies en relation entre elles, en réunissant les voies extrêmes par une transversale, ou mieux une bretelle, avec jonction simple ou double à la rencontre des voies intermédiaires. L'arrivée et le départ sur une voie quelconque sont ainsi rendus possibles.

De même, on doit éviter la traversée à niveau des lignes principales, ou tout au

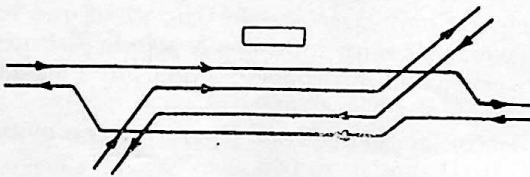


FIG. 50.

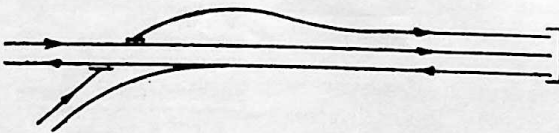


FIG. 51.

voies par directions et en faisant les croisements à la sortie (fig. 50).

Lorsque deux lignes à double voie sont réunies en un tronçon commun à l'entrée de la gare, il est recommandable, non seulement d'éviter une traversée à niveau en faisant passer une voie de l'une des lignes au-dessus ou au-dessous des deux voies de l'autre, mais de poursuivre isolément les deux voies d'entrée jusque dans la gare (fig. 51).

Dans les gares en impasse et à rebroussement, dans lesquelles des trains entrés par une ligne doivent repartir par une autre, des dispositions spéciales peuvent être prises pour éviter les croisements à niveau et rétablir la marche à droite des trains. Lorsqu'il ne s'agit que de deux lignes, le problème peut être résolu par l'une des dispositions représentées fig. 52 et 53.

Lorsqu'il y a plus de deux lignes, la solution se complique et le mieux est de faire entrer les lignes isolément dans la gare, dans des conditions telles que celles qui doivent servir de continuation l'une à l'autre se trouvent côte à côte.

moins, dans le cas où le passage de l'une des lignes au-dessus de l'autre donnerait lieu à une dépense trop élevée ou à une rampe défavorable pour l'exploitation, éviter le croisement à niveau des voies d'entrée. Cette solution se réalise facilement dans les gares de croisement de deux lignes à double voie, en disposant les

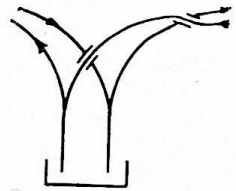


FIG. 52.

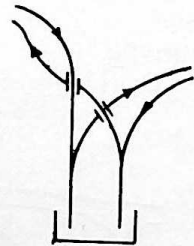


FIG. 53.

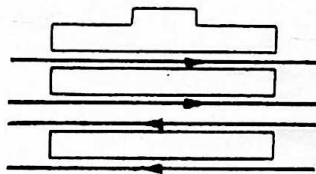
**Voies d'évitement, de croisement et de circulation.** — Outre les voies principales, les gares de passage doivent comprendre un nombre suffisant de voies : a) pour garer les trains de marchandises qui, sans subir aucune modification de composition, doivent être dépassés par des trains de voyageurs ; b) pour recevoir les trains de voyageurs lents qui doivent être dépassés par des trains plus rapides ou les trains de voyageurs dont elles sont les points terminus.

Les voies d'évitement des trains de marchandises sont, en général, reléguées sur le côté, à l'opposé du bâtiment des recettes. Au milieu du faisceau des voies à voyageurs, elles gêneraient les manœuvres (déplacement de voitures directes, addition d'une voiture, etc.) que comporte le service des voyageurs et elles seraient, à cause de la fumée et du bruit, une cause de désagrément pour les voyageurs. Dans les grandes gares, on relie souvent aux voies d'évitement des trains de marchandises les installations pour le trafic des marchandises à grande vitesse ; on facilite ainsi la réception et l'expédition des trains de messageries.

Les voies d'évitement des trains de voyageurs donnent lieu, dans l'intérieur de la gare, à des branchements, que l'on établit autant que possible d'après le principe de l'exploitation par directions, afin d'éviter les traversées de voies.

Dans toutes les gares d'une certaine importance, il est essentiel de faire passer, au milieu du faisceau des voies à voyageurs, et d'une extrémité de la gare à l'autre, au moins une voie de circulation, pour la manœuvre, en dehors des voies principales, des voitures directes, des voitures de renfort, des wagons-messageries, des locomotives.

**Groupement des voies et disposition des quais.** — Ainsi que nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les voies



Exploitation par directions.

FIG. 54.

d'une gare à voyageurs peuvent être groupées d'après le principe de l'exploitation par directions, ou le principe de l'exploitation par lignes (fig. 54 et 55).



Exploitation par lignes.

FIG. 55.

a) **GARES DE PASSAGE.** — Lorsqu'il s'agit d'une gare d'évitement, sur une ligne à

double voie, le groupement par directions (fig. 56) doit être préféré au groupement par lignes (fig. 57). Il évite tout croisement de voies et fait arrêter, le long d'un même



Groupement par directions.

FIG. 56.

quai, le train rapide et le train lent, qui doivent échanger des voyageurs ; le transbordement de ceux-ci est ainsi possible sans tunnel ou passerelle, d'où facilité pour les voyageurs et gain de temps pour l'expédition des trains.



Groupement par lignes.

FIG. 57.

En outre, les voyageurs d'une même direction partent tous du même quai, ce qui leur évite toute erreur, si exceptionnellement l'affectation des voies vient à être modifiée.

Le groupement par directions présente les mêmes avantages, relativement au groupement par lignes, dans le cas d'une gare d'embranchement <sup>(1)</sup>. Il peut alors être réalisé

<sup>(1)</sup> *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*. Fünfter Theil, Vierter Band, Zweite Abteilung, pp. 106-168.



suivant l'une des deux dispositions représentées fig. 58 et 59, dont la première est à

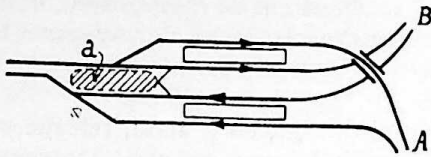


FIG. 58.

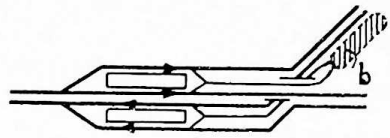


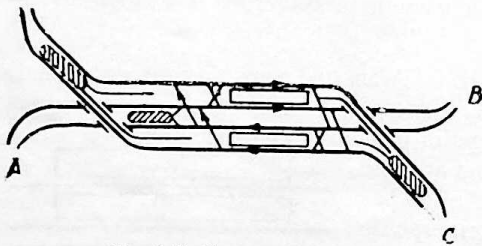
FIG. 59.

préférer si l'une des lignes B seulement a son origine dans la gare (le faisceau de remisage peut être placé en *a*) et dont la seconde convient mieux lorsque la gare forme des trains pour les deux directions (le faisceau de remisage peut alors être placé en *b*, d'où les rames peuvent atteindre les différentes voies sans couper à niveau aucune d'elles).

La solution du groupement par directions a contre elle qu'elle nécessite, à cause des traversées à niveaux différents, des dépenses de premier établissement plus élevées. Pour cette raison, on lui préfère souvent le groupement par lignes, surtout lorsque le mouvement des voyageurs est insignifiant sur l'une des lignes ; la situation des lieux peut aussi rendre impossible la solution du groupement par directions.

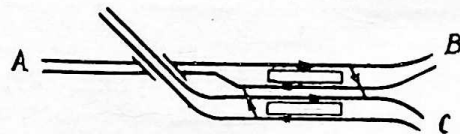
Enfin, dans le cas d'une *gare de croisement* <sup>(1)</sup>, le groupement par directions (fig. 60)

est aussi à préférer à celui par lignes, pour autant que l'on ne soit pas arrêté par la considération de dépense de premier établissement ou de situation topographique.



Exploitation par directions.

FIG. 60.



Exploitation par lignes.

FIG. 61.

Dans ce cas, il présente les avantages suivants : *a*) les voyageurs arrivant par une ligne et continuant par l'autre dans la même direction trouvent, en face des trains dont ils descendent, le train par lequel ils continuent ; *b*) le quai des trains allant vers A, par exemple, est le même qu'il s'agisse d'un train venant de B ou de C, tandis qu'il n'en est pas ainsi avec l'exploitation par lignes (fig. 61) ; *c*) le passage, sans changement de direction, d'un train d'une ligne sur une autre, se fait sans aucun croisement de voie, tandis que ce passage donne toujours lieu au croisement d'une voie d'entrée avec l'exploitation par lignes.

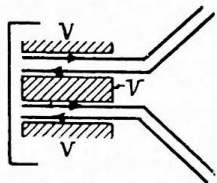
*b*) **GARES TERMINUS** <sup>(2)</sup>. — Lorsque deux lignes seulement aboutissent dans la gare, on donne généralement la préférence à l'exploitation par directions, qui permet de grouper les voies en un faisceau d'arrivée et un faisceau de départ, tout en ménageant entre elles des liaisons permettant de les affecter, en cas de besoin, soit à l'arrivée, soit au départ. Ayant ainsi des quais compris entre deux voies d'arrivée et deux voies de départ, on évite sur chaque quai les courants opposés de voyageurs, ce qui est parti-

<sup>(1)</sup> *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*. Fünfter Theil, Vierter Band, Zweite Abteilung, pp. 168-233.

<sup>(2)</sup> *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*. Fünfter Theil, Vierter Band, Zweite Abteilung, pp. 233-256.



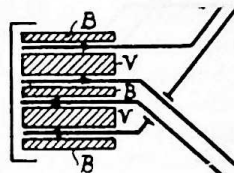
culièrement désirable dans une gare terminus, où les trajets entre les salles d'attente et les trains sont plus longs que dans une gare de passage. Le système se prête mieux également à l'établissement de quais à bagages (B). Par contre, il offre l'inconvénient — qui ne se rencontre pas dans l'exploitation par lignes (fig. 62) — que le croisement des



Exploitation par lignes.

FIG. 62.

voies principales est inévitable (fig. 63 et 64). Ce croisement, on peut le réaliser à niveau à proximité des quais, ou faire une traversée à niveaux différents, à grande distance de ceux-ci. Le faisceau de remisage, dans le cas de l'exploitation



Exploitation par directions.

FIG. 63.

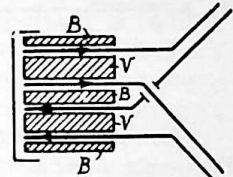


FIG. 64.

par directions, se place parfois au milieu, entre les deux lignes aboutissant dans la gare. Avec cette disposition, des croisements avec les voies principales sont inévitables. Aussi est-il plus avantageux, quand le mouvement est important, d'établir une gare de remisage en dehors de la gare à voyageurs proprement dite.

— Lorsque plus de deux lignes sont introduites, d'une manière autonome, dans une gare terminus, on préfère l'exploitation par lignes. Les voies de remisage sont alors groupées en plusieurs faisceaux que l'on place entre les lignes auxquelles ils correspondent afin d'éviter autant que possible le croisement des voies principales, dans les manœuvres. Dans ce cas, il est encore recommandable de faire une gare de remisage spéciale et de l'établir à proximité du dépôt de locomotives, afin d'utiliser, pour le va-et-vient des machines et des voitures, les mêmes voies de circulation, traversant, autant que possible, à niveaux différents, les voies principales. On peut aussi adopter un système mixte, en établissant, entre les voies principales, à proximité des quais, quelques voies de remisage pour les rames qui stationnent peu et ne demandent qu'un nettoyage sommaire et en construisant, au loin, une gare de remisage, pour les rames voulant un nettoyage à fond, et dont la composition doit être profondément modifiée.

c) GARES DE REBROUSSEMENT <sup>(1)</sup>. — Quel que soit le système de l'exploitation, par lignes ou par directions, des croisements d'itinéraires sont inévitables dans toutes les gares en impasse où aboutissent deux ou plusieurs lignes dans des conditions telles que des trains arrivés par l'une d'elles doivent repartir par une autre. En général, on laisse arriver chaque train sur la voie de réception affectée à la ligne par laquelle il s'amène (un train venant de A est reçu sur la voie 2 (fig. 65), un train venant de B, sur la voie 4) et c'est à la sortie qu'on le fait passer sur l'autre ligne. On évite ainsi les traversées à l'entrée.

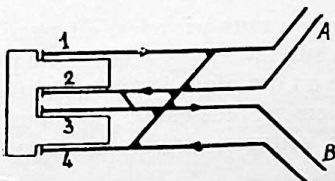


FIG. 65.

Si l'on veut également supprimer les traversées de niveau à la sortie (on voit qu'un train arrivé de B, sur la voie 4, doit couper les voies 3 et 2 pour partir vers A par la voie 1), on doit, à l'entrée de la gare, intervertir les directions des voies de l'une des lignes (B, par exemple, fig. 66) et éviter un croisement à niveau à la sortie, ce qui est réalisé au moyen de deux ponts,

<sup>(1)</sup> *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*. Fünfter Theil, Vierter Band, Zweite Abteilung, pp. 266-301.

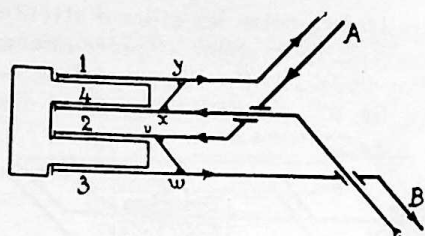


FIG. 66.

faisant passer la voie 4 au-dessus ou au-dessous des voies 2 et 3. Les liaisons  $x y$  et  $v w$  permettent à un train venu de B et reçu sur la voie 4, de partir vers A et à un train venu de A et reçu sur la voie 2, de partir vers B. Les voyageurs pour A utilisent le même quai que leur train parte de la voie 1 ou de la voie 4 et il en est de même de ceux prenant un train pour la direction B.

**Comparaison des gares de passage et des gares en impasse.** — Les gares de passage l'emportent sur les gares en impasse, aux points de vue ci-après : *a)* les entrées en gare se font avec moins de danger et moins de perte de temps ; *b)* les arrêts des trains n'ont que la durée nécessaire pour débarquer et embarquer les voyageurs, décharger et charger les bagages. Il n'en est pas de même dans une gare à rebroussement, où une nouvelle locomotive doit être attelée au train et un nouveau fourgon, à moins qu'on n'adopte le système de faire rouler les trains avec un fourgon de tête et un fourgon de queue ; *c)* la manœuvre des voitures directes peut se faire avec plus de célérité, étant donné qu'il est possible de l'exécuter, soit à l'une, soit à l'autre extrémité du train ; *d)* l'exploitation de la gare est moins dangereuse : on est affranchi des nombreuses circulations de locomotives propres aux gares en impasse, où chaque train de passage veut une machine nouvelle (devant venir du dépôt jusqu'à la voie de départ) et laisse une machine (devant rebrousser au dépôt, lorsque le train est parti).

Malgré ces inconvénients, qui affectent la marche et le coût de l'exploitation, on construit des gares en impasse, parfois parce que l'on ne peut pas les éviter, le plus souvent parce qu'elles permettent de pénétrer plus avant dans l'intérieur des villes.

#### D) PARTICULARITÉS DE CONSTRUCTION DES GRANDES GARES A VOYAGEURS

**Quais** <sup>(1)</sup>. — On distingue deux espèces de quais : les quais à niveau, dont la hauteur ne dépasse que légèrement (0 m, 25 à 0 m, 30) celle des rails, et les quais surélevés, établis au même niveau, ou presque, que le plancher des voitures (fig. 67).

Les premiers sont d'un emploi général sur le continent, où les seconds ne sont guère appliqués que dans des gares affectées exclusivement au service des voyageurs, notamment sur des chemins de fer métropolitains. Les quais surélevés prédominent en Angleterre ; on leur donne 0 m, 91 de hauteur au-dessus du rail, dans les installations nouvelles, et on n'est pas descendu au-dessous de 0 m, 76 dans les constructions anciennes.

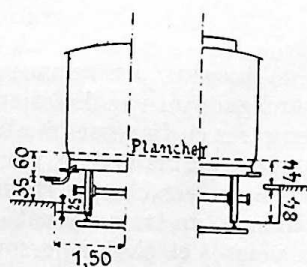


FIG. 67.

Avec des quais à niveau, la traversée des voies, avec ou sans tricycles, est possible en tous les points ; il n'en est pas de même avec les quais surélevés, auxquels on ne peut avoir accès que par un passage souterrain, une passerelle ou des plans inclinés, ménagés à leurs extrémités. Les quais surélevés sont incontestablement plus commodes pour les voyageurs ; ils facilitent l'inspection de l'intérieur des voitures, mais rendent moins aisée la visite des roues et des attelages.

La longueur des quais doit être en rapport avec celle des trains ; elle atteint jusque 350 mètres dans les grandes gares où s'arrêtent des trains à longs parcours. Elle est moindre sur les lignes suburbaines et sur celles à profil accidenté.

(1) FRAHM. Das Englische Eisenbahnwesen, p. 95.

La largeur des quais se règle d'après leur situation par rapport aux voies, le mode suivant lequel s'en fait l'accès et l'importance du trafic. Il convient de distinguer si le quai sert exclusivement aux voyageurs, exclusivement aux bagages ou à la fois aux voyageurs et aux bagages. Dans ce dernier cas, il y a encore à considérer si la circulation des tricycles y est admise ou non et si, comme en Angleterre, les fiacres y ont accès. Enfin, il importe de tenir compte éventuellement des colonnes supportant la toiture, des pavillons servant de restaurants, de salles d'attente, etc. Quand il s'agit de quais compris entre deux voies, on leur donne de 8 à 11 mètres, quand ils servent aux voyageurs et aux bagages, et de 6 à 8 mètres, quand ils servent exclusivement aux bagages ; les quais transversaux des gares en impasse ont de 15 à 25 mètres.

Les bords des quais doivent ne pas empiéter sur le gabarit ; suivant leur hauteur, on les écarte de 1 m. 50 à 1 m. 60 de l'axe de la voie.

**Passages souterrains.** — Une largeur de 8 à 10 mètres est suffisante, avec un trafic important, pour un passage à voyageurs parcouru dans les deux sens. Lorsqu'on établit deux passages souterrains, on donne de 6 à 8 mètres à celui des voyageurs arrivants, et de 4 à 5 mètres à celui des voyageurs partants. Dans les gares comportant un service des trains suburbains, on ne donne que de 4 m. 50 à 5 mètres au tunnel affecté spécialement aux voyageurs de banlieue. Quant aux tunnels pour bagages, leur largeur ne dépasse pas 4 mètres ; le transport s'y fait au moyen de tricycles, traînés par des hommes ou par des tricycles automoteurs, dont l'usage se répand de plus en plus.

**Escaliers, rampes et ascenseurs.** — Les tunnels et les passerelles rencontrant les quais en leur milieu ont toujours deux escaliers par quai ; on se contente généralement d'un escalier, quand les quais sont rencontrés vers leur extrémité. Les escaliers ont de 2 m. 50 à 4 m. de largeur. En Angleterre et en Amérique, ils sont souvent remplacés par des rampes, dont l'inclinaison est généralement de 1 : 10.

Les ascenseurs à voyageurs ne se rencontrent que dans quelques gares métropolitaines, telles que celles de Londres, où la différence de niveau à franchir est importante ; ils sont alors établis de manière à donner passage à un grand nombre de voyageurs à la fois. Un escalier roulant est installé dans la gare du Quai d'Orsay, à Paris (1).

Les bagages sont élevés ou descendus au moyen d'ascenseurs électriques ou hydrauliques ou au moyen de toiles sans fin. Ce dernier système se rencontre à Hambourg, à Paris-Invalides et dans la gare du Quai d'Orsay (2).

**Halles et marquises.** — Jusque dans ces dernières années, il était de règle de couvrir les quais des gares à voyageurs importantes par un hall de grande portée, installé au droit du bâtiment des recettes. Ce hall présentait l'inconvénient de retenir le brouillard, ainsi que la fumée des locomotives. Différentes administrations, les Compagnies anglaises et l'État belge notamment, installent aujourd'hui, au-dessus des quais, des marquises s'avancant jusqu'à l'aplomb des rails, de manière à abriter les voyageurs pendant qu'ils montent dans les voitures. Ce système présente plusieurs avantages : il améliore les conditions d'éclairage et de ventilation et diminue les dépenses d'installation et d'entretien.

**Heurtoirs (3).** — Les heurtoirs sont établis à l'extrémité des voies en cul-de-sac des gares en impasse. On distingue : les heurtoirs ordinaires, les heurtoirs hydrauliques et les heurtoirs avec grille de glissement.

(1) *Revue générale des chemins de fer*, juin 1908.

(2) *Revue générale des chemins de fer*, juillet 1901.

(3) *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*. Vierter Theil, Sechster Band, XII Kapitel, p. 276.



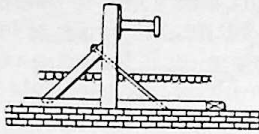


FIG. 68.

**HEURTOIRS ORDINAIRES.** — Ils sont constitués (fig. 68) par deux montants verticaux, placés à l'écartement des rails, sur une forte semelle en bois et consolidés par un contrefort à l'arrière et un tirant à l'avant. Ces montants portent des appareils élastiques, destinés à amortir les chocs, constitués par des buttoirs avec ressorts en spirale ou en caoutchouc. Toute la charpente, dont une partie pénètre dans le sol, repose sur une fondation en maçonnerie.

Ces heurtoirs ne résistent pas à l'action de chocs même relativement faibles. Pour réduire les conséquences de ceux-ci, on a souvent recours à l'ensablement de la voie, sur une certaine longueur, en avant du heurtoir ; ce moyen n'est pas très efficace, la longueur sur laquelle l'ensablement peut se faire étant toujours insuffisante.

**HEURTOIRS HYDRAULIQUES** (1). — (Système Langley et Webb en Angleterre, système Hoppe en Allemagne). La partie fixe et rigide du heurtoir comprend deux cylindres horizontaux ABCD (fig. 69), distants l'un de l'autre d'une longueur égale à l'écartement des buttoirs des véhicules. L'avant de ces cylindres est en communication permanente, par des tubulures E, avec un cylindre transversal F, qui constitue une chambre à air ; l'arrière est relié au même cylindre, mais la communication est obstruée par une soupape de sûreté G, qui ne se lève que lorsque le heurtoir reçoit un choc d'une intensité déterminée. Toute cette partie fixe repose sur une fondation maçonnée, à laquelle elle est reliée par des ancrages obliques, destinés à en empêcher le déplacement longitudinal, et des ancrages verticaux pour en empêcher le soulèvement.

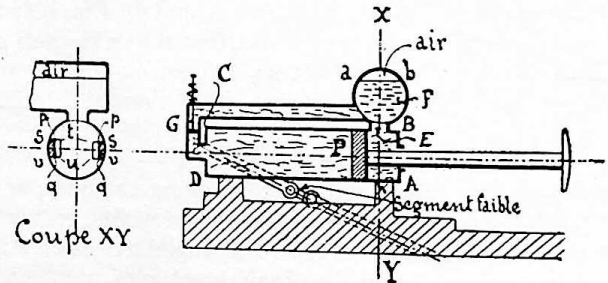


FIG. 69.

La partie élastique du heurtoir est constituée par les pistons P, dont les tiges, longues de 2 m. 50, reçoivent le choc des buttoirs de la locomotive, lorsque celle-ci dépasse le point d'arrêt obligé. Chacun de ces pistons est creusé de deux échancrures rectangulaires  $s t u v$ , qui chevauchent sur des lattes  $s p q v$ , vissées sur la paroi intérieure des cylindres et ayant une section allant en augmentant de l'avant jusqu'à l'arrière, de telle sorte que le vide  $p t u q$  entre les lattes et les échancrures devient de plus en plus petit à mesure que le piston se rapproche de l'extrémité de sa course. Au moment de mettre les heurtoirs en service, on introduit de la glycérine dans les cylindres ABCD et F ; ce dernier n'est rempli que jusqu'au niveau  $ab$  et l'air qui y reste est comprimé jusqu'à 5 atmosphères, au moyen d'une pompe.

Pour que l'amortissement du choc entre le train et le heurtoir ait les conséquences les moins désagréables pour les voyageurs et les moins nuisibles pour le matériel, il convient que la résistance de la partie élastique du heurtoir soit relativement faible au moment où le choc se donne ; elle peut ensuite aller en augmentant à mesure que la force vive du train diminue. Cet effet est obtenu par la réduction progressive des vides  $p t u q$ , par lesquels la glycérine fuit de l'arrière vers l'avant des pistons.

Lorsque le train arrivant sur le heurtoir est animé d'une force vive peu considérable, la soupape G reste sur son siège ; le recul des pistons n'a d'autre effet que de déplacer

(1) Portefeuille économique des machines, Décembre 1903.



de la glycérine de l'arrière vers l'avant des cylindres. Lorsque la force vive dépasse une certaine limite, la soupape G entre en jeu et ouvre une issue plus grande à la glycérine, de telle sorte que le choc reste dans des limites supportables pour les voyageurs et pour le matériel. Si, dans ces conditions, le piston arrivait à fond de course, sans que la vitesse du train fût complètement annulée, le choc sur le fond des cylindres aurait pour effet de détruire des segments faibles intercalés dans leurs ancrages obliques ; la locomotive avancerait encore un peu, mais serait arrêtée par la couche de sable recouvrant la voie.

HEURTOIRS AVEC GRILLE DE GLISSEMENT <sup>(1)</sup>. — (Système Rawie). On reproche aux heurtoirs hydrauliques que la longueur sur laquelle ils font le freinage du train ne peut guère dépasser 2 m. 50 (la course des pistons), de telle sorte que ce n'est que dans le cas où la force vive est peu élevée que les accidents de personnes et la destruction du matériel sont évités. Le système Rawie prétend remédier à cet inconvénient.

L'appareil se caractérise en ce que le heurtoir est mobile et que la résistance qu'il offre est minimum au moment où le choc se donne, pour aller en augmentant à mesure que la force vive du train va en diminuant. Il est constitué par un heurtoir ordinaire porté par une plate-forme AB (fig. 70), qui repose sur le ballast et qui est reliée à une série de traverses métalliques, glissées sous les rails. Ces traverses sont réunies entre elles, à leurs extrémités, par des articulations a, b, c,... (fig. 71), qui les font entrer en

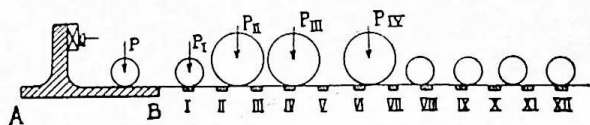


FIG. 70.

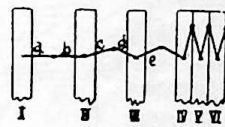


FIG. 71.

jeu l'une après l'autre à mesure que le heurtoir recule sous la poussée du train. La résistance résulte, d'une part, du frottement sur le ballast de la plate-forme AB et des traverses métalliques, d'autre part, des charges P, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>,... des roues, qui viennent successivement reposer sur elles.

## 2<sup>o</sup> Les gares de remisage <sup>(2)</sup>

Dans les gares intermédiaires, même très importantes, il suffit en général d'établir, à proximité des voies principales et en communication facile avec elles, un certain nombre de voies pour le remisage des voitures de renfort à ajouter éventuellement aux trains. Il n'en est pas de même dans les gares têtes de ligne, dans lesquelles des trains terminent régulièrement leur parcours. Ici, il convient d'installer des voies, non seulement pour le garage des rames en service normal et des voitures destinées au renforcement régulier et accidentel des trains, mais encore des voies pour le remisage des voitures destinées aux trains spéciaux, mis en mouvement les jours de fête et de déplacement de troupes, des voitures constituant les rames de réserve remplaçant les rames ordinaires quand elles sont envoyées au levage, des voitures spéciales roulant dans les trains de voyageurs, telles que les voitures de luxe, les wagons-restaurants,

<sup>(1)</sup> *Organ für Fortschritte*, 1910 Heft 18 et 1911 Heft 3

<sup>(2)</sup> CAUER. Anordnung der Abstellbahnhöfe.  
 ODER und BLUM. Abstellbahnhöfe.

*Handbuch der Ingenieurwissenschaften* : Description et plan des stations de Grunewald et de Rummelsburg, p. 386.

les wagons-lits, les voitures-poste, les voitures de malades, les voitures mortuaires. En outre, des voies et des installations doivent être prévues pour pouvoir modifier la composition des rames normales, en assurer la visite, le nettoyage, l'éclairage et le chauffage. Dans les grandes gares à voyageurs, ces installations ne peuvent pas toujours se faire dans le périmètre de la gare même, et elles doivent être établies dans une gare spéciale, une « gare de remisage » installée souvent à plusieurs kilomètres de la première.

Les gares de remisage répondent donc essentiellement aux besoins du service à voyageurs ; parfois on ajoute à leurs installations celles du service des postes et du service à marchandises à grande vitesse. Généralement elles comprennent un dépôt de locomotives et un atelier d'entretien et de réparation du matériel à voyageurs.

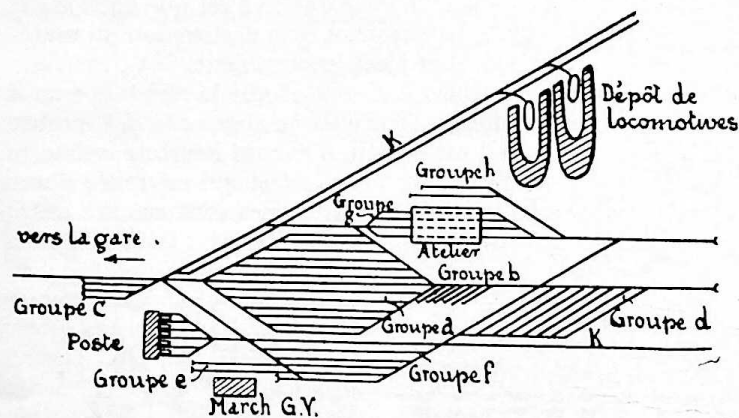


FIG. 72.

Dans les groupes de voies que l'on rencontre dans une gare de remisage, il convient de citer en premier lieu (fig. 72) : a) les voies de réception des rames retirées de la gare pour être visitées et nettoyées, et les voies de dépôt des rames prêtes à être renvoyées dans la gare ; b) les voies pour la modification de la composition des rames ; c) les voies pour les voitures directes et

les voitures de renfort ; d) les voies pour le garage des voitures de réserve.

Dans les installations simples, les groupes a, b, et d sont réunis en un seul faisceau et l'on renonce au groupe c. Les manœuvres des rames se font alors en tête des voies a, b, c et d, un groupe e pour la poste et les marchandises en grande vitesse, un groupe f pour les voitures de luxe, les wagons-restaurants et les wagons-lits, un groupe g pour les voitures entrant à l'atelier de réparations, un groupe h pour les réparations en plein air, des voies k pour la circulation des locomotives et les manœuvres. Le groupe c n'a pas sa place dans la gare de remisage lorsque les installations de la poste et des marchandises à grande vitesse se trouvent à côté du bâtiment des recettes. Lorsque la gare de remisage est à une grande distance de la gare à voyageurs, on maintient dans celle-ci, à proximité des quais, le groupe c des voitures directes et des voitures de renfort.

Sur les voies du groupe a se font la visite des rames venues de la gare, leur nettoyage extérieur et intérieur, le remplissage de leurs réservoirs à gaz, la charge ou le remplacement de leurs batteries d'accumulateurs et le chauffage préalable de leurs compartiments en hiver. Ce groupe nécessite l'installation de conduites d'eau, d'air comprimé ou raréfié, de gaz, d'électricité et de vapeur. Si les voies qui le composent sont subdivisées en deux faisceaux, dont l'un pour les voitures à nettoyer et l'autre pour les voitures nettoyées, il n'y a à prévoir, dans le premier faisceau, que les conduites d'eau et d'air et, dans le second, que les conduites de gaz, d'électricité et de vapeur.

Dans le groupe b, les rames subissent les modifications de composition prévues par le livret de formation des trains. En général, il suffit de le constituer de 4 à 5 voies de 40 à 60 mètres de long, que l'on construit en impasse et que l'on branche sur une voie de tiroir.

Le groupe *d*, qui sert à garer le matériel dont la gare dispose pour ses trains extraordinaires, doit pouvoir recevoir un grand nombre de voitures ; ses voies ont de 200 à 300 mètres de longueur.

Le groupe *e* n'est nécessaire que dans les très grandes gares terminales. Dans les gares de passage, les colis postaux et les marchandises en grande vitesse sont remis directement aux trains, le chargement s'en faisant par les quais à voyageurs ou par des quais spéciaux.

Les voies du groupe *g* sur lesquelles s'effectuent les réparations des voitures peuvent se terminer en cul-de-sac dans l'atelier. Il est préférable de les prolonger au-delà de celui-ci, de manière à les relier d'un côté à la voie de tiroir des groupes *a*, *b* et *d* et de l'autre côté à la voie de circulation *k* vers la gare. C'est dans cet atelier que se font le levage des voitures, la visite et l'entretien des freins et des appareils de traction ; les voies sur lesquelles s'exécutent ces opérations doivent être établies sur fosses.

Il est essentiel de prévoir un nombre suffisant de voies de circulation *k*.

Le choix de l'emplacement de la gare de remisage est d'une grande importance. Le problème se présente dans les conditions les plus simples dans les gares où les trains suburbains prédominent. La composition de ceux-ci est pour ainsi dire invariable ; c'est au plus si, après chaque voyage, il faut déplacer le fourgon de l'une des extrémités de la rame à l'autre. Dans les cas de l'espèce, la gare de remisage s'établit de préférence entre les lignes que dessert la gare à voyageurs, afin d'éviter autant que possible le croisement des itinéraires des trains avec ceux des rames.

Le problème se résout moins facilement dans une gare avec un trafic important à longue distance. Dans ce cas, la composition des trains est l'objet de remaniements continuels et la gare de remisage se place le mieux en dehors des voies principales, du côté du départ.

### 3<sup>o</sup> Les grandes gares à marchandises

Les grandes gares à marchandises sont réservées principalement aux expéditions de marchandises en petite vitesse et de bétail. Parfois on y ajoute les expéditions en grande vitesse, lorsque celles-ci se font par des trains de messageries ; sauf ce cas, le trafic à grande vitesse est assuré par les gares à voyageurs ou les gares de remisage, à moins qu'il ne soit assez important pour donner lieu à l'établissement d'une gare spéciale.

Dans les gares à marchandises, on distingue les gares affectées au trafic en général et les gares spéciales (gares aux bestiaux, gares aux charbons, gares maritimes, gares d'échange).

#### A) GARES AFFECTÉES AU TRAFIC EN GÉNÉRAL

Les grandes gares à marchandises sont ordinairement des gares en impasse ; elles ont ainsi la forme qui se prête le mieux au développement en largeur, ce qui répond au besoin d'installer côte à côte les halles à marchandises et les quais de chargement et de déchargement, qui constituent la particularité essentielle de ces gares. N'étant raccordées que par une de leurs extrémités à la ligne principale, les gares en impasse peuvent pénétrer plus avant dans les villes. Terminées en cul-de-sac, leurs voies peuvent, à longueur égale, recevoir un plus grand nombre de wagons.

Comme voies, les gares à marchandises comportent, en premier lieu, un faisceau de réception et un faisceau d'expédition des trains et, à côté de ceux-ci, un groupe de voies de débranchement et de formation. Suivent ensuite les voies de garage des wagons vides ou chargés ; enfin, les voies de chargement.

Autant que possible, comme dans les gares à voyageurs, les entrées et les sorties des trains doivent être indépendantes et les manœuvres sur les voies de chargement



et de déchargement, ne pas entraver le mouvement des trains. Le développement des voies et le mouvement sont notablement réduits lorsque la gare, ainsi que c'est généralement le cas, est reliée à une gare de triage et de formation.

Les expéditions des marchandises en petite vitesse se font dans des conditions telles que l'envoi pour une même destination correspond ou non, en poids ou en volume, à la capacité de chargement d'un wagon. Dans le premier cas, il s'agit d'une expédition par wagon complet, et l'expéditeur est tenu d'en faire lui-même le chargement, en se servant, s'il le désire, des engins de l'administration ; dans le second, on se trouve devant une expédition par wagon incomplet ou de détail et la mise sur wagon incomplet à l'administration. Le plus grand nombre des marchandises expédiées par wagon complet ne sont pas emballées et peuvent être manutentionnées en plein air et par tous les temps ; l'expéditeur les amène sur un *quai de chargement*, longeant la voie sur laquelle se trouve le wagon qui doit les transporter. Les marchandises expédiées par wagon incomplet sont presque toujours reçues dans une *halle* où l'administration les emmagasine à l'abri des intempéries, en attendant qu'elles soient chargées.

Les formalités sont les mêmes à la réception. Les marchandises expédiées par wagon complet sont déchargées par les destinataires, tandis que celles faisant l'objet d'une expédition de détail sont déchargées et déposées dans les halles, par les soins de l'administration. Suivant le cas, elles sont remises à domicile par cette dernière, ou enlevées par ceux à qui elles sont destinées.

Au départ, les colis des expéditions de détail sont groupés dans des wagons. Ce groupage donne lieu à des transbordements et à de nouveaux groupages dans les gares de bifurcation, et y nécessite l'installation de *halles et de quais de transbordement*.

Outre les voies, l'installation d'une gare de marchandises comprend donc des halles et des quais de chargement et de déchargement, des halles et des quais de transbordement, des rampes et des engins de chargement.

Les gares à marchandises du continent sont généralement établies aux confins des villes et ne sont pour ainsi dire jamais à étages. Il n'en est pas de même des gares anglaises, que les Compagnies installent, autant que possible, à l'intérieur des villes et qu'elles sont obligées, par suite de la cherté du terrain, de développer en hauteur. La pratique anglaise diffère en outre de celle du continent en ce que les chemins de fer gardent les colis pendant tout le temps que l'expéditeur ou le destinataire en paie les frais d'emmagasinage. Les halles prennent ainsi un développement énorme et plusieurs étages s'imposent.

En 1890, le Great Northern a construit la gare de Deansgate, au milieu de la ville de Manchester. Cette gare est à cinq étages : le rez-de-chaussée et le premier étage servent au déchargement des wagons, et les trois autres étages à l'emmagasinage des marchandises. Les voies du premier étage sont reliées à la ligne principale et communiquent, par deux plans inclinés de 35 millimètres, avec les voies du rez-de-chaussée. La halle de celui-ci, qui comprend 5 voies intérieures et 1 voie extérieure et peut recevoir 56 wagons, est affectée exclusivement au trafic (arrivées et départs) avec Londres ; la halle de l'étage, qui a 6 voies pour 48 wagons, sert pour les autres destinations. Le service du camionnage occupe 150 chevaux, dont les écuries constituent une annexe de la gare (1).

#### A) HALLES A MARCHANDISES

Quelle que soit la forme qu'on leur donne, les halles à marchandises comprennent un ou plusieurs quais de chargement, ayant la hauteur du plancher des wagons et intercalés entre la voie ferrée sur laquelle ceux-ci stationnent pendant qu'ils sont chargés

(1) FRAHM. Das englische Eisenbahnwesen, p. 125.



ou déchargés et une voie charretière pour les chariots amenant les colis à expédier ou enlevant les colis arrivés.

Différentes conditions sont à réaliser dans la construction des halles des grandes gares :

1<sup>o</sup> Le service de l'arrivée doit être distinct de celui du départ. Alors que dans les petites stations, une seule halle à marchandises est suffisante et qu'il n'est pas nécessaire de la subdiviser en deux parties, dont l'une pour les marchandises à l'arrivée et l'autre pour celles au départ, cette subdivision s'impose dans les grandes gares ; on la réalise le plus souvent en construisant une ou plusieurs halles pour l'arrivée et une ou plusieurs halles pour le départ.

2<sup>o</sup> La circulation sur la voie charretière doit se faire sans encombrer celle-ci. Cette voie doit être d'autant plus large qu'elle est plus longue, ce qui implique qu'elle doit ne pas dépasser une longueur déterminée.

3<sup>o</sup> La mise en place et le retrait des wagons doivent se faire par des manœuvres simples et ces manœuvres, s'effectuant pour un ou quelques wagons, doivent contrarier le moins possible le chargement ou le déchargement en cours à d'autres wagons, placés devant le même quai du hangar.

On construit des halles à quais rectilignes, à quais à redans, à quais dentelés et à quais en dents de scie.

**Halles à quais rectilignes.** — En Allemagne et en Autriche, on fait surtout des halles à quai de chargement extérieur ; en Angleterre, où les wagons couverts sont beaucoup moins employés, on donne la préférence aux halles à quais de chargement intérieurs. Une *halle à quai extérieur* est constituée par un bâtiment rectangulaire, dont les deux longs côtés sont longés, l'un par la voie ferrée, l'autre par la voie charretière et dont le sol est surélevé de 1<sup>m</sup>,10 au-dessus du niveau des rails (fig. 73). Les longs côtés sont percés de portes, distantes de 9 mètres d'axe en axe, permettant le passage, dans le hangar, des colis amenés par la voie ferrée ou la voie charretière et vice-versa. Afin de faciliter le transbordement, l'axe du wagon ne correspondant pas toujours avec l'axe de la porte ; le sol de la halle est prolongé, du côté de la voie ferrée, par un quai extérieur de 1<sup>m</sup>,50 à 2<sup>m</sup>,00 de largeur ; généralement, un quai analogue est établi du côté des chariots. La toiture déborde de chaque côté de manière à former un auvent de 3<sup>m</sup>,00 à 3<sup>m</sup>,50 de saillie. Outre l'espace affecté spécialement aux marchandises, le bâtiment comporte un local B, dont une partie est occupée par les agents de l'administration et dont l'autre est réservée au public. Parfois, on établit à l'extérieur de la halle une plate-forme P, également au niveau du plancher des wagons, destinée aux marchandises malodorantes, aux colis sujets à fuites (tonneaux d'huile, par exemple), etc.

Généralement on donne à la voie ferrée longeant la halle une longueur notablement plus grande que celle du bâtiment, afin que toute la rame à charger ou à décharger puisse être amenée en une fois par la machine et qu'il suffise ensuite de déplacer les

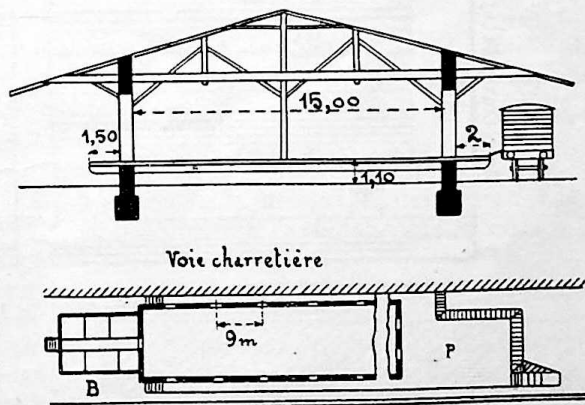


Fig. 73.

wagons, à bras d'homme, pour les amener successivement devant le quai de déchargement.

Lorsque la halle est très longue, on facilite le retrait des wagons isolés en établissant une bretelle (fig. 74) entre la voie de déchargement A et la voie de manœuvre B qui lui est parallèle.

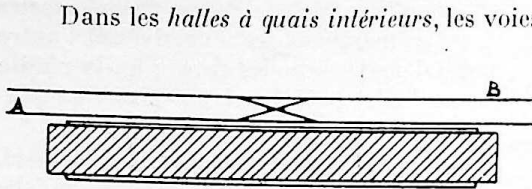
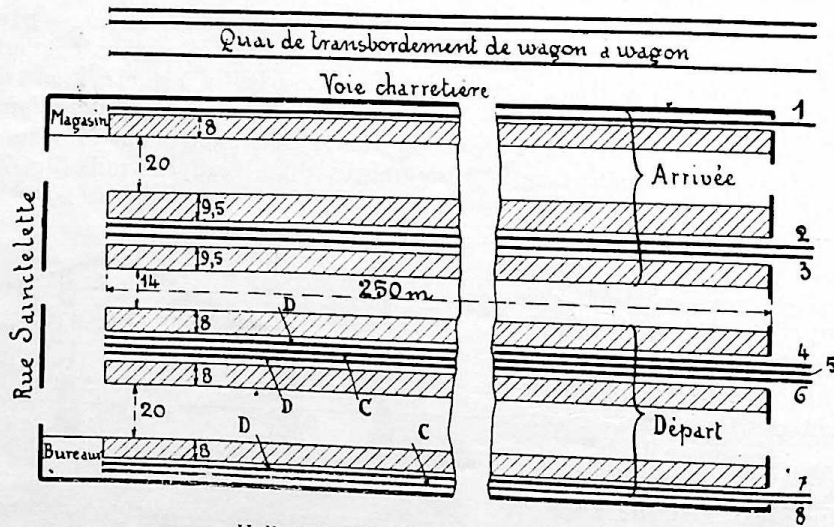


FIG. 74.

Dans les halles à quais intérieurs, les voies charretières et les voies ferrées, séparées par des quais de chargement de 6 à 10 mètres de largeur, se trouvent à l'intérieur de la halle et il devient possible, même avec un trafic important, de se contenter d'un bâtiment unique, dont un côté est réservé au service de départ et l'autre à celui de l'arrivée. Cette disposition présente l'avantage

que toutes les opérations de la manutention se font à couvert, que la surveillance en est facile et que la fermeture des portes écarte tout risque de vol pendant les heures d'interruption du travail.

La figure 75 représente la halle à marchandises de la gare de Bruxelles-Tour-et



Halle à marchandises de Tour-et-Taxis.

FIG. 75.

Taxis. Trois quais de 250 mètres de longueur et de 8 à 9,50 mètres de large sont affectés à l'arrivée et un égal nombre de quais de 8 mètres de large servent pour le départ. Trois voies charretières, dont deux ayant 20 mètres de large et la troisième 14 mètres, permettent la circulation des chariots. Du côté du départ, chaque quai est desservi par une voie D, pour les wagons en chargement, et une voie de circulation C, pour le retrait des wagons chargés et l'arrivée des wagons vides ; huit transbordeurs électriques font passer les wagons des voies D sur les voies C et réciproquement. La même disposition n'est pas reproduite du côté de l'arrivée, parce que les wagons chargés y passent vides, sont déchargés simultanément et sont retirés en rames, lorsqu'ils

**Halles à quais à redans.** — Les halles à quais rectilignes présentent l'inconvénient que le déplacement des wagons isolés ne peut se faire, même lorsque les voies sont reliées par plaques tournantes ou transbordeurs, sans jeter le trouble dans le travail de manutention en cours aux autres wagons.

Le système des quais à redans (fig. 76) remédie jusqu'à un certain point à cet inconvénient. Le quai est partagé en deux ou trois sections, en retrait de la largeur d'une voie l'un par rapport à l'autre ; chaque tronçon est desservi par une voie spéciale. Ce système,

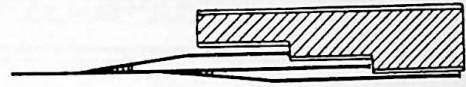


FIG. 76.

bien qu'il soit loin de réaliser l'autonomie des véhicules, facilite cependant les manœuvres ; il conduit à l'établissement de quais de largeurs inégales.

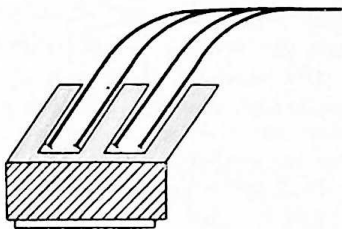


FIG. 77.

**Halles à quais dentelés.** — Dans ce système, le quai est extérieur et dentelé ; il se compose en réalité d'une série de tronçons, disposés normalement ou un peu obliquement par rapport au bâtiment de la halle (fig. 77). Entre deux tronçons consécutifs pénètrent deux bouts de voies partant de la voie d'arrivée des wagons, à laquelle ils sont reliés par des branchements ou des plaques tournantes.

Dans la gare de Cologne-St-Géréon (fig. 78), les tronçons de quai ont 5 mètres de large et 17 mètres de long, de sorte que chaque bout de voie peut amener à quai 2 ou 3 wagons ; les plaques tournantes sont de deux diamètres, afin de pouvoir tourner des wagons de différents empattements.

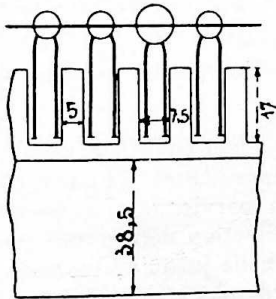


FIG. 78.

Outre qu'il permet la manœuvre individuelle des wagons, ce système augmente notablement la capacité de travail des quais, relativement à la longueur de la halle.

**Halles à quais en dents de scie.** — Les quais en dents de scie sont des quais à redans desservis par des voies obliques (fig. 79), ce qui présente l'avantage que la surface de quai reste la même pour chaque tronçon et que le développement des quais est augmenté. A Zurich, la halle affectée à l'arrivée a 406 mètres de long et présente 11 dents de scie, le long de chacune desquelles 4 wagons peuvent prendre place ; la halle de départ n'a que 4 dents de mêmes dimensions, ce qui porte sa longueur à 157 mètres. Le travail de chargement et de déchargement peut se faire à 60 wagons à la fois.

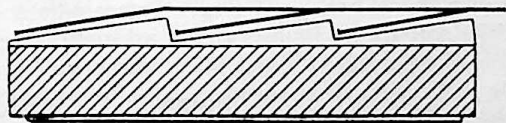
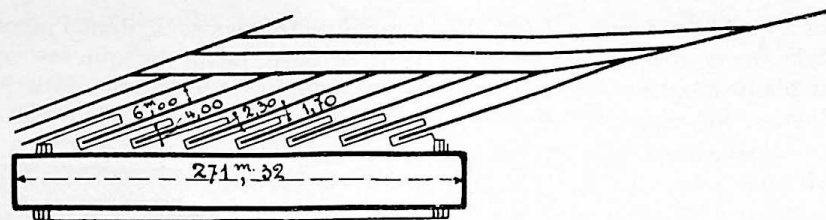


FIG. 79.

Dans certaines halles, on combine le système des dents de scie avec celui de la dentelure, c'est-à-dire que l'on dessert la halle par des voies obliques entre lesquelles on fait pénétrer des tronçons de quais (fig. 80). On allonge ainsi les dents du système ordinaire et l'on augmente la capacité de chargement de la halle.

Ce système est appliqué dans la gare principale de Munich. La halle de départ a 271 mètres de longueur et 8 voies de chargement, sur chacune desquelles il est possible

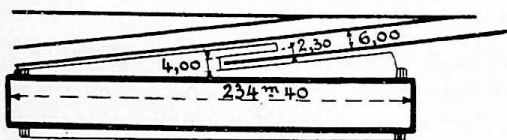




Munich. Halle de départ.

Fig. 80.

de placer de 7 à 8 wagons à quai. La halle d'arrivée (fig. 81), qui a 234 mètres, n'est



Munich. Halle d'arrivée.

Fig. 81.

desservie que par deux voies obliques, dont l'une peut recevoir 16 wagons et l'autre 12. Les tronçons de quai pénétrant entre les voies ont 2.00 m. de large et sont distants de 1<sup>m</sup>,70 de l'axe de la voie du côté où se font les maintenances ; de l'autre côté, la distance est de 2<sup>m</sup>,30, afin de faciliter l'opération de l'accouplement des wagons. Chaque halle

a 15 mètres de largeur.

**Disposition des halles.** — La disposition des halles varie suivant qu'elles sont affectées au départ, à l'arrivée et au transbordement.

**HALLS DE DÉPART (OU DES EXPÉDITIONS).** — Les colis ne sont pas chargés dans les wagons au fur et à mesure qu'ils sont remis au bureau des expéditions. La chose n'est possible que pour ceux qui, d'après l'expérience quotidienne, parviennent en quantité suffisante pour former un chargement complet pour une direction déterminée. Ceux qui ne satisfont pas à cette condition sont déposés dans la halle jusqu'au moment — généralement la fin de la journée — où il est procédé à leur groupage et leur chargement dans les « wagons de transbordement ». Les marchandises du départ séjournent donc pendant un temps relativement long dans les halles. Autant que possible on réunit, dans un même tas ou dans des tas voisins, les colis pour une même destination ; afin de simplifier le roulage à l'intérieur de la halle, on oblige les expéditeurs à remettre, autant que possible, la marchandise pour une destination donnée à une porte déterminée de la halle, s'il s'agit d'une halle à quai extérieur, ou en un point déterminé, s'il s'agit d'une halle à quais intérieurs.

C'est surtout dans la construction des halles de départ que l'on doit s'efforcer de réaliser les deux desiderata : obtenir la plus grande capacité de chargement possible par unité de longueur de halle ; permettre la manœuvre de wagons isolés en contraignant le moins possible le chargement en cours à d'autres wagons. On augmente la capacité par unité de longueur de halle en adoptant des quais en dents de scie (Zurich), des quais dentelés (Cologne) et surtout des quais à dentelure oblique (Munich), avec lesquels on peut aller jusqu'à doubler cette capacité. On obtient le même résultat avec une halle à quais rectilignes, en adoptant le système du « chargement à travers les wagons » (fig. 82 et 83), qui consiste à affecter deux ou, au maximum, trois voies de chargement à chaque quai et à établir, par ponts volants ou quais fixes, la communication entre les wagons de l'une et de l'autre voie ; les chargeurs portent les colis dans les

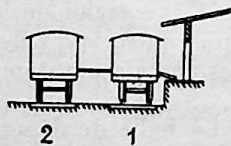


Fig. 82.



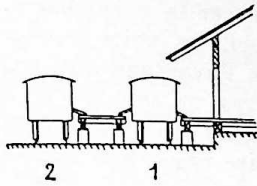


FIG. 83.

véhicules de la voie 2 en traversant ceux de la voie 1. Ce système, qui est parfait au point de vue de l'augmentation de la capacité de chargement, présente l'inconvénient qu'une manœuvre des wagons interrompt le travail des chargeurs sur la voie sur laquelle elle s'exécute et même sur la voie voisine 2, si elle se fait sur la voie 1 contiguë à la halle.

**HALLES D'ARRIVÉE (OU DES ARRIVAGES).** — Les opérations des halles d'arrivée diffèrent de celles des halles de départ, en ce que les wagons séjournent moins longtemps devant les quais : ils sont déchargés rapidement et retirés par rames entières. Il en résulte que la forme rectangulaire est celle qui, en général, convient le mieux et qu'une voie de déchargement par quai suffit. Lorsque la halle est très longue et que l'on peut se ménager la possibilité de retirer la moitié des wagons et de la remplacer sans troubler le travail des déchargeurs de l'autre moitié, on adopte des quais à redans ou des quais en dents de scie, mais à deux dents seulement (Munich).

**HALLES DE TRANSBORDEMENT.** — Le chargement des wagons de transbordement se fait d'après deux méthodes : la méthode du *chargement global*, dans laquelle les colis des lignes AX, BX, CX (fig. 84), pour les directions partant de la station Y, parviennent à la station X, chargés pêle-mêle dans des wagons et continuent ainsi jusqu'à la station Y, qui en fait le triage et le transbordement dans des wagons pour les directions YD, YE, YF ; la méthode du *chargement par directions*, dans laquelle chacune des lignes AX, BX, CX (fig. 85) groupe séparément ses colis pour chacune des lignes YD, YE, YF

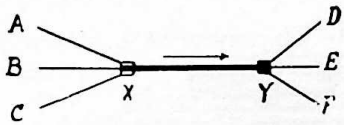


FIG. 84.

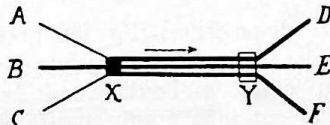


FIG. 85.

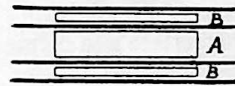


FIG. 86.

et le transbordement est fait dans la station X en trois catégories de wagons, dont les uns pour la direction YD, les autres pour la direction YE, les troisièmes pour la direction YF. Suivant que l'une ou l'autre de ces méthodes est suivie, les installations des halles et des quais de transbordement sont différentes.

Dans les deux cas, le quai de transbordement est interposé entre deux voies destinées à recevoir : l'une, les wagons à décharger, l'autre, les wagons à charger. Lorsque l'on procède par la méthode du chargement global, le quai A (fig. 86) doit avoir une assez grande largeur, un triage des colis déchargés étant nécessaire. Il n'en est pas de même lorsque l'on adopte la méthode du chargement par directions ; il ne s'agit plus que de grouper en plusieurs wagons des colis déjà classés (quai B).

Dans beaucoup de cas, il suffit d'établir une toiture au-dessus des quais de transbordement. On construit une halle lorsque le séjour, dans la station, des marchandises transbordées doit être assez long ou que le travail des transbordeurs doit être interrompu par d'assez longs intervalles (la nuit, par exemple).

Lorsque l'on construit une halle des expéditions et une halle des arrivages distinctes, on peut les placer l'une à la suite de l'autre ou l'une en face de l'autre. Avec la première

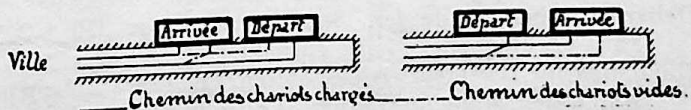


FIG. 87.

disposition il est préférable de placer la halle des

arrivages du côté de la ville, afin d'éviter, sur la voie charrettière, le croisement des chariots chargés. Quand on applique la seconde, on peut, ou placer la voie charrettière entre les deux bâtiments (fig. 88), ou placer, entre ceux-ci, les voies ferrées

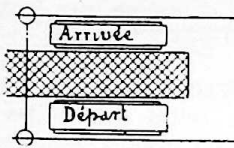


FIG. 88.

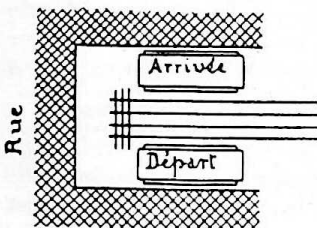


FIG. 89.

(fig. 89). Ce dernier système présente l'avantage que des encombrements des voies charretières ne sont guère à craindre et qu'il est possible, avec un transbordeur ou un système de plaques tournantes, de faire passer sur la voie des départs, les wagons déchargés du côté des arrivages. Généralement on place, entre les deux halles, quatre voies, dont les deux du milieu sont utilisées comme voies de circulation ou comme voies de chargement.

Lorsque l'importance du trafic justifie la construction de plusieurs halles d'ar-

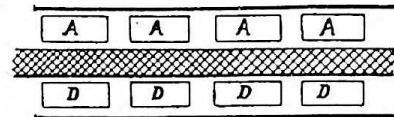


FIG. 90.

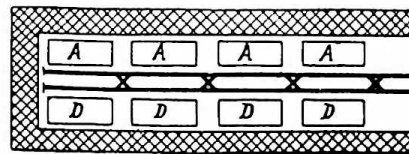
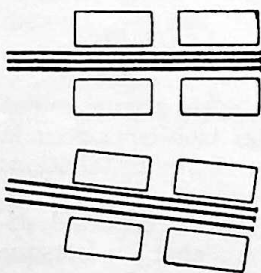


FIG. 91.

rivée et de plusieurs halles de départ, on les établit de préférence en deux rangées, l'une en face de l'autre, soit avec la voie charrettière, soit avec les voies ferrées entre les bâtiments.

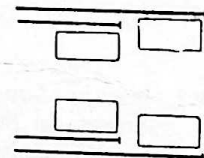
La première des deux dispositions (fig. 90) présente l'inconvénient que la voie charrettière a la même largeur sur toute sa longueur et qu'ainsi elle peut être insuffisante



Gare de Bercy.

FIG. 92.

du côté de l'entrée, où les chariots se pressent plus nombreux, et offrir un excès de largeur du côté opposé. Dans la seconde (fig. 91), les voies des wagons ne sont bien utilisées que si, sur la file de quais desservis par chacune, les opérations sont conduites avec une célérité égale. On remédie à ces inconvénients en disposant les halles en éventail (Paris-Bercy, fig. 92) ou, mieux encore, en les plaçant en redans (Rome-Termini, fig. 93). Lorsque, faute de place en largeur, on doit installer les halles l'une à la suite de l'autre,



Rome (Termini).

FIG. 93.

on doit poser une voie de circulation le long de la voie de chargement (fig. 94), afin de pouvoir manœuvrer les wagons de chacune des halles, sans toucher à ceux des autres.

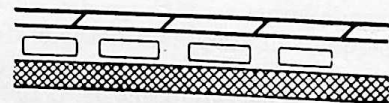


FIG. 94.

(Voir descriptions et plans de halles à marchandises dans :  
Deharme, Chemins de fer. Superstructure, p. 310 à 322 : gares de Paris-Bercy, Paris-La Chapelle, Rome-Termini.  
Handbuch für Ingenieurwissenschaften, p. 198 à 221 : gare de Berlin (Ostbahnhof), Mulhouse, Munich, Zurich, Cologne, Bâle, Francfort, Leipzig, Nuremberg, Londres (Bishopgate).  
Frahm. Das englische Eisenbahnwesen : gares de Marylebone (Londres), Hagdon Square (Londres), Deansgate (Manchester), Willow Walk (Londres).

B) COURS A MARCHANDISES

Les cours à marchandises sont les parties des gares où se font le chargement et le déchargement des marchandises expédiées par wagon complet ; elles sont presque toujours à ciel ouvert, la majeure partie de ces expéditions ayant pour objet des marchandises brutes, telles que des pierres, des minerais, des charbons, des bois, des pièces lourdes en métal. L'installation comporte des voies charretières pour les chariots alternant avec des voies pour les wagons. Il est recommandable d'installer la cour à marchandises du même côté des voies principales que les halles, afin d'éviter la traversée de ces voies dans les manœuvres.

**Disposition des voies.** — La disposition la plus appliquée dans les grandes gares comporte l'interposition de deux voies parallèles entre deux voies charretières, les voies ferrées étant terminées en cul-de-sac à l'une de leurs extrémités et reliées par aiguilles à un tronc commun, à l'autre extrémité (fig. 95) ; l'une des voies est affectée aux wagons à l'arrivée, l'autre aux wagons au départ. Il y a avantage, au point de vue de la rapidité et de la facilité des manœuvres, à faire des voies courtes (75 mètres), par conséquent à développer la cour en largeur. Lorsque l'installation de voies très longues (plus de 200 mètres) est inévitable on établit des voies de circulation, permettant de retirer une partie des wagons et de les remplacer par d'autres, sans troubler le travail de chargement et de déchargement s'effectuant aux autres wagons (fig. 96,

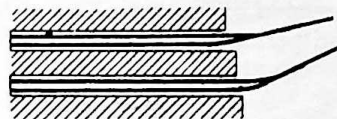


FIG. 95.

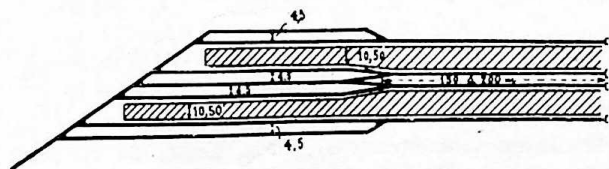


FIG. 96.

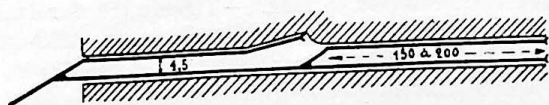


FIG. 97.

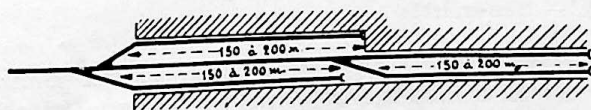


FIG. 98.

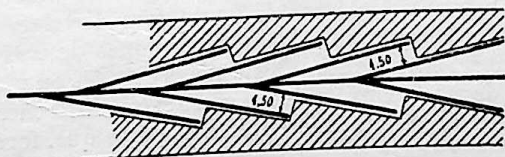


FIG. 99.

97 et 98). On adopte également la disposition avec voies de chargement en éventail et voies charretières en dents de scie (fig. 99) ; la longueur des voies est alors de 30 à 40 mètres, de manière que 4 ou 5 wagons peuvent prendre place sur chaque tronçon.

Les voies charretières doivent avoir assez de largeur pour que, des chariots étant en chargement ou en déchargement le long des wagons, il reste assez de place pour que deux véhicules puissent croiser sans difficulté. La largeur doit être d'au moins 8<sup>m</sup>,50 lorsque la voie charretière ne dessert qu'une voie de déchargement et 10<sup>m</sup>,50 lorsqu'il y a deux voies de déchargement.

**Rampes de chargement.** —

Ces rampes servent surtout au chargement et au déchargement des animaux vivants et des véhicules sur roues (voitures, tapissières, etc.). On en construit

également pour l'embarquement des troupes.



Elles se composent d'un quai de 1<sup>m</sup> à 1<sup>m</sup>,10 de hauteur, analogue aux quais ordinaires des stations à marchandises, auquel on arrive par une rampe. L'inclinaison de celle-ci doit être assez faible pour donner un accès facile ; on admet généralement 1 : 20 et l'on ne va pas au-delà de 1 : 18. Le terre-plein et la rampe sont clôturés par une barrière.

**Grues de chargement.** — Les grues dont il est fait usage dans les stations pour charger et décharger les colis pondéreux sont des grues sur wagon ou des grues fixes. Les premières, qui sont construites pour rouler dans les trains, sont utilisées par les stations de peu d'importance, dans lesquelles l'établissement d'un engin à poste fixe n'est pas justifié. Elles ont des points d'attache déterminés et sont envoyées aux gares qui en font la demande. La puissance des grues de l'espèce est de 6 T. à l'Etat belge. Le nombre et la puissance des grues fixes installées dans les gares où leur emploi se justifie, dépendent de l'importance de la gare et du poids des colis que l'on se trouve dans le cas d'y devoir manutentionner. Dans les grandes gares, où les grues sont nombreuses et leur fonctionnement pour ainsi dire continu, on les actionne par l'eau sous pression ou le courant électrique. Dans ce dernier cas, elles sont parfois mobiles, ce qui permet de les faire travailler en différents points de la voie charretière.

#### B) GARES A MARCHANDISES SPÉCIALES

Nous renvoyons, pour l'étude de ces gares, aux publications suivantes :

**GARES AUX BESTIAUX :** Handbuch der Ingenieurwissenschaften, fünfter Theil, vierter Band, erste Abteilung, p. 249-259. — J. H. Droege. Yards und Terminals und their operation.

**GARES AUX CHARBONS :** Handbuch der Ingenieurwissenschaften, fünfter Theil, vierter Band, erste Abteilung, p. 259. — Frahm. Das englische Eisenbahnwesen, p. 123. — Eisenbahn-Technik der Gegenwart, zweiter Band, p. 623.

**GARES MARITIMES :** Quinette de Rochemont et Henry Desprez, Cours de travaux maritimes, T. II, p. 381. — Quinette de Rochemont et H. Vétillard, Les ports maritimes de l'Amérique du Nord sur l'Atlantique. — Cordemoy. Les ports modernes. — Frahm. Das englische Eisenbahnwesen, p. 134. — Handbuch der Ingenieurwissenschaften, fünfter Theil, vierter Band, erste Abteilung, p. 269-325. — Gauer. Eisenbahnausrüstung der Häfen. 1921.

### 4<sup>o</sup> Les gares de triage et de formation (1).

#### A. — Généralités

**But.** — Les gares de triage et de formation sont des ateliers installés aux points importants de bifurcation, dans le but de débrancher les trains qui parviennent en ces points et d'en grouper les wagons suivant leurs lieux de destination, que ceux-ci soient la ou les gares de marchandises de la localité où est établie la gare de triage ou des gares des différentes lignes qui partent de cette localité. Toute gare de triage est en même temps une gare de formation en ce que, au moyen des groupes de wagons résultant des débranchements, elle constitue, en y ajoutant les wagons chargés ou vides, provenant de la ou des gares locales, de nouveaux trains ; ceux-ci se différencient les uns des autres, soit parce qu'ils ont des directions différentes, soit parce que, formés

(1) BLUM. Verschiebebahnhofe.

pour une même direction, ils sont de catégories différentes (trains de transit, trains directs, trains omnibus).

L'arrangement plus ou moins favorable des gares de triage et de formation a une grande influence sur la production d'un réseau, non seulement parce qu'il se répercute sur le coût des opérations de débranchement et de composition des trains, mais parce qu'il agit directement sur la rapidité des transports, c'est-à-dire sur la qualité des services que les expéditeurs attendent du chemin de fer et sur l'importance du matériel dont celui-ci doit disposer. Le perfectionnement de ces gares doit donc poursuivre deux buts : la rapidité des opérations et l'abaissement de leur prix de revient.

**Opérations.** — Théoriquement — en pratique, cette différenciation n'est pas toujours établie — une grande gare de triage et de formation doit comprendre quatre faisceaux de voies : un faisceau R de voies de réception (fig. 100), un faisceau T de voies de triage, un faisceau F de voies de formation ou de classement et un faisceau D de voies de départ. Au fur et à mesure de leur entrée en gare, les trains sont garés sur les voies de réception.

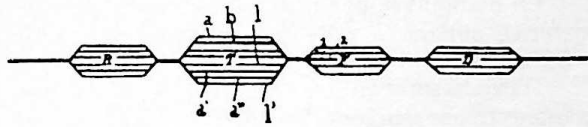


FIG. 100.

Le débranchement les prend ensuite un à un et en classe les wagons sur les voies du faisceau T, en les groupant selon leur direction et en différenciant, s'il y a lieu, ceux d'une même direction, selon qu'ils doivent constituer des trains directs, des trains semi-directs ou des trains omnibus. Sur la voie *a* se trouvent ainsi réunis les wagons pour la direction *a*, sur la voie *b* ceux pour la direction *b*,..., sur la voie *l* ceux pour la gare locale des marchandises et, s'il y a lieu, sur la voie *a*, les wagons pour la direction *a*, trains directs ; sur la voie *a'*, ceux pour la direction *a*, trains semi-directs ; sur la voie *a''* ceux pour la direction *a*, trains omnibus... ; sur la voie *l*, les wagons pour la gare locale *l*, sur la voie *l'* ceux pour la gare locale *l'*.

Pour les trains directs, l'intervention du faisceau de formation F n'est pas nécessaire. Lorsque le groupement sur la voie *a* donne un nombre de wagons suffisant pour constituer un train, celui-ci part directement du faisceau de triage T ou passe de ce faisceau au faisceau de départ D et y attend l'heure de quitter la gare. (On a soin de faire entrer dans la composition du train, les wagons chargés ou vides provenant de la gare locale).

Les choses ne se passent pas aussi simplement pour un train omnibus ou un train semi-direct. Comme, dans ces cas, le train enlève des wagons pour différentes stations d'une même ligne, les wagons doivent être groupés par stations ; de plus, les groupes ainsi constitués doivent être rangés dans le train dans un ordre tel qu'immédiatement après la locomotive se trouve le groupe pour la première station d'arrêt du train après le point de départ, puis, après ce groupe celui pour la deuxième station d'arrêt et ainsi de suite. Ce classement nécessite l'intervention du faisceau F. Les wagons destinés au train omnibus *a'*, rassemblés sur la voie *a'* du faisceau de triage, subissent, sur les voies du faisceau F, un nouveau triage, qui envoie sur la voie 1 les wagons pour la station 1, sur la voie 2 les wagons pour la station 2,... Il suffit ensuite de réunir, dans l'ordre de succession des stations, sur l'une des voies du faisceau D, tous les groupes formés dans le faisceau F, pour constituer le train omnibus, prêt à partir pour la direction *a'*.

**Manœuvre.** — Le classement des wagons sur les voies de triage et de formation se fait soit uniquement par machine de manœuvre, soit uniquement par la gravité, soit par machine et par gravité, employées concurremment.

MANŒUVRE PAR MACHINE. — La machine amène le train à trier sur une voie en impasse *l* (fig. 101), dite voie de tiroir et, par une série de mouvements de va-et-vient, pousse les wagons sur la voie où ils doivent être laissés. La formation s'exécute par une manœuvre inverse : la machine vient chercher les différentes coupes dans l'ordre voulu et, après les avoir groupés, amène la rame sur l'une des voies du faisceau de départ.



Fig. 101.

Cette manière d'opérer, connue sous le nom de « manœuvre par refoulement », est abrégée par le « débranchement au lancé ». Les mouvements sont les mêmes, mais la machine, au lieu de suivre les wagons sur la voie où ils sont dirigés, leur donne seulement l'impulsion nécessaire pour les lancer ; les wagons à lancer sont décrochés au préalable et s'en vont seuls en vertu de la vitesse acquise. L'amplitude du mouvement de va-et-vient de la machine et de la rame qui y est attelée est ainsi notablement réduite.

La manœuvre par machine est lente et coûteuse ; elle pousse à la détérioration du matériel, surtout à celle des appareils de traction et de choc.

MANŒUVRE PAR LA GRAVITÉ. — Alors que dans les gares disposées pour la manœuvre par machine, les voies sont de niveau, on leur donne, pour la manœuvre par la gravité, une déclivité suffisante pour que, abandonnés à eux-mêmes sur la voie de décomposition *l* (fig. 102), les wagons puissent atteindre les faisceaux de triage et de formation et être dirigés sur les voies voulues. La pente ne doit pas être inférieure à 1 : 200 (5 ‰) et elle varie entre cette limite et 1 : 100, même plus, selon les faisceaux et les différentes parties d'un même faisceau, ainsi que le montre le tableau suivant :

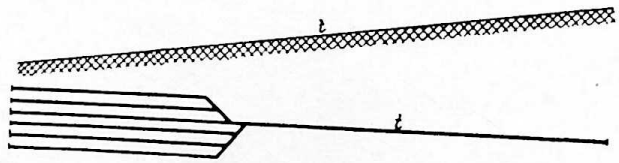


Fig. 102.

Gares	Pentes des voies de décomposition	Pentes des aiguillages	Pentes des voies du faisceau de triage
Newport .....	1 : 110	1 : 100	1 : 100
Edgehill .....	1 : 115	1 : 70	1 : 85
Terrenoire .....	1 : 71	1 : 71	1 : 71
Dresde .....	1 : 100	1 : 100	1 : 100
Nuremberg .....	1 : 200 à 1 : 60	1 : 80	1 : 200

Un train étant amené sur une des voies de décomposition *l*, on serre les freins des wagons de queue et la locomotive recule un peu pour donner du lâche aux attelages ; puis on serre tous les freins et la machine est dételée et dégagée. Deux opérations précèdent le débranchement : 1<sup>o</sup>) ayant fait la reconnaissance des wagons, on desserre les tendeurs et l'on décroche les chaînes de sûreté aux points où les coupures nécessaires pour le triage doivent être faites ; 2<sup>o</sup>) on marque à la craie, sur la paroi de tête du premier wagon de chaque lot, le numéro de la voie du faisceau de triage ou de formation sur laquelle ce lot devra être dirigé et, sur la paroi d'arrière du dernier wagon de ce lot, le numéro de la voie sur laquelle devra être dirigé le lot qui lui succède.



Pour procéder au débranchement, on relève successivement les freins ; les wagons descendent isolément ou en groupe et sont dirigés, par les aiguilleurs, sur la voie de triage ou de formation qui leur est assignée. On en détermine l'arrêt, soit en abattant leurs freins, soit en ayant recours à l'un des moyens de freinage dont il sera question plus loin.

Appliqué dans ces conditions, le système présente l'inconvénient que les wagons arrivent aux aiguillages qui les dirigent sur les voies des faisceaux à des vitesses différentes, étant donné qu'ils partent de points différents de la voie de décomposition. Il peut en résulter qu'un wagon ou un groupe rejoigne celui qui le précède, d'où la possibilité d'avaries du matériel et de déraillements. Lorsqu'on veut éviter cet inconvénient, on se borne à décrocher les chaînes de sûreté dans l'opération préliminaire et on laisse les wagons reliés par les tendeurs ; puis, quelques freins étant gardés par des freineurs, on laisse descendre lentement le train. En un endroit déterminé, le même pour toutes les coupures, un agent, au moyen d'une perche, fait sauter le tendeur, ce qu'il peut exécuter sans difficulté parce qu'au même moment un autre agent détermine un certain ralentissement du wagon, en introduisant devant l'une de ses roues un léger obstacle constitué par une pièce de bois ou un petit sabot en fer de 4 à 5 centimètres de hauteur, tenu au bout d'un bâton. Le tendeur ayant sauté, on desserre les freins du groupe détaché et celui-ci descend vers les branchements. On desserre légèrement les freins de la rame et on laisse avancer celle-ci jusqu'au point où doit se faire le détachement d'un nouveau groupe.

Ce système présente l'avantage qu'il supprime presque entièrement les locomotives de manœuvre. Par contre, il exige que les trains à débrancher gravissent une rampe très forte (1 : 80 à Dresde et à Chemnitz, 1 : 115 à Engelsdorf) pour arriver au niveau des voies de décomposition. Il n'est guère applicable que lorsque l'on dispose, pour établir la gare, d'un terrain ayant la pente voulue ; si celle-ci devait être obtenue artificiellement, des travaux de terrassements très coûteux seraient nécessaires.

MANŒUVRE PAR GRAVITÉ ET PAR MACHINE DE MANŒUVRE (dos d'âne). — Le faisceau des voies de réception aboutit à une ou deux voies de débranchement *ab*, *cd* (fig. 103), qui conduisent à un dos d'âne, c'est-à-dire une rampe et une pente, de 100

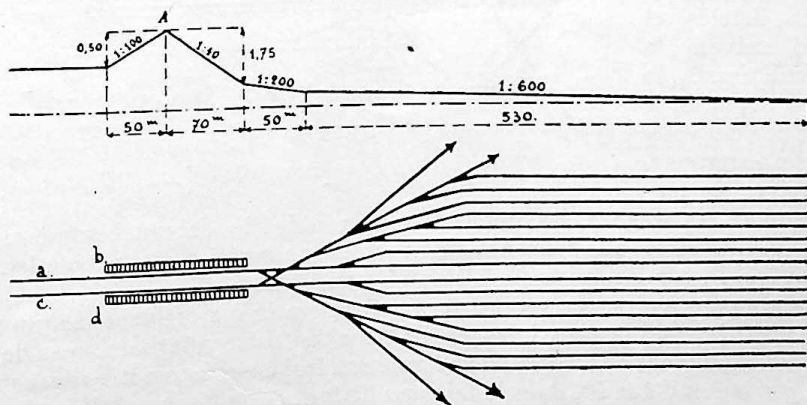


FIG. 103.

mètres de longueur environ, qui est suivi immédiatement des aiguillages et des voies du faisceau de triage ; le plus souvent ces voies sont aussi en pente, mais elles ont une déclivité beaucoup moindre que le dos d'âne ou que les voies des gares dans lesquelles les manœuvres se font uniquement par la gravité.

Le train à débrancher est soumis aux mêmes opérations préliminaires que dans le système précédent : 1° décrochage des chaînes de sûreté et desserrage des tendeurs aux points où des coupures doivent être faites ; 2° marquage à la craie de la paroi d'avant du wagon de tête et de la paroi d'arrière du wagon de queue de chaque coupe.

Pour exécuter le débranchement, on refoule le train, sur l'une des voies *ab* ou *cd*, par une machine de manœuvre marchant à la vitesse d'un homme au pas. Un agent placé en A (fig. 104) au sommet du dos d'âne, fait sauter, à l'aide d'une perche, les

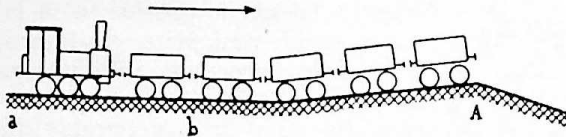


FIG. 104.

tendeurs au fur et à mesure que des wagons à détacher passent devant lui (la rampe du dos d'âne facilite cette opération). En même temps, il crie aux aiguilleurs le numéro de la voie à ouvrir et des hommes d'équipe, postés en nombre suffisant dans le faisceau de triage ou

de formation, se portent à la rencontre des wagons et les arrêtent à l'endroit voulu.

**Disposition générale.** — Les gares de triage et de formation peuvent être des gares en impasse ou des gares de passage. Dans le premier cas, tous les trains sortent de la gare suivant la même direction astronomique (l'est, par exemple) et il ne peut être question que d'un sens de formation des trains ; dans le second, une partie des trains sort suivant une direction et l'autre suivant la direction opposée, et il peut être avantageux de disposer la gare de manière à avoir des faisceaux de triage et de formation pour les trains vers l'est, par exemple, et des faisceaux pour les trains vers l'ouest.

**GARES EN IMPASSE.** — L'axe principal de la gare ayant, par exemple, l'orientation est-ouest et le départ des trains se faisant vers l'ouest, la gare peut être disposée comme l'indique le croquis fig. 105.

Un train arrivant par la ligne A est reçu dans le faisceau d'arrivée R. La locomotive et le fourgon, en supposant que celui-ci soit placé en tête du train, sont dételés et amenés, en suivant la voie de circulation  $C_1$ , la première au dépôt L, le second sur l'une des voies de garage des fourgons *f*. Une locomotive de manœuvre reprend les wagons, les conduit sur la voie de débranchement *m* et, les opérations préliminaires du débranchement étant accomplies, les refoule lentement par le dos d'âne P, sur les voies du faisceau de triage T.

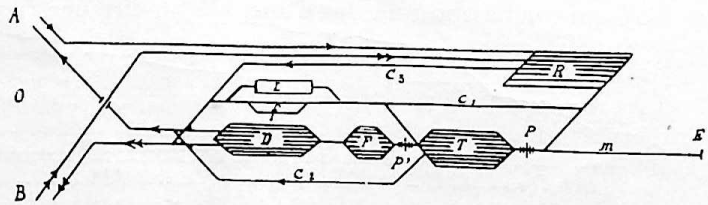


FIG. 105.

La même opération se renouvelle pour les autres trains arrivant des différentes lignes (B...) aboutissant à la gare. Lorsque sur l'une ou l'autre voie du faisceau de triage, on a groupé suffisamment de wagons pour former un train, une locomotive de manœuvre les refoule, par le dos d'âne P', dans le faisceau de formation F, où se fait le classement par stations. Les wagons sont ensuite réunis dans l'ordre voulu et la rame ainsi formée est refoulée sur l'une des voies du faisceau de départ D. Il ne reste plus qu'à y atteler la locomotive de remorque qui, un peu avant l'heure de départ du train, quitte le dépôt en amenant avec elle un fourgon pris sur l'une des voies *f*.

Les trains directs partent directement du faisceau de triage par la voie  $C_2$ . Les trains qui ne doivent subir aucun remaniement dans la gare restent dans le faisceau R

où ils ont été reçus : de nouvelles locomotives de remorque, avec de nouveaux fourgons, viennent s'y atteler et ils partent par la voie C<sub>3</sub>.

Exemple : La gare de Terrenoire (Deharme, p. 349 ; Handbuch, p. 57).

GARES DE PASSAGE. — Deux solutions sont possibles dans ce cas. La plus simple consiste à n'avoir qu'une série de faisceaux pour tous les trains.

Dans l'exemple représenté par le schéma fig. 106, les trains arrivant de l'ouest entrent directement dans le faisceau de réception ; ceux venant de l'est n'y parviennent qu'après avoir longé la gare et parcouru la voie C<sub>1</sub>. Quelle que soit leur origine, les rames sont triées dans le faisceau T et leurs wagons classés dans le faisceau F ; quelle que soit leur direction au départ, tous les trains sont garés dans le faisceau de départ D. Les trains partant dans la direction de l'est sortent directement du faisceau D, tandis que ceux partant dans la direction de l'ouest doivent suivre la voie de circulation C<sub>2</sub> pour gagner leur voie de départ. Les trains directs peuvent partir du faisceau de triage par la liaison x et la voie C<sub>3</sub> quand ils se dirigent vers l'est et par la liaison y et la voie C<sub>2</sub> lorsqu'ils se dirigent vers l'ouest.

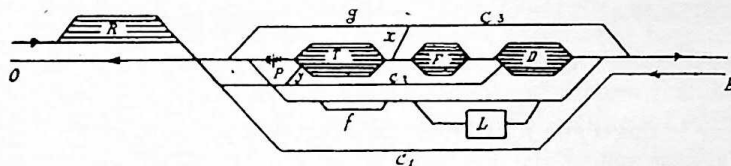


FIG. 106.

Le système d'une série unique de faisceaux se caractérise en ce qu'il ne permet le débranchement que d'un train à la fois et que les trains arrivant par l'une des extrémités de la gare, l'est dans notre exemple, doivent parcourir toute la longueur de la gare pour arriver au faisceau de réception, tandis que ceux partant par l'autre extrémité doivent faire le même parcours pour se rendre du faisceau de départ à la voie de sortie.

Dans le système à deux séries de faisceaux de triage et de formation, on distingue les gares où le sens des opérations est le même pour les deux séries (de l'est à l'ouest, par exemple) et celles où la manœuvre se fait dans un sens pour l'une des séries et dans le sens opposé pour l'autre.

La première disposition (fig. 107) est pour ainsi dire inévitable dans les gares où

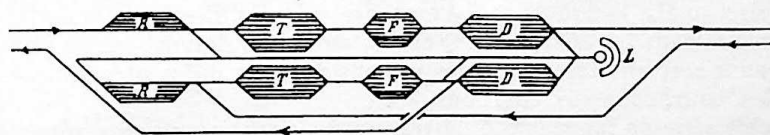


FIG. 107.

les manœuvres se font exclusivement par la gravité (exemple: Edgehill, Nuremberg, Friedrichstadt) (1). Elle permet les débranchements simulta-

nés de deux trains, mais ne supprime pas le second inconvénient reproché au système précédent. La seconde disposition, que représente le schéma fig. 108, donne lieu aux opérations suivantes.

Un train arrivant de l'une des lignes A, B ou C est reçu dans le faisceau de réception R<sub>e</sub>. La locomotive est dételée et se rend au dépôt par la voie de circulation C<sub>1</sub>. Une machine de manœuvre se place en queue de la rame de wagons et refoule ceux-ci,

(1) GALINE. Exploitation technique des chemins de fer., pp. 76 à 83.

Handbüch der Ingenieurwissenschaften. V. Theil. IV Band, I Abteilung, pp. 97 et suivantes.



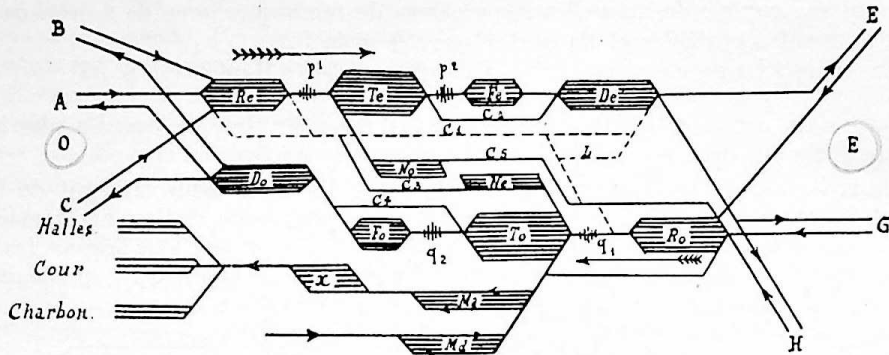


FIG. 108.

par le dos d'âne  $p_1$ , dans le faisceau de triage  $T_e$ . Les trains directs, formés dans ce faisceau pour l'une des lignes E, G, H, sont refoulés directement, par la voie  $C_2$ , dans le faisceau de départ  $D_e$ . Les rames à classer par stations et destinées à des trains de transbordement, passent par le faisceau de formation  $F_e$  et arrivent ensuite au faisceau de départ. Les opérations s'exécutent de la même manière, dans la série de faisceaux  $R_o$ ,  $T_o$ ,  $F_o$  et  $D_o$ , pour les wagons amenés par des trains venant de E, G et H et devant continuer par des trains pour A, B et C.

Mais des trains venant de A amènent aussi des wagons pour B et C, de même que ceux venant de B en amènent pour A et C et ceux de C, pour A et B. En quittant le dos d'âne  $p_1$ , ces wagons sont dirigés sur le faisceau  $N_o$ , d'où ils sont plus tard refoulés par la voie  $C_5$  dans le faisceau  $R_o$ , pour subir les opérations de triage et de formation concurremment avec les wagons arrivés de E, G et H et destinés pour A, B et C. De même, les wagons arrivant de E pour continuer sur G et H, ceux arrivant de G pour continuer sur E et H et ceux arrivant de H pour continuer sur E et G, sont lancés d'abord dans le faisceau  $N_e$ , pour être refoulés ensuite, par la voie  $C_3$ , dans le faisceau de réception  $R_e$  et être triés dans  $T_e$  et  $F_e$ .

Enfin, les wagons destinés à la gare locale de marchandises sont dirigés directement sur le faisceau  $M_a$ , quand ils arrivent des lignes E, G et H et y parviennent, après avoir passé par le faisceau  $N_o$ , quand ils arrivent des lignes A, B et C. Quant à ceux partant de la gare locale, ils sont, après avoir été rassemblés dans le faisceau  $M_a$ , refoulés directement dans le faisceau  $R_o$ , lorsqu'ils sont à expédier dans les directions A, B et C, ou amenés successivement dans les faisceaux  $N_e$  et  $R_e$ , quand ils doivent partir pour E, G ou H. Le faisceau  $x$  sert au classement des wagons pour les différentes sections de la gare locale (halles, cour, cour aux charbons, etc.).

Le système à double série de faisceaux de triage et de formation en sens opposés permet, comme celui à double série dans le même sens, une très grande activité des débranchements et supprime les parcours de trains reprochés à ce dernier. Il a l'inconvénient d'allonger les manœuvres pour les wagons entrés par une extrémité de la gare et partant pour la même extrémité (wagons arrivés de A, par exemple, et continuant par B ou C). Lorsque le trafic de la gare est tel que le nombre des wagons de l'espèce prend une certaine importance, il peut être avantageux de donner la préférence au système de la double série dans le même sens ou même au système à série unique.

Les deux systèmes (double série dans le même sens et double série en sens opposés) présentent encore les différences suivantes : dans le second, les deux faisceaux de triage sont écartés l'un de l'autre et nettement distincts ; dans le premier ils sont juxtaposés (fig. 109) et très souvent confondus en un faisceau unique que, dans ce cas, on rapproche fortement du dos d'âne, afin de pouvoir diriger, indistinctement sur

toutes les voies de triage, les wagons arrivés de l'une ou de l'autre direction (on simplifie ainsi la manœuvre des wagons rebroussants). De même, les faisceaux de formation, qui sont éloignés dans le système à faisceaux opposés, sont rapprochés et installés côte à côte dans l'autre système, ce qui facilite la surveillance et permet une économie d'aiguilleurs.

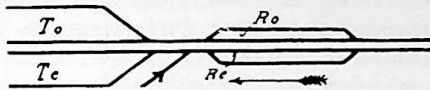


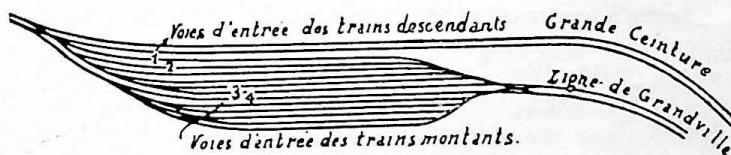
FIG. 109.

**B. — Formes des gares de triage et de formation**

On peut ramener les gares de triage et de formation à deux types : les gares non continues et les gares continues. Dans les premières, les faisceaux ne sont pas toujours bien distincts et le passage des wagons d'un faisceau à l'autre donne lieu à des mouvements plus ou moins compliqués, se contrariant mutuellement, aboutissant à des manœuvres lentes et coûteuses. Dans les secondes, les faisceaux se suivent dans l'ordre où s'exécutent les opérations et les mouvements des wagons se font autant que possible sans rebroussements, selon une direction unique, de manière à réaliser l'économie et la rapidité du travail.

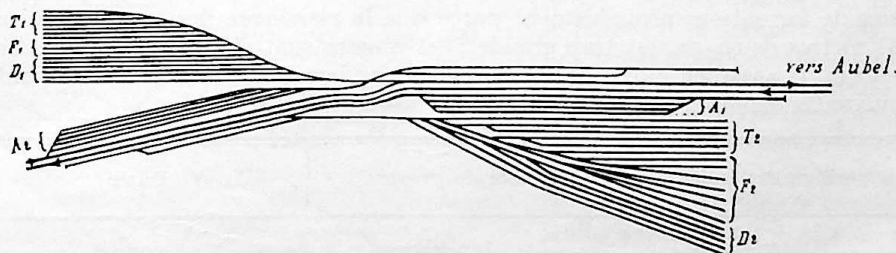
**A) GARES NON CONTINUES**

Ce système se rencontre dans des gares de construction ancienne ou dans des gares peu importantes. Parfois les voies de manœuvres constituent un faisceau en forme de fuseau (les voies sont réunies à leurs deux extrémités), établi parallèlement aux voies principales (fig. 110); parfois elles sont disposées en éventail et terminées en impasse, les faisceaux de triage, de formation et de départ établis l'un à côté de l'autre (fig. 111). Parfois, aussi, on combine les deux dispositions. La manœuvre se fait au moyen de locomotives, soit par des voies de tiroir de niveau, soit par des voies de débranchement avec dos d'âne.



Versailles-Matelots.

FIG. 110.



Gare d'Arlon.

A<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>, F<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>, faisceaux pour le triage des trains venant de l'intérieur du pays et la formation des trains vers l'extérieur.

A<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, faisceaux pour le triage des trains arrivant de l'extérieur et la formation des trains vers l'intérieur.

FIG. 111.

Dans les installations avec voies en impasse, les wagons doivent revenir sur eux-mêmes pour passer du faisceau de triage au faisceau de formation et du faisceau de formation au faisceau de départ. Le système est d'une lenteur excessive et donne lieu à une dépense élevée dans les gares où le classement par stations a une grande importance. Dans les cas de l'espèce la disposition en fuseau est préférable, en ce qu'elle permet de trier par les deux extrémités des voies et de faire d'un côté le triage par directions et de l'autre le classement par stations.

Lorsque la longueur du fuseau est considérable, on établit parfois des communications intérieures entre ses différentes voies, en interposant vers le milieu soit des plaques tournantes (Versailles), soit un transbordeur (Villeneuve-St-Georges) ou, ce qui vaut mieux, des traversées-jonctions (Strasbourg), qui permettent de faire passer, sans recourir à la voie de tiroir, des groupes ou des wagons isolés d'une voie à une autre.

Le système non continu n'est pas appliqué dans les gares modernes importantes.

#### B) GARES CONTINUES

Les gares continues s'établissent le plus souvent par trois faisceaux consécutifs, avec le quatrième faisceau sur le côté. Les gares présentant les quatre faisceaux (réception, triage, formation, départ) à la file ne sont pas encore nombreuses ; il en est ainsi parce que ces gares veulent un grand développement en longueur (2,5 kilomètres à Friederichstadt (Dresde), 3,7 kilomètres à Osterfeld (Essen), 4,5 kilomètres à Mannheim). La continuité absolue est recommandable dans les cas où le classement par wagons a une grande importance.

**Gares à quatre faisceaux consécutifs.** — Dans cette catégorie, on distingue les gares en pente continue (manœuvre uniquement par la gravité) et les gares à voies de décomposition en dos d'âne (manœuvre par machines et par gravité).

Comme exemples de gares en pente continue, on rencontre en Angleterre, Edgehill <sup>(1)</sup> et en Allemagne, Friedrichstadt <sup>(2)</sup>. Ces deux gares sont à double série de faisceaux parcourus dans le même sens. (La disposition à double série de faisceaux parcourus en sens opposés n'est pas applicable avec la pente continue, à cause des différences de niveau considérables que présenterait, à chaque extrémité, l'une moitié de la gare par rapport à l'autre).

A Edgehill, les deux faisceaux de triage ont ensemble 24 voies, dont chacune peut recevoir 63 wagons. A chacun de ces faisceaux succèdent deux faisceaux de formation (deux « grils »), auxquels font suite les voies de départ. La pente de la gare varie de 1 : 64 à 1 : 93, et s'étend depuis les voies de décomposition jusqu'aux voies de sortie. Malgré cette forte déclivité, des wagons à roulement dur s'arrêtent parfois au bout des faisceaux de formation, probablement parce que la résistance des courbes, qui n'ont que 141 mètres de rayon, est trop grande ; ces wagons sont alors remis en marche par des chevaux. Il passe, en moyenne, 2300 wagons par journée de 20 heures. Les constatations suivantes rendent compte de la rapidité du travail :

Composition des trains	Nombre de groupes	Durée
26 wagons	8	3 minutes
40 »	21	7 »
39 »	29	5 »

<sup>(1)</sup> *Handbùch der Ingenieurwissenschaften*, V. Theil, IV Band, I Abteilung, p. 103.

<sup>(2)</sup> GALINE. Exploitation technique des chemins de fer, p. 81, — *Handbùch*, p. 97.



A Friedrichstadt, les trains sont reçus sur 16 voies d'entrée de 600 mètres de longueur ; ils sont classés par directions sur 28 voies et groupés par ordre géographique sur 4 grils de 8 voies chacun. Les voies de sortie, au nombre de 14, ont également 600 mètres de longueur. Les voies de décomposition et les faisceaux de triage et de formation sont en pente continue de 1 : 100 ; quant au faisceau de départ, il a 1 : 200 dans la partie faisant suite aux faisceaux de formation et 1 : 100, mais en sens inverse, à l'autre extrémité.

Les wagons descendent, sans l'intervention d'une locomotive, depuis les voies de décomposition jusqu'à celles de départ. Chaque groupe comprend, en moyenne, de 2 à 3 wagons et les groupes se succèdent de minute en minute. Le plus grand rendement obtenu jusqu'à présent se chiffre par 8600 essieux en 16 heures.

Les gares à quatre faisceaux consécutifs, dans lesquelles les manœuvres se font à la fois par locomotive et par la gravité, se construisent généralement avec l'un des deux profils en long représentés par le schéma fig. 112 : le profil 1, avec un dos d'âne entre le faisceau de réception et le faisceau de triage et une pente continue à partir de ce dernier ; le profil n° 2, avec des dos d'âne pour le classement dans les faisceaux de triage et de formation et la gravité seulement pour le passage du faisceau de formation à celui de départ. On évite ainsi la complication de trois dos d'âne successifs ; il faut toutefois que la configuration du terrain s'y prête.

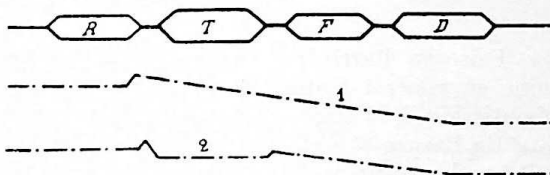


FIG. 112.

**Gares à trois faisceaux consécutifs.** — Il y a avantage à utiliser les voies du faisceau de réception comme voies de décomposition, par conséquent à placer le faisceau de triage à la suite du faisceau de réception. Toute autre disposition nécessiterait, ainsi que le montrent les schémas fig. 113, l'établissement de voies spéciales M de décomposition, obligerait les rames entrantes à revenir sur leurs pas et donnerait lieu à des mouvements se contrariant l'un l'autre.

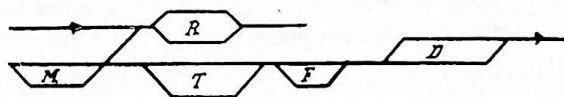


FIG. 113.

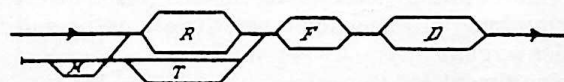


FIG. 114.



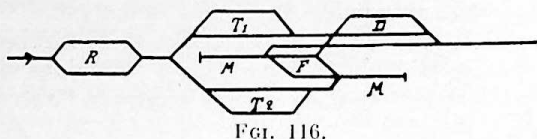
FIG. 115.

Dans les cas où le classement par stations est relativement peu important, on place à la file les faisceaux de réception, de triage et de départ, et l'on installe, sur le côté, le faisceau de formation (fig. 114). Les rames constituées pour les trains directs passent ainsi directement au faisceau D et y restent garées jusqu'à l'heure du départ.

Lorsque la gare se trouve dans le cas de devoir former surtout des trains omnibus, on peut placer à la file les faisceaux de réception, de triage et de formation (exemple : Magdebourg, Bruckau, Cologne-Géréon). Cette disposition (fig. 115) présente l'inconvénient que le refoulement, dans le faisceau de départ, des rames sortant de la formation contrarie le départ

lement, dans le faisceau de départ, des rames sortant de la formation contrarie le départ

des trains. Pour y remédier on scinde, si la chose est possible, le faisceau de triage et on en affecte une moitié aux trains directs et l'autre aux trains omnibus (fig. 116). La première partie est reliée directement au faisceau de départ ; la seconde communique avec le faisceau de formation et celui-ci est placé entre les deux, de telle sorte qu'il est relié, directement aussi, au faisceau de départ.



### C. — Détails de construction et de fonctionnement

#### A) LES FAISCEAUX

**Faisceau d'arrivée.** — La longueur utile des voies du faisceau de réception se détermine en général d'après la plus grande longueur des trains circulant sur les lignes aboutissant à la gare, longueur qui dépend des pentes et des courbes de ces lignes.

En France et en Belgique, les trains les plus longs comportent de 60 à 80 véhicules, soit une longueur de 450 à 600 mètres ; en Allemagne on admet, pour les voies des faisceaux de réception, de 550 à 650 mètres. En Angleterre, où les trains sont moins longs, les voies sont plus courtes ; par contre, en Amérique, les voies ont de 950 à 970 mètres.

Le nombre de voies du faisceau de réception doit être tel qu'aux moments où le trafic est le plus intense les trains puissent être reçus, sans devoir attendre devant les signaux d'entrée de la gare le moment où leur admission est possible.

Lorsque le faisceau de triage fait suite au faisceau de réception, les voies de ce dernier sont, comme il a été dit plus haut, utilisées comme voies de décomposition. Quand il n'en est pas ainsi, la décomposition doit se faire en amenant les trains sur des voies de tiroir. La longueur de ces voies peut être celle d'un train, lorsque le débranchement se fait par la gravité ; elle ne doit pas dépasser 300 mètres lorsque la manœuvre se fait par refoulement.

Dans les gares à trafic intense, on installe généralement deux ou trois voies de tiroir, l'une à côté de l'autre, afin de travailler sans interruption ; on remplit l'une des voies, pendant que l'on refoule sur l'autre.

**Faisceau de triage.** — Dans les grandes stations, où se forment des trains directs, des trains semi-directs et des trains omnibus, un classement par directions ne suffit pas en général ; pour chaque direction les wagons doivent, le cas échéant, être groupés séparément suivant qu'ils sont expédiés par un train de l'une des trois catégories. Le faisceau (fig. 117) peut donc comprendre trois groupes : le groupe des trains directs, celui des trains semi-directs et celui des trains omnibus ; ils comportent, en outre, une voie pour les wagons avariés (à diriger sur un atelier de réparation), une ou plusieurs voies pour les wagons destinés à la gare locale, une ou plusieurs voies pour les wagons à transborder, etc.



FIG. 117.

Les voies de triage affectées aux trains directs doivent être plus longues que ces trains, étant donné que les trains d'une même direction ne partent qu'à de grands intervalles (souvent 24 heures) et qu'une voie peut ainsi devoir recevoir plus de wagons que n'en comporte la composition d'un train. Les voies pour les trains semi-directs peuvent être courtes, parce que ces trains comportent plusieurs groupes de wagons

(suivant le nombre de stations qu'ils desservent) et peuvent être formés, s'il le faut, sur deux voies. Le tableau ci-dessous donne le nombre de voies d'un certain nombre de gares :

Gares	Nombre de voies du faisceau	Longueur de la voie			Nombre de wagons manœuvrés par jour
		la plus courte	la plus longue	moyenne	
Speldorf . . . . .	36	60	540	360	2870
Osterfeld . . . . .	41	361	950	646	4630
Wanne . . . . .	25	480	780	594	3570
Dresde . . . . .	19	258	835	437	3440

Le nombre de voies d'un faisceau de triage dépend des longueurs de sa voie la plus longue et de sa voie la plus courte, ainsi que de l'angle de ses branchements. L'angle du fuseau (fig. 118) est égal à environ deux fois l'angle  $\alpha$  des branchements, de telle sorte qu'avec des branchements  $\text{tg } \alpha = \frac{1}{7}$  on a :  $\text{tg } \varphi = \frac{2}{7}$ . Si, par exemple,  $l_1 = 360 \text{ m}$  et  $l_2 = 950 \text{ m}$ , on a :

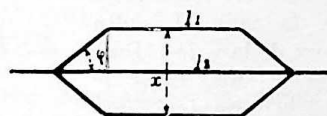


FIG. 118.

$$\text{tg } \varphi = \frac{\frac{x}{2}}{\frac{l_2 - l_1}{2}} = \frac{x}{l_2 - l_1} \text{ ou } x = \frac{2}{7} \times 590 = 170,$$

ce qui, avec un écartement de voies de 4<sup>m</sup>,50, donne comme nombre de voies :

$$n = \frac{170}{4,5} + 1 = 41$$

Dans certaines gares, les trains directs ou semi-directs partent directement du faisceau de triage, sans passer par le faisceau de départ. Pareille organisation peut être défectueuse en ce qu'elle laisse des voies de triage occupées pendant un certain temps par des trains formés, et par conséquent immobilisées comme voies de triage. Lorsqu'il s'agit d'une gare à grand mouvement, on s'efforce de libérer aussi vite que possible les voies du faisceau de triage et l'on envoie les trains, dès qu'ils sont formés, dans le faisceau de départ.

Lorsque le train à former est un train omnibus, il faut que la rame constituée par direction dans le faisceau de triage passe de celui-ci dans le faisceau de formation. La question se résout très facilement dans une gare en pente continue, puisqu'il suffit de laisser descendre les wagons des voies d'un faisceau sur celles de l'autre. Il n'en est pas de même dans les stations de niveau, où la manœuvre se fait par dos d'âne. Dans ce cas, ce n'est que dans les gares relativement de peu d'importance (2400 à 2800 wagons par jour) que l'on peut avoir recours à la disposition théorique, représentée par la figure 100, dans laquelle le faisceau de formation est placé à la suite du faisceau de triage et en est séparé par un dos d'âne, sur lequel opère la machine du faisceau de triage. Dans les gares très importantes, telles que celles de Bâle, Gleiwitz, Mannheim (3000 wagons et plus par jour), on place les faisceaux de formation sur les côtés du faisceau de triage et on fait la manœuvre en recourant à des voies de triage, avec ou sans dos d'âne.



**Faisceau de formation.** — Le nombre de voies d'un faisceau de formation se détermine d'après le train de transbordement desservant le plus grand nombre de stations. Si ce nombre n'est pas élevé, on peut compter une voie par station ; dans ce cas, la manœuvre se fait d'une manière très simple. Si le nombre est considérable, on affecte une voie à plusieurs stations et l'on construit un ou deux grils.

**MANŒUVRE AVEC UN GRIL.** — Supposons un train comptant des wagons pour 16 stations. Le classement peut être fait sur un gril à 4 voies (fig. 119 à 121). On refoule la rame de manière à réunir pêle-mêle, sur la voie I, les wagons pour les stations 1, 5, 9, 13, sur la voie II ceux pour les stations 2, 6, 10, 14, sur la voie III ceux pour les stations 3, 7, 11, 15, et sur la voie IV ceux pour les stations 4, 8, 12, 16. La

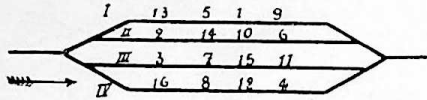


FIG. 119.

locomotive reprend ensuite les wagons de la voie IV, à la suite de ceux-ci, ceux de la voie III, puis ceux de la voie II, enfin ceux de la voie I. Puis elle refoule, dans le gril, la rame ainsi constituée, en envoyant d'abord, sur la voie

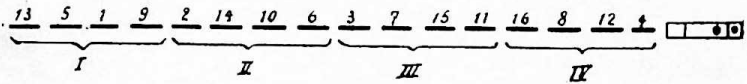


FIG. 120.

IV, les wagons pour la station 13, sur la voie III ceux pour la station 9, sur la voie II ceux pour la station 5 et sur la voie I ceux pour la station 1 ; puis sur la voie IV, les wagons pour la station 14, sur la voie III ceux pour la station 10, sur la voie II ceux pour la station 6 et sur la voie I ceux pour la station 2 ; et ainsi de suite comme le montre la figure. Il suffit ensuite de réunir les quatre rames des voies I, II, III, IV, de manière à former un train, dans lequel les wagons se suivent dans l'ordre 1, 2, 3, 4, 5...

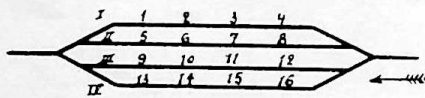


FIG. 121.

Ce système nécessite différents mouvements dans des sens opposés : un mouvement de gauche à droite, pour le premier classement provisoire ; des mouvements de droite à gauche, pour le second classement provisoire et le classement définitif. L'opération est simplifiée et sensiblement accélérée lorsqu'on opère avec deux grils.

**MANŒUVRE AVEC DEUX GRILS** (fig. 122). — Le train se trouvant sur l'une des voies du faisceau de triage est d'abord refoulé sur les voies du gril A, de manière à réunir pêle-mêle, sur la voie I, les wagons pour les stations 1, 5, 9, 13, sur la voie II, les wagons pour les stations 2, 6, 10, 14, sur la voie III, les wagons pour les stations 3, 7, 11, 15, et sur la voie IV, les wagons pour les stations 4, 8, 12, 16. Puis s'opère le refoulement

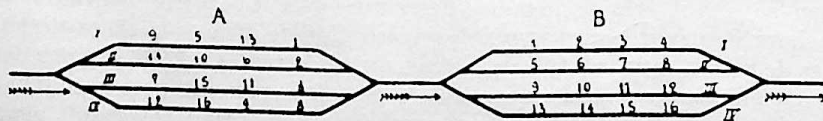


FIG. 122.

dans le gril B, en commençant par les wagons de la voie IV, que l'on répartit de telle sorte que ceux pour la station 4 sont garés sur la voie I, ceux pour la station 8 sur la voie II, ceux pour la station 12 sur la voie III et ceux pour la station 16 sur la voie IV. On refoule ensuite les wagons de la voie III, puis ceux de la voie II, enfin ceux de la

voie I, de manière à réaliser, sur les quatre voies du gril B, les groupements indiqués par la figure. Il ne reste plus qu'à refouler, sur une voie du faisceau de départ, la rame de la voie IV, puis celle de la voie III...

La formation avec deux grils se fait plus rapidement encore lorsque ceux-ci sont en pente continue et que le classement peut s'y faire par la seule action de la gravité. Cependant, dans les grandes gares de formation, de construction récente, on renonce autant que possible au deuxième gril, en établissant le gril unique avec le plus grand nombre de voies possible. La surveillance, avec ce système, se trouve simplifiée.

La longueur des voies des faisceaux de formation varie de 80 à 120 mètres.

**Faisceau de départ.** — Dans beaucoup de gares, il n'y a pas à proprement parler de faisceau de départ. C'est notamment le cas des gares qui forment essentiellement des trains directs et des trains semi-directs, partant directement du faisceau de triage.

La longueur des voies de départ se détermine, comme celle des voies d'arrivée, d'après la longueur des trains.

B) LES DOS D'ÂNE (1)

Les voies de décomposition (généralement, les voies du faisceau de réception) peuvent être en rampe, de niveau ou en pente (fig. 123). Dans les deux derniers cas, une contre-pente *ab* doit être ménagée à leur extrémité, afin que les attelages entre les wagons ne soient pas tendus au sommet du dos d'âne,

au point où l'on doit faire sauter les tendeurs. De ces trois dispositions, la troisième (avec une déclivité ne dépassant pas 2,5 ‰) est la plus avantageuse, parce qu'elle allège le travail de la machine de manœuvre. Comme inclinaison, on donne de  $\frac{1}{60}$  à  $\frac{1}{100}$  à la contre-pente

*ab* et de  $\frac{1}{40}$  à  $\frac{1}{25}$  à la pente *bc*.

La hauteur *H* est calculée, pour chaque faisceau, d'après la résistance que les wagons doivent vaincre depuis le sommet du dos d'âne jusqu'à l'extrémité des voies ;

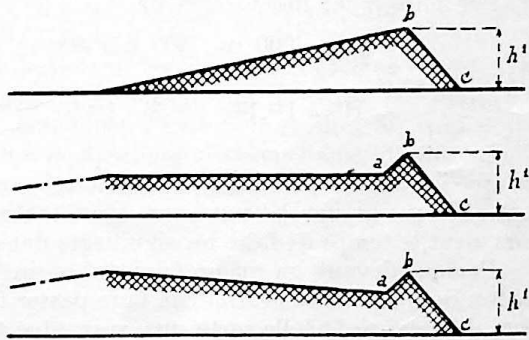


FIG. 123.

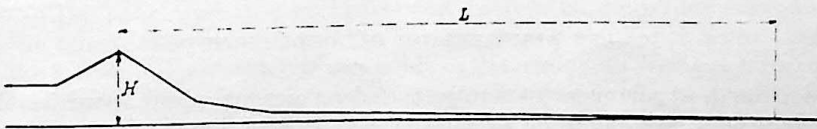


FIG. 124.

on doit donc tenir compte du mode de construction du matériel, du genre de trafic

(1) BLUM. Die Anlage von Abläufbergen auf Verschiebebahnhöfen. *Verkehrstechnische Woche*, 1909, nos 46-49.

Otto AMMANN. Die Leistungsfähigkeit von Abläufanlagen auf Verschiebebahnhöfen. *Über die Ausgestaltung der Verschiebebahnhöfe.*

(comportant beaucoup de wagons fermés ou beaucoup de wagons découverts, beaucoup de wagons chargés, ou beaucoup de wagons vides, etc.), du climat, de la longueur des voies et du nombre de branchements du faisceau.

Si l'on admet que les wagons ont la vitesse  $V = 0$  au sommet du dos d'âne, si  $L$  mètres est la plus grande distance qu'ils ont à parcourir depuis ce sommet, si  $r$  (kg. par tonne) est la résistance en alignement droit, si  $r_c$  (kg. par tonne) et  $l_c$  sont les résistances et les longueurs des courbes qu'ils rencontrent sur leur chemin, on a :

$$H \times H^m = r \times L + \sum r_c \times l_c$$

(travail de la gravité = travail des résistances)

On peut prendre :  $r = 2,4 + \frac{V^2}{1000}$  ( $V$  = vitesse en km. par heure)

$$r_c = \frac{650,4}{R - 55}$$

D'où, en admettant une vitesse de 10 km. à l'heure et en supposant que les wagons aient à franchir les courbes de 4 branchements pour lesquels  $R = 140$  m. et  $l_c = 20$  m. :

$$1000 \times H = 2,5 \times L + 4 \times \frac{650,4}{140 - 55} \times 20 = 2,5 L + 612.$$

Par suite, pour des valeurs de

$$L = 200 \text{ m.}, 300 \text{ m.}, 400 \text{ m.}, 500 \text{ m.}, 600 \text{ m.},$$

il faudrait :

$$H = 1^m,11, 1^m,36, 1^m,61, 1^m,86, 2^m,11.$$

La totalité ou au moins la moitié <sup>(1)</sup> de cette hauteur est reportée sur le dos d'âne, afin que les wagons prennent de l'accélération dès qu'ils franchissent la crête de celui-ci et que chaque groupe ait une avance suffisante sur celui qui le suit pour que les aiguilleurs aient le temps de faire les aiguillages dans l'intervalle.

Parfois, devant un même faisceau, on installe deux et même trois dos d'âne, sur chacun desquels il est possible de faire passer tous les wagons. On leur donne des hauteurs différentes de telle sorte que, suivant que le temps est plus ou moins favorable, on utilise celui dont la pente est la moins ou la plus raide et que l'on puisse maintenir le rendement à un taux uniforme, hiver comme été.

Souvent on place au sommet du dos d'âne un signal chargé de faire savoir à l'agent qui s'y trouve, s'il doit arrêter, ralentir ou accélérer la manœuvre. Le signal est généralement constitué par un mât dont la palette donne, le jour, par sa position, et la nuit, par les couleurs différentes de son feu, les indications voulues.

### C) LES AIGUILLES DE DÉDOUBLEMENT

Afin d'éviter tout allongement non justifié des voies, on admet, pour les branchements des faisceaux, des angles de 1 : 7 ou 1 : 8. L'emploi d'appareils à angle de 1 : 9 au lieu de 1 : 7 peut conduire à un allongement des installations de 14 %, d'où non seulement une augmentation de la dépense pour emprises, terrassements et voies, mais encore des difficultés de surveillance et d'exploitation. Une réduction de la largeur peut aussi être réalisée par l'emploi d'aiguilles doubles au lieu d'aiguilles simples.

Afin de contrebalancer l'augmentation de résistance due au parcours des aiguilles de dédoublement et des courbes et contre-courbes qui les accompagnent, on pose ces

(1) AMMANN, *Zeitung des Vereins*, 1<sup>er</sup> juin 1912.



aiguilles en pente (voir figure 124), généralement cette pente est de 1 : 200 ; on rencontre, en Allemagne, des installations dans lesquelles la première aiguille est placée dans la forte pente (1 : 40) du dos d'âne.

Les wagons descendant la pente du dos d'âne se suivant à de courts intervalles, il faut que les aiguilles soient manœuvrées très rapidement ; afin d'éviter un grand nombre d'aiguilleurs ou de leur imposer un travail excessif, on concentre les leviers au même point ou à peu près. Pour en diminuer le nombre, on peut disposer certains d'entre eux de telle façon qu'ils manœuvrent plusieurs branchements à la fois. Ainsi, dans le faisceau représenté fig. 125, le même levier peut manœuvrer à la fois les aiguilles 3, 4 et 5 ; comme il n'y a qu'une seule rame engagée à la fois sur le faisceau, il importe peu que les positions des aiguilles de ces appareils soient solidaires, du moment qu'elles ne se trouvent pas sur la même direction.

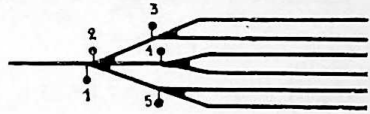


FIG. 125.

Un aiguilleur dessert, en général, six appareils ; ce nombre ne doit pas dépasser 12 et on le ramène à 3 ou 4 pour l'agent opérant en tête du faisceau, dans la pente du dos d'âne. Dans des gares de construction récente (Oberkottzau, Nuremberg) on a appliqué un dispositif électrique, empêchant la manœuvre de l'aiguille aussi longtemps qu'un wagon se trouve sur le branchement. L'application de ce dispositif implique l'établissement, dans la pente, d'une voie de sûreté sur laquelle on dirige le wagon ou le groupe de wagons qui suit de trop près celui qui le précède, au point que l'aiguilleur n'ait pas le temps de faire les aiguilles pour lui.

Dans les gares de formation très importantes, les aiguilles sont manœuvrées par une cabine, par commande, soit mécanique, soit électrique. Lorsque la commande se fait par voie mécanique, il est recommandable d'éviter de confier un trop grand nombre de leviers à un même agent, afin que ce dernier ait le temps de se rendre compte des opérations qu'il doit effectuer. Quant aux appareils par commande électrique, on leur reproche de se déranger facilement en temps de neige et de gel.

#### D) LES APPAREILS DE FREINAGE

Différents appareils de freinage sont en usage dans les gares de triage par la gravité, afin de modérer à volonté la vitesse des wagons descendant des pentes et de les empêcher, lorsque la pente est continue, de traverser la gare sans s'arrêter. Parmi ces appareils, les plus employés sont le frein à main, le bâton-frein, le sabot-frein et le frein de voie.

**Le frein à main.** — En Angleterre, où tous les wagons sont munis d'un frein à main, on utilise pour ainsi dire exclusivement celui-ci au cours des manœuvres dans les gares de triage. Souvent le caleur se borne à laisser tomber le levier, qui dans ce cas agit sur le bloc uniquement par son poids et détermine un freinage léger, mais continu ; d'autres fois, il applique vivement le frein, lorsque le wagon approche du point où il doit être arrêté. Le système n'est guère utilisé sur le continent.

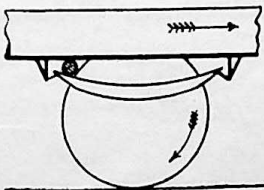


FIG. 126.

**Le bâton-frein.** — Le bâton-frein se place entre la roue, le châssis et le ressort de suspension (fig. 126). Entraîné par le mouvement de la roue, il vient se coincer entre le bandage et le longeron et forme un frein énergique. Le système est fatigant pour l'ouvrier et demande que celui-ci accompagne le wagon jusqu'à ce qu'il soit arrêté.

**Le sabot-irein.** — L'appareil se compose d'un sabot S (fig. 127), muni d'un patin P,

d'une joue de frottement J et d'une poignée *p*. Il se pose sur l'un des rails de la voie (sur le rail extérieur quand la voie est en courbe), à une distance de 5 à 10 mètres du dernier wagon arrêté. Le wagon descendant du dos d'âne arrive sur le sabot avec une certaine vitesse, monte sur le patin et entraîne avec lui l'appareil dont le glissement détermine bientôt son arrêt.

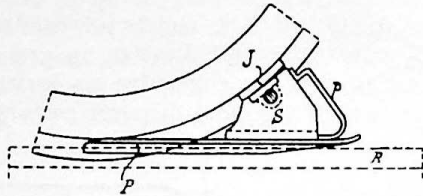


FIG. 127.



FIG. 128.

Au moment où celui-ci se produit, le wagon subit un léger recul et dégage le sabot qui devient disponible pour une autre opération.

Pendant son déplacement, le sabot est maintenu sur le rail par les rebords *r* du patin (fig. 128).

**Le frein de voie.** — Alors que les trois systèmes qui viennent d'être envisagés déterminent le ralentissement et l'arrêt des wagons sur les voies du faisceau de triage, le frein de voie assure le freinage sur le dos d'âne, pendant que le wagon roule entre la crête de celui-ci et l'entrée du faisceau. Il permet d'accentuer la pente du dos d'âne et de la faire correspondre aux plus mauvaises conditions de roulement des véhicules ; on ne l'utilise donc que dans les moments (l'été par exemple) où les conditions de roulement sont favorables.

L'appareil freineur est un sabot frein que l'on place à l'aval de la crête du dos d'âne

et dont l'action est limitée au moyen d'un dispositif qui, à un point déterminé, le projette hors de la voie, tandis que le wagon ou le groupe de wagons continue librement sa course.

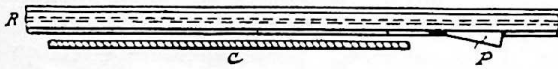


FIG. 130.

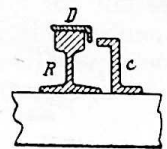


FIG. 129.

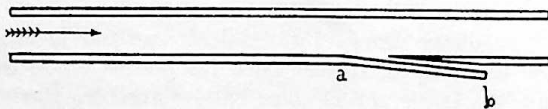


FIG. 131.

Les dispositifs servant au rejet du sabot sont de deux espèces, suivant que le patin est muni d'un ou de deux rebords D.

Lorsqu'il n'y a qu'un rebord, on place extérieurement au rail un contre-rail C (fig. 129 et 130), qui guide le patin pendant sa course et au bout duquel se trouve un coin P, qui lance le sabot hors de la voie. Lorsque le patin est muni de deux rebords, on dispose dans le rail un aiguillage spécial *ab*, au point où le sabot doit être poussé de côté (fig. 131).

On fait habituellement agir le frein de voie sur une longueur de 30 mètres et l'on pose le sabot à 50 mètres de la crête du dos d'âne (fig. 132). Lorsque le nombre de wagons à trier par jour ne dépasse pas 1000, il suffit d'un frein de l'espèce ; il en faut deux lorsque le nombre atteint 2000.

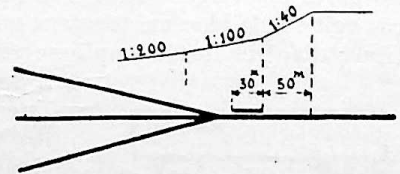


FIG. 132.

**La chaîne-drague.** — Elle fonctionne dans la gare de Edgchill (Liverpool) et a pour but d'arrêter les dérives. Une lourde chaîne, ayant un crochet à son extrémité,

est couchée dans la voie et supportée, à l'une de ses extrémités, par une pièce P, qui est relevée (comme l'indique la figure 133) lorsque le signal avec lequel elle est en connexion se trouve à l'arrêt. Un wagon partant en dérive a son premier essieu pris par le crochet et entraîne la chaîne, qui en diminue progressivement la vitesse et finit par l'arrêter.

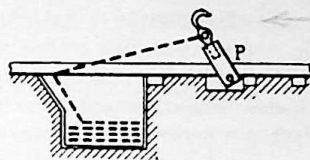


FIG. 133.

#### E) LES INDICATEURS DE VOIES

Les indicateurs de voie trouvent leur emploi dans les gares importantes, où le nombre de wagons à trier est considérable. Ils ont pour but de faciliter le travail des aiguilleurs et des caleurs, en indiquant aux premiers la direction à donner aux aiguilles et aux seconds, les voies sur lesquelles doivent être placés les sabots-freins. Ils permettent aussi à ces différents agents de signaler à celui qui commande la manœuvre à la crête du dos d'âne qu'il convient d'accélérer ou de ralentir ou même, en cas d'accident, d'arrêter la descente des wagons.

Le système le plus simple est celui dont il a été question plus haut : le marquage, à la craie, de la paroi de tête ou de l'un des tampons des wagons ; dans les grandes gares, il est combiné avec l'emploi de téléphones haut-parleurs et d'un projecteur électrique, dirigeant, la nuit, un faisceau de lumière sur le point marqué. Les appareils spéciaux poursuivant le même but sont : <sup>(1)</sup>

1° le mât de Totz, qui indique la voie, pendant le jour, au moyen de grands chiffres et, la nuit, par des combinaisons de lumières ;

2° le cadran de Schnabel et Henning, qui est muni d'une aiguille s'arrêtant sur le numéro correspondant à la direction à assigner au wagon ;

3° le tableau électrique de Hattemer, qui fonctionne à la manière des tableaux pour sonneries électriques.

## II. LES GARES NON SPÉCIALISÉES

### 1° Considérations générales.

Le plus grand nombre des gares sont des gares non spécialisées, c'est-à-dire assurant à la fois le trafic à voyageurs et le trafic à marchandises. Les gares *importantes* de l'espèce doivent comprendre :

a) pour le service des voyageurs, un bâtiment des recettes, des installations pour la réception et la distribution des bagages, des colis par exprès et des marchandises de grande vitesse, une rampe pour le chargement des chevaux et des équipages de luxe, des quais pour la réception et l'expédition des trains, des voies de manœuvre et des voies de remisage du matériel, dans la plupart des cas, un dépôt de locomotives ;

b) pour le service des marchandises, une ou plusieurs halles à marchandises, une cour avec ses voies et ses rampes de chargement et de déchargement, des voies d'évitement et de garage des trains, des voies de triage et de formation, un atelier et des voies pour l'entretien et la réparation du matériel.

(1) Voir BLUM. Ouvrage cité plus haut, p. 52.  
 » AMMANN. »  
 » *Bulletin du Congrès*, février 1911, p. 134.



Cette variété d'installations se réduit de plus en plus à mesure que le trafic devient de moins en moins important, au point que la plupart des petites stations ne comportent, à côté des voies principales et du bâtiment des recettes, qu'une voie de chargement et de déchargement des wagons transportant les grosses marchandises et un petit magasin pour l'expédition et la réception des colis de détail.

Sur les lignes à voie unique, la voie principale est doublée dans chaque gare, de manière à permettre au moins le croisement des trains de voyageurs. Ce dédoublement se fait, comme il a été dit précédemment (page 43), soit en conservant à la voie principale sa direction, soit en la déviant (fig. 134).

Sur les lignes à double voie, les deux voies principales sont toujours reliées l'une à l'autre à l'entrée et à la sortie de la gare, afin de permettre, en cas d'accident, la circulation à voie unique et, en cas normal, le rebroussement. Cette liaison est disposée de façon qu'elle ait toujours ses aiguilles prises en talon par les trains circulant normalement ; on évite ainsi le danger de fausses directions (fig. 135).



FIG. 134.

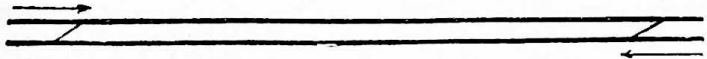


FIG. 135.

Dans le plus grand nombre des stations, les voies d'évitement et de garage, pour la réception des trains au passage, de même que les voies de marchandises pour le service local (dans le cas où il n'y a pas de voies d'évitement) sont reliées aux voies principales dans des conditions telles que les aiguilles de raccordement sont prises en talon par les trains directs (fig. 136). Il en résulte que les trains qui se garent doivent pénétrer

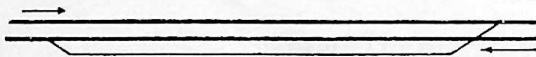


FIG. 136.

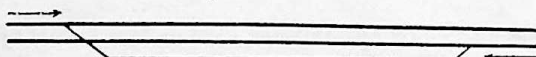


FIG. 137.

par refoulement sur les voies de garage. Cette disposition, qui est dictée par la préoccupation de la sécurité lorsqu'il est fait usage d'appareils ordinaires, présente l'inconvénient qu'elle allonge la durée de la manœuvre et empêche le train à garer d'aller à l'aiguille de refoulement, tant que la voie est occupée par un train en stationnement. Dans toutes les gares un peu importantes, elle est remplacée par le système de l'entrée directe (fig. 137) ; les aiguilles sont munies d'appareils empêchant leur déplacement intempestif, de façon qu'il n'y a plus de danger à les prendre en pointe et à permettre aux trains d'avoir accès direct sur les voies de garage.

## 2° Service des voyageurs.

Les stations non spécialisées les plus rudimentaires sont les *halles* <sup>(1)</sup>. Elles comportent, comme construction, un petit bâtiment composé d'une salle d'attente, d'un

(1) En Belgique, les haltes peuvent être ouvertes à tous les services : voyageurs, bagages, marchandises. En dehors d'elles, il y a aussi ce qu'on appelle les points d'arrêt, dans lesquels fonctionne exclusivement le service des voyageurs et que l'on installe au croisement d'une route et de la voie ferrée, ce qui permet d'utiliser le garde-barrières à la distribution et au recolement des coupons.

bureau pour les écritures et la distribution des coupons et d'un petit magasin pour les marchandises. Selon que la ligne est à simple ou à double voie, il y a un ou deux quais d'au moins 2<sup>m</sup>,50 de largeur, pour la montée et la descente des voyageurs (fig. 138). Lorsqu'il s'agit d'une halte très fréquentée, on élargit parfois l'entre-voie de manière à pouvoir y placer un grillage en treillis, empêchant les voyageurs de monter dans les trains ou d'en descendre à contre-voie.

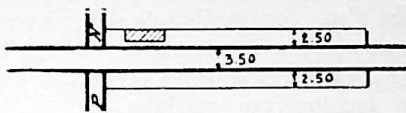
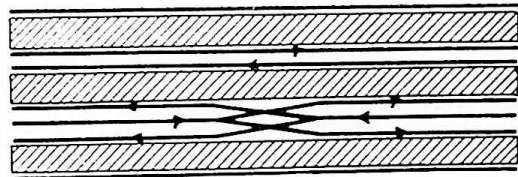


FIG. 138.

Le service des voyageurs nécessite, dans la plupart des stations, un bâtiment des recettes, dont les dimensions sont plus ou moins grandes, selon l'importance du trafic, et deux quais longeant, l'un, le bâtiment des recettes, l'autre, la seconde voie principale, le plus souvent à l'extérieur de celle-ci. Généralement on établit un abri, en face du bâtiment des recettes, sur le quai extérieur, et on relie celui-ci, lorsque le mouvement des voyageurs est considérable, par un souterrain ou une passerelle, au quai opposé.

Les stations non spécialisées importantes sont presque toujours des stations de bifurcation ou d'embranchement ; leurs installations pour le service des voyageurs (voies de réception des trains, quais, faisceau de remisage des voitures) se font d'après les mêmes principes que celles des grandes gares à voyageurs spécialisées.

Il n'est pas toujours possible, l'espace pour se développer en largeur faisant défaut, d'installer tous les quais à voyageurs l'un à côté de l'autre. Dans ce cas, on peut adopter le système des quais doubles, qui consiste à donner à ceux-ci une longueur suffisante pour que deux trains puissent se ranger, l'un derrière l'autre, devant eux ; les deux voies de réception sont reliées par bretelles à une voie intermédiaire, qui permet à l'un des trains d'entrer ou de partir sans que l'autre lui fasse obstacle (fig. 139).



Gare de Saint-Omer

FIG. 139.

### 3<sup>e</sup> Service des marchandises.

Dans les très petites stations, le magasin des marchandises peut être une annexe du bâtiment des recettes. Le trafic étant peu important, les colis de détail sont amenés aux trains de marchandises au moyen d'une charrette à bras et chargés à la main ; le déchargement se fait dans les mêmes conditions. Une voie suffit au garage des wagons amenant les marchandises transportées par charge complète et enlevant des marchandises dans les mêmes conditions. La station dispose en général d'une rampe mobile.

Le trafic gagnant en importance, le magasin devient une halle indépendante, à quai extérieur, avec une voie ferrée sur l'un de ses longs côtés et une voie charretière sur l'autre. La cour comporte généralement deux voies de chargement et de déchargement pour les wagons amenant les grosses marchandises et au moins une voie pour la réception et l'enlèvement des wagons. Elle comprend, comme installations secondaires, une rampe raccordée à l'une des voies de chargement, un pont à peser et une jauge de chargement. Lorsque la disposition des lieux le permet, la halle à marchandises est construite, de même que le bâtiment des recettes, du côté de la localité. Ainsi le mouvement des voyageurs et des marchandises peut se faire en évitant la traversée des voies et la surveillance de l'ensemble du service est plus facile.

A mesure que le trafic devient plus considérable, les installations se rapprochent de celles des gares à marchandises spécialisées.

Les petites stations et la plupart de celles de moyenne importance ne disposent pas d'une locomotive de manœuvre ; les wagons qu'elles expédient et qu'elles reçoivent sont ajoutés aux trains ou en sont retirés par les locomotives de ceux-ci. Il n'en est pas de même des stations importantes, qui assurent le service des manœuvres au moyen de locomotives spéciales.

#### 4° Disposition des voies.

Si l'on fait abstraction des voies du faisceau de remisage du matériel à voyageurs, faisceau qui ne se rencontre que dans les gares importantes, les voies des gares ordinaires se divisent en voies de marchandises pour le service local et en voies d'évitement pour le garage des trains au passage. A ces catégories s'ajoutent parfois une ou plusieurs voies de circulation.

**Voies des marchandises.** — Les voies des marchandises sont affectées au stationnement des wagons à l'arrivée et des wagons au départ, ainsi qu'à celui des wagons en chargement ou en déchargement, soit dans la cour, soit dans ou devant les halles.

Dans les petites stations et sur les lignes à double voie, on n'installe en général que deux voies des marchandises (fig. 140) : la voie 1 (voie de débranchement) pour les wagons à l'arrivée et ceux au départ, la voie 2 (voie de chargement) pour les wagons en chargement et en déchargement. Cette dernière aboutit au magasin M et à la rampe de chargement

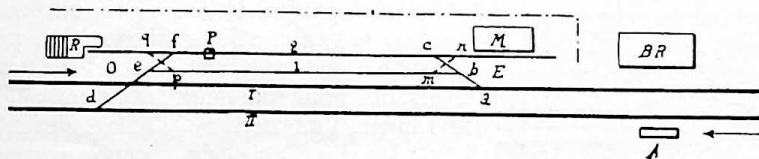


FIG. 140.

R ; le pont à peser P y est intercalé. La manœuvre des wagons à prendre ou à laisser s'effectue de la manière suivante.

Considérons le cas d'un train impair (amené par la voie I). La machine, suivie des wagons à laisser et de ceux qui les précèdent dans le train, s'avance vers l'aiguille *a*, qu'elle dépasse suffisamment pour qu'elle soit dégagée. On manœuvre les aiguilles *a* et *c* et la machine refoule sur la voie 2, où l'on découple les wagons destinés à la gare. Elle revient de manière à dépasser, avec la rame qui la suit, l'aiguille *b* ; on manœuvre celle-ci, la locomotive refoule sur la voie 1 et enlève les wagons préparés pour le départ. Suivie de ceux-ci, elle vient se remettre en tête du train.

Dans le cas d'un train pair (entré sur la voie II), l'opération se fait dans les mêmes conditions, sauf que la locomotive, suivie de la partie antérieure du train terminée par les wagons à laisser, refoule sur la voie 2 par les aiguilles *d* et *f*. Les wagons à décharger, laissés sur la voie 2, sont amenés à bras d'homme à l'endroit (magasin, cour ou rampe) où le déchargement doit en être fait. Les wagons chargés ou vides sont ramenés, de même, sur la voie 1, où l'on groupe à l'extrémité E ceux destinés aux trains impairs et, à l'extrémité O, ceux pour les trains pairs. Ces manœuvres à bras d'homme sont considérablement simplifiées lorsqu'on établit, entre les voies 1 et 2, les liaisons *mn* et *pq*.

Certaines administrations, dans leurs très petites gares, se contentent de la voie 2. Dans ce cas, la manœuvre par locomotive s'effectue comme suit : La machine refoule sur la voie 2, emmenant les wagons à laisser. On attelle à ceux-ci les wagons préparés pour le départ et la locomotive revient sur la voie principale (I ou II), où l'on dételle



les wagons à enlever. La locomotive refoule une seconde fois sur la voie 2 et y laisse les wagons destinés à la gare ; elle revient ensuite se placer en tête de son train.

— La disposition des voies et la manœuvre ne sont pas différentes sur une ligne à voie unique, étant donné que le dédoublement de la voie principale doit être fait dans chaque gare. Si la ligne est parcourue par des trains express, la voie de dédoublement, ainsi qu'il a été dit précédemment, doit être établie du côté du bâtiment des recettes. Tous les trains (pairs ou impairs), appelés à être dépassés par un express, doivent alors être reçus sur la voie de dédoublement I (fig. 141) et les manœuvres,

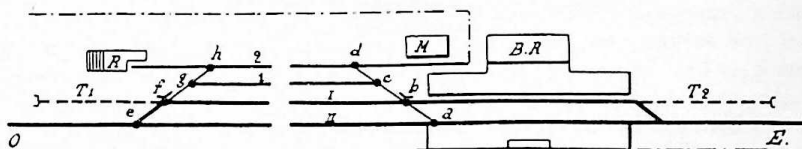


FIG. 141.

pour ces trains, se font exclusivement sur celle-ci. Afin d'éviter qu'au cours de ces manœuvres des véhicules n'arrivent sur la voie des express, on prolonge la voie de dédoublement par deux bouts en impasse  $T_1$  et  $T_2$  que l'on utilise comme voies de tiroir. Les aiguilles  $b$  et  $f$  sont des aiguilles à deux directions et ne peuvent donner la voie II que si les signaux couvrant celle-ci sont fermés vers E et vers O.

Dans des gares plus importantes (fig. 142) que celles envisagées jusqu'à présent,



FIG. 142.

la voie 2 est doublée et l'on dispose de 3 voies des marchandises : la voie 1, sur laquelle on place les wagons au départ, à l'une des extrémités ceux pour la direction O, et à l'autre extrémité, ceux pour la direction E ; les voies 2 et 3 de chargement et de déchargement, la voie 2 plus spécialement pour les marchandises emballées, transportées en wagons fermés, la voie 3 plus spécialement pour les marchandises brutes, transportées en wagons découverts.

Le trafic étant plus important encore, on peut établir deux voies de débranchement, l'une pour les wagons à l'arrivée, l'autre pour les wagons au départ, et installer trois et plus de voies de chargement et de déchargement. Avec une importance de l'espèce, il devient généralement nécessaire de transporter les voies des marchandises du côté opposé au bâtiment des recettes, ce qui conduit à une disposition du genre de celle représentée figure 143.

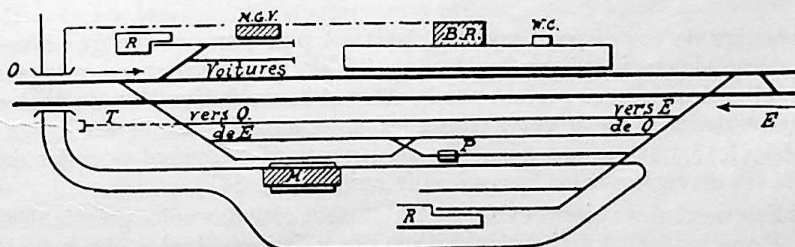


FIG. 143.

**Voies d'évitement.** — Lorsque des voies d'évitement doivent être installées dans une petite station, sans service de marchandises local, on les pose à droite et à gauche des voies principales, afin que celles-ci ne soient pas coupées par les trains à garer et qu'elles conservent leur direction rectiligne (fig. 144). Comme ces voies doivent servir

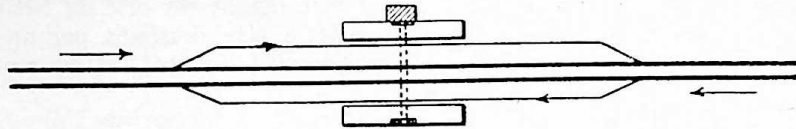


FIG. 144.

au garage aussi bien des trains de marchandises que des trains de voyageurs, il convient de leur donner une longueur suffisante, qui sur des lignes plates doit varier de 550 à 650 mètres.

Dans les gares ayant un service de marchandises local et dans lesquelles, par conséquent, les trains doivent laisser et prendre des wagons, l'établissement de voies d'évitement des deux côtés des voies principales présente l'inconvénient qu'aucune manœuvre ne peut se faire, pour les trains garés sur l'une des voies d'évitement, qu'en traversant les voies principales. Dans les cas de l'espèce, on place les deux voies d'évitement du même côté (celui où sont établies les voies des marchandises) et l'on adopte l'une des deux dispositions fig. 145 et 146.

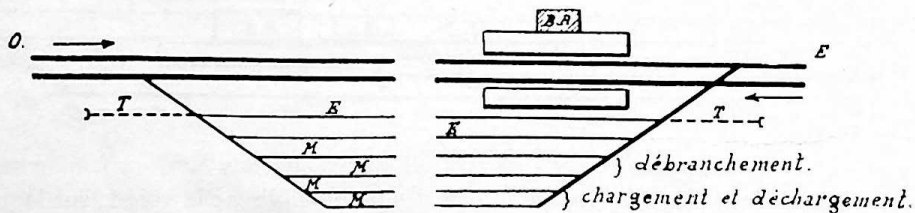


FIG. 145.

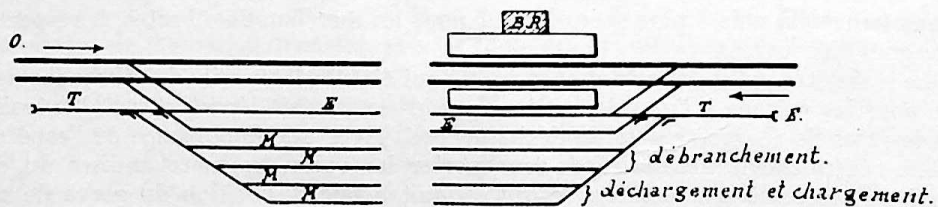


FIG. 146.

La première de ces dispositions (fig. 145) est plus économique que la seconde en ce qu'elle demande moins d'appareils, mais lui est inférieure en ce qu'elle exclut les entrées directes et qu'elle ne permet pas l'entrée et la sortie simultanées de deux trains, à une même extrémité de la gare. Elle n'est recommandable, sur les lignes à double voie, que dans les gares où l'on n'installe qu'une voie d'évitement pour les deux directions et elle est de règle sur les lignes à voie unique (fig. 147).

L'établissement des voies d'évitement d'un seul côté des voies principales a comme conséquence que les trains arrivant par l'une des voies principales (dans nos exemples,

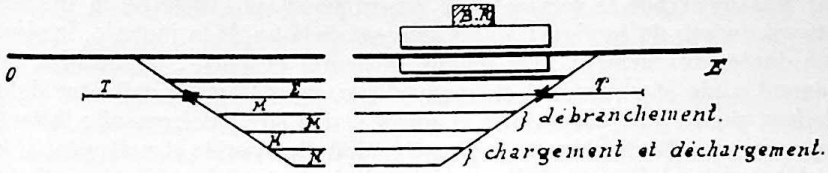


FIG. 147.

ceux allant de O vers E) doivent couper l'autre voie principale pour se garer et pour partir de la gare après garage. Par contre, toutes les manœuvres sur les voies des marchandises sont possibles, sans atteindre les voies principales, si l'on a soin d'établir les voies de tiroir T et de leur donner une longueur suffisante. La disposition (fig. 146) rend indépendantes de ces manœuvres les entrées et les sorties des trains utilisant les voies d'évitement.

**Voies de circulation.** — Lorsque les groupes des voies d'évitement et des voies des marchandises acquièrent une certaine importance, surtout lorsque les installations de la gare comportent un dépôt de locomotives ou un atelier de wagons, il convient d'établir une voie de circulation C (fig. 148), qui est une voie libre pour les mouvements

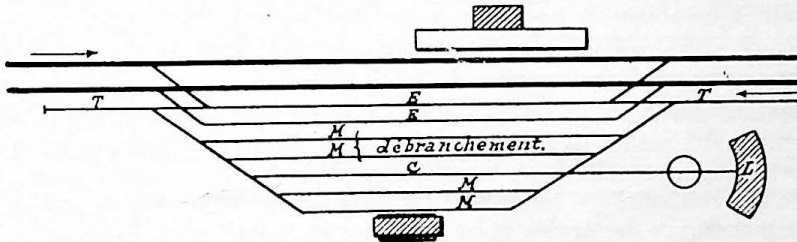


FIG. 148.

vers toutes les parties de la gare : locomotives rentrant au dépôt ou se rendant au train, wagons entrant à l'atelier de réparation ou en sortant, véhicules à charger ou à décharger à la rampe de chargement, etc.

### III. — LES DÉPÔTS DE LOCOMOTIVES (1)

Les dépôts de locomotives servent à remiser les machines en service durant les intervalles pendant lesquels elles ne sont pas sur la route.

Ces dépôts sont répartis de distance en distance dans un certain nombre de gares, de manière que les locomotives se trouvent à proximité des lignes qu'elles sont appelées à desservir. Les grandes gares, qui sont généralement le point de concours d'un grand nombre de lignes, sont choisies pour l'établissement des dépôts importants ; les dépôts secondaires de moindre importance sont installés dans des gares de bifurcation.

Le séjour des locomotives dans un dépôt peut simplement correspondre au court intervalle entre deux remorques consécutives, intervalle pendant lequel les seules

(1) Heizhausanlagen dans *Handbuch des Eisenbahnmaschinenwesens* de Ritter von Stockert II, Band, pp. 144 à 318.



opérations réclamées par le service sont généralement le virage de la machine et le ravitaillement en eau du tender. Le plus souvent, à la fin de la journée, le séjour comprend une durée notablement plus longue (8 heures et plus) : la machine doit être, non seulement virée et pourvue à nouveau d'eau, mais la grille doit être débarrassée des mâchefers qui s'y sont accumulés et même le feu tiré entièrement ; le tender doit être réapprovisionné de charbon, la locomotive doit être visitée et nettoyée, la tubulure doit être débouchée et les escarbilles retirées de la boîte à fumée ; de petits travaux d'entretien doivent être exécutés au mécanisme, à la chaudière, au châssis ou au frein. Enfin, périodiquement (tous les 8, 10 ou 15 jours), la locomotive fait au dépôt un séjour plus prolongé encore (24 à 36 heures), pendant lequel la chaudière est lavée, les soutes du tender nettoyées à fond, les attelages visités et certaines pièces renouvelées.

A moins que le service ne soit organisé d'après le principe de la double équipe, la chaudière doit être allumée journellement et remise en pression.

Il résulte de là que les installations d'un dépôt doivent comporter :

1° un bâtiment (une remise) pour abriter les locomotives dont le séjour a une certaine durée, bâtiment dans lequel doivent en tout cas pouvoir être remises les machines à visiter à fond, à nettoyer, à allumer, à laver et à réparer sommairement ;

2° des voies non couvertes pour le séjour des locomotives ne venant au dépôt que dans le court intervalle entre deux remorques consécutives, pour être virées et exceptionnellement être ravitaillées ;

3° un ou plusieurs ponts tournants, des grues hydrauliques, un magasin de sable sec, des quais à combustible avec des engins de chargement ;

4° différentes annexes, notamment des bureaux, des magasins de pièces de rechange, des dortoirs, un réfectoire, des salles de bains.

La situation des dépôts se détermine d'après les circonstances locales et l'importance des gares auxquelles ils sont annexés. Dans les gares d'importance secondaire, ils sont généralement établis dans le périmètre de celles-ci ; lorsqu'ils sont appelés à desservir de grandes stations, on préfère les éloigner du réseau des voies de stationnement et de manœuvre des trains et en faire des installations complètement indépendantes, reliées à la gare par des voies spéciales. On réalise ainsi cet avantage que les voies et les bâtiments établis pour le service des locomotives ne peuvent, à aucun moment, constituer un obstacle au développement des installations pour le service des voyageurs et des marchandises ; on évite également, lorsqu'il s'agit d'un dépôt annexé à une grande gare de voyageurs, que le dégagement de fumée et la production de poussières inhérents à la manutention du combustible, à l'allumage et au nettoyage des machines ne deviennent une source de désagréments pour les habitations voisines et ne donnent lieu à des procès souvent onéreux pour l'administration exploitante.

### 1° Les remises.

Au point de vue de la forme du bâtiment, les remises peuvent se ranger en deux catégories : *a)* les remises rectangulaires dans lesquelles les locomotives stationnent sur une série de voies parallèles ; *b)* les remises circulaires, dans lesquelles les locomotives occupent des voies radiales, disposées autour d'un pont tournant.

#### A) REMISES RECTANGULAIRES

Dans la catégorie des remises rectangulaires, on distingue celles auxquelles on accède par aiguilles et celles dont l'accès se fait au moyen d'un ou de plusieurs transbordeurs.

**Remises avec accès par aiguilles.** — Ces remises sont d'un usage général en Belgique ; elles sont également très répandues en Angleterre. Le plus souvent, l'accès n'a lieu que par l'une des façades ; certaines Compagnies anglaises construisent cependant des remises à deux issues.

Afin que la sortie des machines puisse se faire dans l'ordre de succession des heures de départ des trains, sans entrave et sans fausse manœuvre, on limite le nombre de locomotives remisées par voie. Ce nombre, dans les remises belges construites dans ces dernières années, ne dépasse généralement par 4 (1), lorsqu'il s'agit de dépôts assurant des services de remorque variés (variés au point de vue des directions et de la nature des trains). Il en résulte que l'une des conditions de l'application du système est que l'on dispose d'un terrain sur lequel l'installation puisse être développée en largeur, la distance d'axe en axe des voies devant être de 4<sup>m</sup>,50 au minimum (5m. en Allemagne), et la distance, par rapport aux murs latéraux de l'axe des deux voies extrêmes devant ne pas être inférieure à 3,50 (fig. 149).

La plupart des grandes remises construites en Belgique depuis une vingtaine d'années ont 90 mètres de longueur (donnant 83 mètres de longueur de voie utile) et se développent sur des largeurs de 40<sup>m</sup>,50 à 92<sup>m</sup>,50, offrant de 10 à 20 voies de remisage.

Les remises rectangulaires avec accès par aiguilles, du moment que le nombre des machines par voie reste dans des limites convenables (2), sont celles qui donnent le plus de facilité et le plus de sécurité pour l'introduction et la sortie des machines. La surveillance s'y exerce facilement ; à cause de leur faible hauteur, elles peuvent être chauffées et éclairées dans de bonnes conditions.

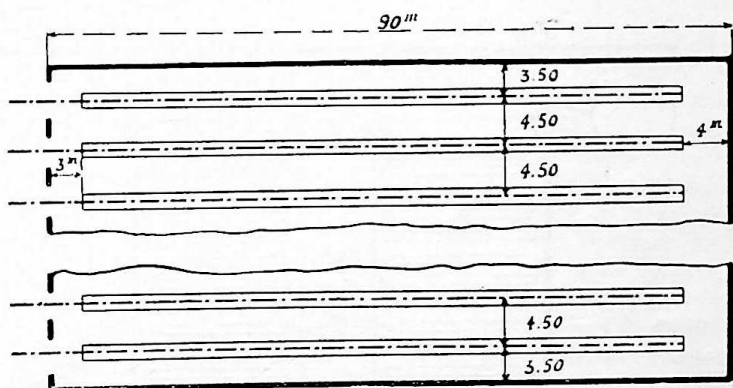


FIG. 149.

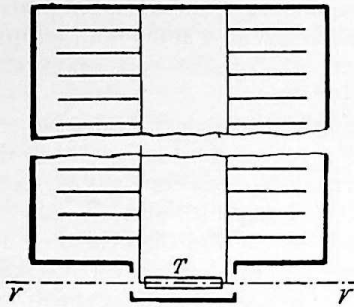
**Remises rectangulaires avec transbordeurs.** — Lorsque l'on dispose d'un terrain s'étendant, relativement aux voies d'accès, beaucoup plus en longueur qu'en largeur, on peut avoir recours au système des remises avec transbordeurs, lequel convient comme le précédent pour des installations de grande importance.

La disposition incontestablement la plus favorable au point de vue de l'introduction et de la sortie des machines est celle d'un transbordeur unique et d'une locomotive par voie (fig. 150) ; mais ce système ne convient que pour un nombre restreint de machines.

Une disposition avantageuse pour une remise de moyenne importance consiste à disposer, à droite et à gauche du transbordeur unique, des voies pouvant recevoir

(1) En Angleterre, dans les remises à deux issues, on admet jusque 6 locomotives par voie. Il peut en être ainsi, grâce aux tableaux de service des remises anglaises, qui comportent un grand nombre de trains de même espèce.

(2) Ce nombre peut être d'autant plus grand que le nombre de voies est plus considérable.

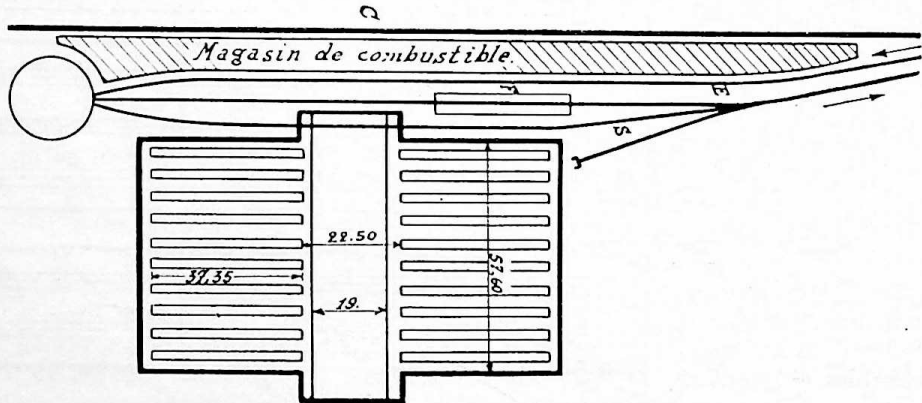


V. — Voie d'accès des locomotives.  
T. — Transbordeur.  
FIG. 150.

chacune deux ou trois locomotives. Ce mode de construction a été adopté pour la remise de la gare de Silésie à Berlin (fig. 151) qui, pour une surface couverte de 6530 mètres carrés, peut abriter 60 locomotives-tender ou 40 grandes locomotives à tender indépendant.

Quand il s'agit d'installations de plus grande importance, on peut construire la remise avec deux transbordeurs (fig. 152), ce qui permet de garer trois ou quatre locomotives sur chacune des voies de la partie médiane et deux ou trois sur chacune des voies des deux parties extrêmes.

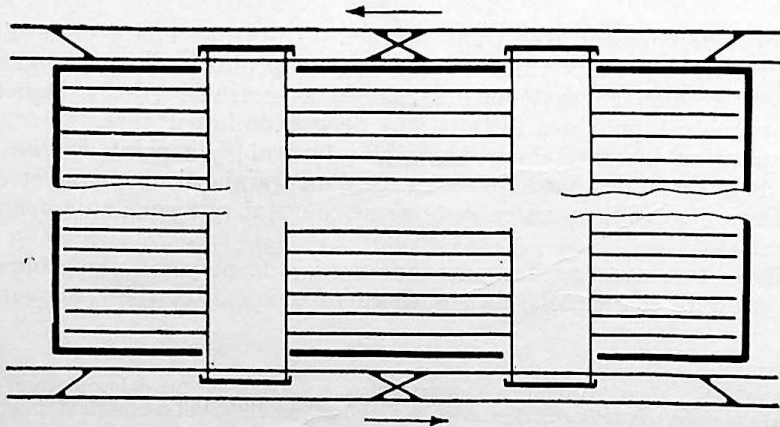
Parfois l'on combine la disposition avec transbordeur avec la disposition avec aiguilles, celle-ci étant alors appliquée sur l'une des façades de la remise. Ce mode de construction présente l'avantage qu'il facilite l'introduction des



Remise de la gare de Silésie à Berlin.

F : Fosse à cendres et à mâchefers. — E : Voie d'entrée des locomotives. — S : Voie de sortie des locomotives. — C : voies des wagons de charbon.

FIG. 151.



Remise avec deux transbordeurs.

FIG. 152.



machines par l'une des extrémités ; mais il agrandit l'espace occupé, et rend, à cause des portes, plus difficile le chauffage du bâtiment.

Le reproche que l'on pouvait faire autrefois aux remises à transbordeurs d'être exposées à des interruptions de fonctionnement du transbordeur n'existe plus depuis l'application de l'électricité à la propulsion de ces engins.

#### B) REMISES CIRCULAIRES

Les remises circulaires sont de deux espèces :  $\alpha$ ) les rotondes, c'est-à-dire les remises avec le pont tournant couvert et qui sont toujours entièrement circulaires ;  $\beta$ ) les remises annulaires, dans lesquelles le pont tournant est découvert et qui le plus souvent sont en fraction d'anneau.

**Rotondes.** — Ce type est particulièrement adopté dans les pays dont le climat est rigoureux.

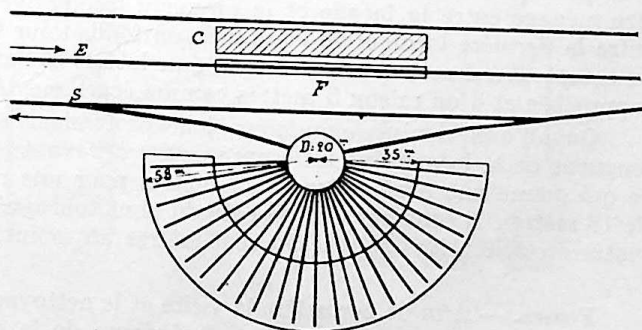
Le bâtiment est rond, carré ou polygonal. Il coûte cher à cause de la grande surface couverte et de la construction dispendieuse de la toiture, qui comporte inévitablement un dôme dans la partie centrale. Le chauffage en est difficile à cause de la grande élévation que, pour les besoins de l'éclairage, il convient de lui donner.

Relativement aux autres systèmes, ces remises ont l'inconvénient qu'elles sont bâties pour un nombre déterminé de locomotives et ne peuvent pas être agrandies. En général, elles ne reçoivent qu'une locomotive par voie ; établies pour un dépôt qui a en service des locomotives de longueurs très différentes, elles peuvent donner lieu à des pertes de place très appréciables. En Europe, on les fait pour 20 à 32 machines.

Les rotondes ne demandent que fort peu de terrain en plus que la surface occupée par les machines et conviennent dans les circonstances où le terrain disponible est mesuré ou a une forme carrée. La surveillance s'y fait plus aisément que dans une remise rectangulaire. La manœuvre des locomotives a lieu avec une extrême facilité ; mais un accident au pont tournant immobilise toutes les machines remisées.

**Remises annulaires.** — A part les remises rectangulaires sans transbordeur, ce sont les remises annulaires qui exigent le moins de surface couverte ; ce sont elles aussi qui se prêtent le mieux à des agrandissements successifs. De même que les rotondes, elles conviennent particulièrement dans les cas où la configuration du terrain ne rend pas possible l'établissement d'une remise rectangulaire, à accès par aiguilles. Par contre, elles ne sont guère applicables lorsque la bande de terrain disponible est étroite et longue, cas dans lequel la remise rectangulaire avec transbordeur s'impose.

En Europe, on fait généralement des remises annulaires demi-circulaires (fig. 153) ; avec cette disposition, le nombre maximum de locomotives que l'on puisse remiser est de 30. Aux Etats-Unis, on fait des « roundhouses »,



E : Voie d'entrée. — S : Voie de sortie. — F : Fosse à cendres.  
— C : Quai à combustible.

Fig. 153.

c'est-à-dire des remises entièrement circulaires, ayant 50 voies radiales et plus. L'augmentation du nombre de voies ne peut être obtenu que par une augmentation du diamètre intérieur de l'anneau ; il en résulte un accroissement considérable de la place perdue. Comme les rotondes, les remises annulaires ne sont avantageuses que pour les types de locomotives pour lesquels elles sont construites. Alors que dans une remise rectangulaire on peut garer, sur une même voie, 3 grandes machines ou 5 locomotives-tender ou 4 machines moyennes, on perd nécessairement de la place dans une remise annulaire, construite pour de grandes locomotives, chaque fois que des voies sont occupées par des machines courtes. De plus, la longueur des machines ayant été notablement augmentée dans ces derniers temps, il est arrivé que des remises annulaires sont devenues impropres au remisage de locomotives des types récents.

Un autre inconvénient des remises annulaires résulte du grand nombre de portes. On les chauffe difficilement et un bon éclairage ne s'y obtient qu'avec difficulté.

**Du choix d'un type de remise.** — Il résulte de ce qui vient d'être dit que l'adoption d'un type de remise dépend le plus souvent des dimensions et de la configuration du terrain dont on dispose.

Si l'on considère la surface totale nécessaire, on peut dire que ce sont les remises rectangulaires avec transbordeur qui en demandent le moins alors que ce sont les remises annulaires qui en exigent le plus.

Si l'on se place au point de vue de la surface couverte, on arrive aux chiffres suivants par locomotive remisee :

1° Remise rectangulaire avec accès par aiguilles .....	90 m <sup>2</sup>
2° Remise rectangulaire avec transbordeur intérieur.....	110 à 120 m <sup>2</sup>
3° Rotondes .....	120 à 130 m <sup>2</sup>
4° Remises annulaires demi-circulaires .....	plus de 130 m <sup>2</sup>

### C) DÉTAILS DE CONSTRUCTION

**Dimensions.** — En déterminant la longueur d'une remise *rectangulaire*, on tient compte de ce qu'entre deux locomotives consécutives, il doit rester un intervalle de 1 m. pour permettre le débouchage des tubes et qu'un espace libre de 3 mètres doit être ménagé entre la façade et la première locomotive d'une voie et un espace égal entre la dernière locomotive et le mur de fond. Pour la détermination de la largeur on compte 3 à 4 mètres entre chaque mur latéral et l'axe de la voie qui en est le plus rapprochée et 4 ou mieux 5 mètres comme écartement d'axe en axe des autres voies.

Quant aux remises *annulaires*, leur profondeur se détermine en ajoutant à la longueur de la locomotive un espace de 2<sup>m</sup> à l'avant et un espace de 2<sup>m</sup> à l'arrière, ce qui donne une profondeur de 22 mètres pour une remise destinée à des machines de 18 mètres. Il convient que du côté du pont tournant l'espace libre entre deux locomotives consécutives soit de 50 centimètres au moins.

**Fosses.** — Afin de permettre la visite et le nettoyage du mécanisme et de la partie inférieure de la chaudière, on établit une fosse entre les deux rails de chaque voie et sur toute la longueur utile de celle-ci (fig. 154). Ces fosses ont une profondeur de 1 mètre environ sous le niveau du rail et sont disposées de manière à assurer un écoulement facile de l'eau.

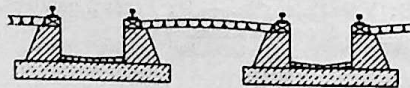


FIG. 154.

**Evacuation des fumées (1).** — Des dispositifs spéciaux doivent être introduits dans la construction, en vue de l'évacuation de la fumée pendant l'allumage des locomotives. Il doit en être ainsi non seulement pour des raisons d'hygiène, mais aussi afin d'assurer la conservation des parties en bois et en fer de la charpente et d'empêcher que des dépôts de suie ne nuisent à l'éclairage.

Les dispositifs utilisés se rangent en deux catégories : a) les systèmes d'évacuation isolée ; b) les systèmes d'évacuation centrale.

**EVACUATION ISOLÉE.** — L'évacuation isolée se réalise en disposant au-dessus de chaque fosse autant de cheminées en bois, en fonte ou en tôle que la fosse est appelée à recevoir de locomotives.

Dans les *remises annulaires*, n'abritant qu'une locomotive par voie, il n'y a qu'une cheminée par voie. Cette cheminée, que l'on suspend à la charpente de la toiture, peut être placée soit du côté de la plate-forme, soit du côté du mur intérieur. La première disposition présente l'avantage que les jours où les cheminées aspirent imparfaitement, la fumée trouve facilement, par les portes, une issue vers l'extérieur ; en outre elle

facilite l'opération du débouchage des tubes. La seconde permet d'assurer dans de meilleures conditions l'éclairage de la remise.

Les cheminées se terminent à leur partie inférieure par une hotte ou un entonnoir sous lequel vient se placer la cheminée de la locomotive. Lorsqu'il est fait usage d'une hotte, on construit souvent celle-ci avec ses parois latérales AB et CD (fig. 155) fixes et ses parois d'avant et d'arrière AC et BD à charnières mobiles. Lorsqu'on emploie un entonnoir, on peut munir celui-ci de deux volets demi-cylindriques, se rabattant sur la cheminée de la locomotive lorsque celle-ci est en place (fig. 156).

Les cheminées sont généralement munies d'un clapet *ab*, qui obstrue leur section lorsqu'elles n'ont pas de fumée à évacuer.

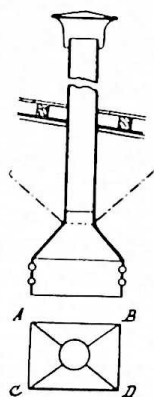


FIG. 155.

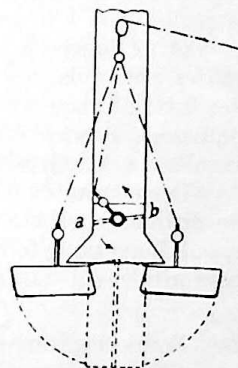


FIG. 156.

Dans une remise rectangulaire, le nombre des cheminées au-dessus de chaque fosse doit être en rapport avec le nombre de locomotives que la fosse doit recevoir. Dans les remises anglaises, toutes les cheminées *a*, *b*, *c* (fig. 157) d'une même voie débouchent dans un couloir A en bois ou en béton, qui constitue une hotte s'étendant sur toute la longueur de cette voie.

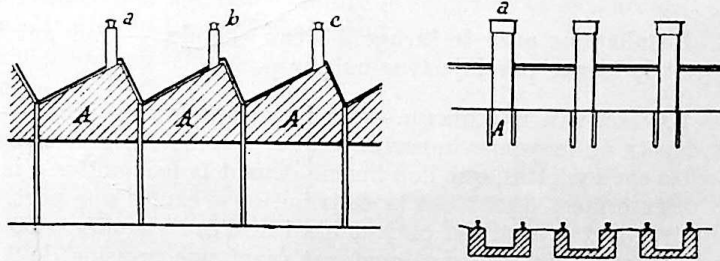


FIG. 157.

**EVACUATION CENTRALE (2).** — Ce système ne s'applique qu'à des remises d'une certaine importance. Les entonnoirs sous lesquels viennent se placer les locomotives,

(1) ZIMMERMANN. Rauchabzüge in Lokomotivschuppen. *Organ für Fortschritte*, 15 avril 1909.

(2) CORNELIUS. Das Entwerfen und der Bau von Lokomotivschuppen.



au lieu de déverser la fumée dans une série de cheminées isolées (autant de cheminées qu'il y a d'entonnoirs), l'envoient dans des carnaux suspendus à la toiture et aboutissant à une cheminée unique de 30 à 40 mètres de hauteur. Ces carnaux sont faits en pâte d'asbeste ou en tôle garnie intérieurement d'un produit réfractaire.

Les avantages de l'évacuation centrale sont les suivants : 1<sup>o</sup>) elle réalise l'assainissement de la remise, les fumées étant entièrement aspirées ; 2<sup>o</sup>) elle permet une mise en pression plus rapide des locomotives qui, pendant l'allumage, sont soumises à un tirage énergique ; 3<sup>o</sup>) elle assure une économie dans le chauffage, en ce qu'elle supprime les rentrées d'air froid que favorisent les appareils d'évacuation isolés ; 4<sup>o</sup>) elle évacue la fumée à une grande hauteur dans l'atmosphère et la rend moins offensive pour les habitations voisines de la remise.

**Canalisations d'eau, de vapeur et d'air comprimé.** — Les grandes remises modernes sont munies d'une distribution d'eau sous pression reliée au château d'eau de la gare ou à la distribution de la ville, d'une distribution de vapeur vive et souvent d'une distribution d'air comprimé. La première est indispensable pour le lavage et le remplissage des chaudières ; la seconde est nécessaire lorsque — ce qui devient de plus en plus la règle — on lave les chaudières à l'eau chaude et lorsque l'on débouche les tubes au moyen de lances à vapeur ; la troisième est utile pour la vérification des conduites et des appareils des locomotives munies du frein Westinghouse, pour le débouchage des tubes, lorsqu'il est fait au moyen de lances à air comprimé, pour la mise en action de palans atmosphériques, servant à l'enlèvement des dômes, au déplacement des couvercles de cylindres, au maniement des pièces lourdes du mouvement, etc.

Les conduites d'eau sont installées sous le sol, dans les entrevoies, et sont munies, de distance en distance, de bouches auxquelles peuvent être accouplés les tuyaux en caoutchouc pour le lavage et le remplissage. Les distributions de vapeur vive et d'air comprimé sont assurées par des conduites aériennes.

**Fours d'allumage.** — Lorsque l'allumage des locomotives ne se fait pas au bois, on utilise, comme c'est généralement le cas en Angleterre et en Belgique, du charbon incandescent, qui est préparé dans un four spécial, construit à l'extérieur de la remise. En Belgique, dans beaucoup de dépôts, le charbon incandescent est pris dans le foyer d'une ancienne chaudière de locomotive, installée comme générateur fixe et fournissant en même temps la vapeur pour le lavage à l'eau chaude et le soufflage des tubes.

**Installations pour le lavage à l'eau chaude.** — Suivant l'importance du dépôt, on fait le lavage par injecteur ou par pompe.

**LAVAGE PAR INJECTEUR.** — La disposition la plus simple — se recommandant pour les dépôts de moyenne importance <sup>(1)</sup> — consiste à utiliser des injecteurs amovibles, montés sur roulettes, que l'on amène devant la locomotive à laver et dont on raccorde les deux orifices d'entrée à la distribution d'eau, d'une part, et à la distribution de vapeur, d'autre part. On obtient ainsi de l'eau chauffée à 50 degrés environ, sortant de la lance en un jet fermé continu, ayant une pression de 2 atmosphères à l'orifice, la pression de la vapeur vive étant de 8 atmosphères. Pour les locomotives des anciens types, on utilise des injecteurs à débit de 200 litres à la minute ; pour les grandes machines des types récents, on prend des appareils débitant 300 litres et plus. Parfois on

(1) Dans les petits dépôts, on fait le lavage à l'eau chaude également au moyen d'un injecteur amovible, mais en empruntant la vapeur à une locomotive en stationnement, de telle sorte que l'installation fixe ne comporte que la distribution d'eau froide.

emploi, pour le remplissage, un injecteur réchauffeur, pouvant chauffer l'eau jusque 90 degrés, avec un débit de 400 litres à la minute.

**LAVAGE PAR POMPE.** — Dans les grands dépôts, le lavage se fait au moyen d'une pompe fixe, ce qui permet de porter la pression du jet à 3 et 3 ½ atmosphères et de récupérer, pour le chauffage de l'eau utilisée pour le lavage, une partie de la chaleur de l'eau et de la vapeur de vidange des chaudières à laver.

L'installation comprend (fig. 158) :

a) Une ou plusieurs pompes, actionnées par un moteur à vapeur ou un moteur électrique, capable de fouler de l'eau chaude à une pression de 3 à 3 ½ atmosphères. Ces pompes, à marche continue pendant l'opération du lavage, sont munies d'une soupape qui

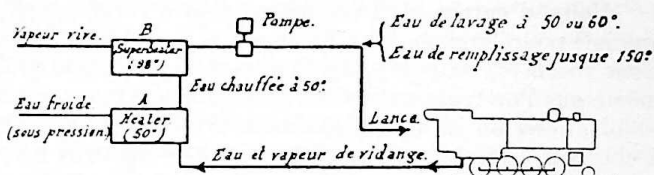


FIG. 158.

met en communication le refoulement et l'aspiration chaque fois que le travail à la locomotive nécessite la fermeture du robinet de la lance.

b) Deux réchauffeurs en cascade, dont l'un A reçoit l'eau froide et la porte à une température d'environ 50 degrés, par l'action de l'eau et de la vapeur de vidange, qui y sont amenées par une conduite spéciale, reliée par un raccord à la locomotive. Ce réchauffeur déverse l'eau, au fur et à mesure qu'il la chauffe, dans un second réchauffeur B, dans lequel on fait agir de la vapeur vive et qui alimente la pompe. Dans ce second réchauffeur, l'eau est portée à la température (50 à 60 degrés) <sup>(1)</sup> qu'elle doit avoir pour le lavage ou à une température notablement plus élevée, lorsque l'on veut l'utiliser pour le remplissage et la mise en pression.

c) Dans les entrevoies, deux distributions d'eau chaude, dont l'une recueille l'eau et la vapeur de vidange des locomotives pour les amener au réchauffeur A et dont l'autre reçoit l'eau foulée par les pompes et alimente les lances de lavage ou les tuyaux de remplissage.

Ce système présente comme avantages qu'il supprime tout dégagement de vapeur dans la remise, qu'il effectue le lavage dans les meilleures conditions de pression et de température et qu'il réduit dans une large mesure le temps et la dépense de combustible nécessaires pour la mise en pression des chaudières.

Dans certaines installations, on réutilise l'eau de vidange après l'avoir débarrassée de ses boues, par filtration.

**Vérins pour descendre les roues.** — L'installation de toute remise de quelque importance comporte un ou plusieurs vérins pour descendre les roues. Ces appareils permettent d'opérer le retrait d'une paire de roues sans qu'on lève la locomotive ou le tender dont elle provient, en la faisant descendre dans la fosse de la voie sur laquelle la machine est placée. Ces vérins sont à moteur hydraulique ou électrique. Quelque fois ils sont portés par un chariot roulant sur une voie souterraine et normale aux voies de la remise, ce qui permet d'amener la paire de roues à l'extérieur et d'y substituer une autre paire.

(1) L'eau pour le lavage ne peut guère être portée à plus de 60 degrés ; si elle était chauffée davantage, la lance ne serait plus maniable.

## 2° La Cour.

Quel que soit le type de la remise — rectangulaire avec accès par aiguilles ou par transbordeur, annulaire ou rotonde — un certain nombre de voies doivent être groupées devant ou le long du bâtiment, d'abord, pour l'entrée et la sortie des machines et le garage de celles qui ne doivent pas être abritées pendant leur séjour, ensuite, pour l'accès du ou des ponts tournants, des fosses à piquer le feu, des quais à charbon, du séchoir de sable et des grues hydrauliques.

**Voies d'entrée et de sortie.** — Dans un grand dépôt, il faut au moins une voie spéciale pour l'arrivée des machines et une voie spéciale pour le départ ; dans les installations récentes, on rencontre souvent deux voies d'entrée et deux voies de sortie, de même que l'on trouve deux plaques tournantes dans les dépôts à grand mouvement.

Le long de la voie d'entrée sont disposés, dans un ordre méthodique, les quais à charbon, le séchoir de sable, les fosses à piquer le feu, de telle sorte que, sans fausses manœuvres et dans le moindre temps, les locomotives aient leurs grilles débarrassées de leurs cendres et de leurs mâchefers, leurs trémies remplies de sable sec, leurs tenders approvisionnés d'eau et de charbon. Sans rebrousser sur la voie qu'elle a déjà parcourue chaque machine doit ensuite gagner son point de stationnement, soit sur l'une des voies de la cour, soit à l'intérieur de la remise.

Une ou plusieurs liaisons doivent être établies entre la voie d'entrée et la voie de sortie, afin qu'une locomotive, en ordre de marche pour partir, puisse retourner à la gare, sans contrarier l'entrée des machines venant de celle-ci. Il est désirable que le pont tournant (dans le cas d'une remise rectangulaire) soit sur une voie distincte des voies d'entrée et de sortie et il est essentiel qu'il soit, en tout cas, sur une voie distincte de la voie de sortie, afin que, dans le cas d'avarie, il ne soit pas un obstacle au service.

**Fosses à piquer le feu, quais à charbon, etc.** <sup>(1)</sup> — De plus en plus, dans les grands dépôts, surtout lorsque l'on dispose de l'énergie électrique, on a recours à des installations mécaniques pour charger le charbon sur les tenders, pour mettre sur wagons les mâchefers recueillis dans les fosses à piquer, pour élever le sable sec dans des réservoirs au-dessus des voies, d'où il peut être amené, par écoulement, dans les trémies des locomotives. Dans les dépôts récents, ces installations sont concentrées en un seul point, de telle sorte que, sans déplacer la machine, il peut être procédé aux différentes opérations du ravitaillement et de la mise en état du foyer.

Quelques dépôts américains, notamment celui de East Altoona <sup>(2)</sup>, ont, sur la voie d'entrée ou sur une voie reliée à celle-ci, un bâtiment spécial pour la visite des locomotives, bâtiment dans lequel toutes les dispositions sont prises pour que cette visite se fasse dans les meilleures conditions. Les rails sont portés par des colonnes, installées dans une fosse très large, de telle sorte que l'inspection des pièces du mécanisme et de la partie inférieure de la chaudière puisse être faite avec grande facilité. La largeur des trumeaux est ramenée au minimum, afin d'inonder le bâtiment de lumière ; l'éclairage électrique est disposé de telle sorte que toutes les parties de la machine à visiter sont éclairées aussi bien pendant la nuit que pendant le jour.

Cet arrangement est appliqué par la Compagnie du Nord dans ses installations récentes, de même que des dispositions spéciales ont été réalisées pour que les mouve-

<sup>(1)</sup> Versorgung der Triebmittel mit Brennstof, dans *Handbûch der Ingenieurwissenschaften*, V. Theil, IV Band, XII Kapitel, pp.81-143.— Kohle u. Bekohlungsanlagen, dans Ritter von STOCKERT *Handbûch der Eisenbahnmachinenwesens*, II Band, p. 461.

<sup>(2)</sup> *American Engineer*, 1906, p. 47.



ments d'entrée et de sortie des machines ne se contrarient pas mutuellement, que les machines rencontrent, tant à l'entrée qu'à la sortie, les installations nécessaires et qu'elles puissent être dirigées, suivant le cas, vers les bâtiments de remise proprement dits ou vers les ateliers d'entretien ou de réparation.

— Ainsi au nouveau dépôt du Nord français à Aulnoye (fig. 158 bis), les locomotives trouvent à leur entrée une halle de visite B, dans laquelle le machiniste fait procéder à la visite sommaire et aux constatations nécessaires, après lesquelles il remet sa machine au personnel du dépôt. A la halle d'entrée est annexée une lampisterie B<sub>1</sub>, avec des installations de lavabos pour le personnel relevant de service. Ensuite la machine passe sur les fosses à piquer les feux B<sub>2</sub> qui sont pourvues d'une grue à portique mobile pour le chargement des cendres sur les wagons. En A se trouve l'estacade de charbon qui délivre le charbon automatiquement et très rapidement, ce qui permet d'approvisionner chaque machine en un temps très court. L'appareillage mécanique qui sert à amener le charbon à l'estacade est construit de manière à pouvoir faire facilement des mélanges ; quatre chemins de roulement se mouvant dans le sens longitudinal et sur lesquels se déversent les différentes qualités amènent le charbon sur un transporteur transversal, qui le dirige sur le pied de l'estacade où il est repris par une chaîne à godets. Les voies sont établies de telle façon que la locomotive puisse être conduite soit dans l'une des remises couvertes D, où l'on procède aux opérations d'allumage, soit, si le stationnement doit être de peu de durée, sur l'une des voies D<sub>1</sub> posées à découvert. Toutes les voies de remisage constituent un gril accessible par les deux bouts et susceptible d'extension. A côté de ces voies se trouvent l'atelier de réparation H, avec la fosse à descendre les roues et les engins de pesage en H<sub>1</sub>, et l'atelier de petit entretien H<sub>2</sub>.

A la sortie, les machines passent encore sur une fosse à cendrées C<sub>2</sub>, à côté de la sablerie C<sub>3</sub> pourvue d'un transport de sable à l'air comprimé, puis dans la halle de sortie C ayant comme annexe la lampisterie C<sub>1</sub>.

On remarque que le pont tournant, destiné au virage des machines, n'existe pas. Il est remplacé par un triangle de virage. Celui-ci n'est utilisé normalement que par les machines sortant, afin d'éviter des virages parfois inutiles à l'entrée. Le tracé des voies permet d'ailleurs à une machine de venir virer à l'entrée des installations sans pénétrer dans la remise.

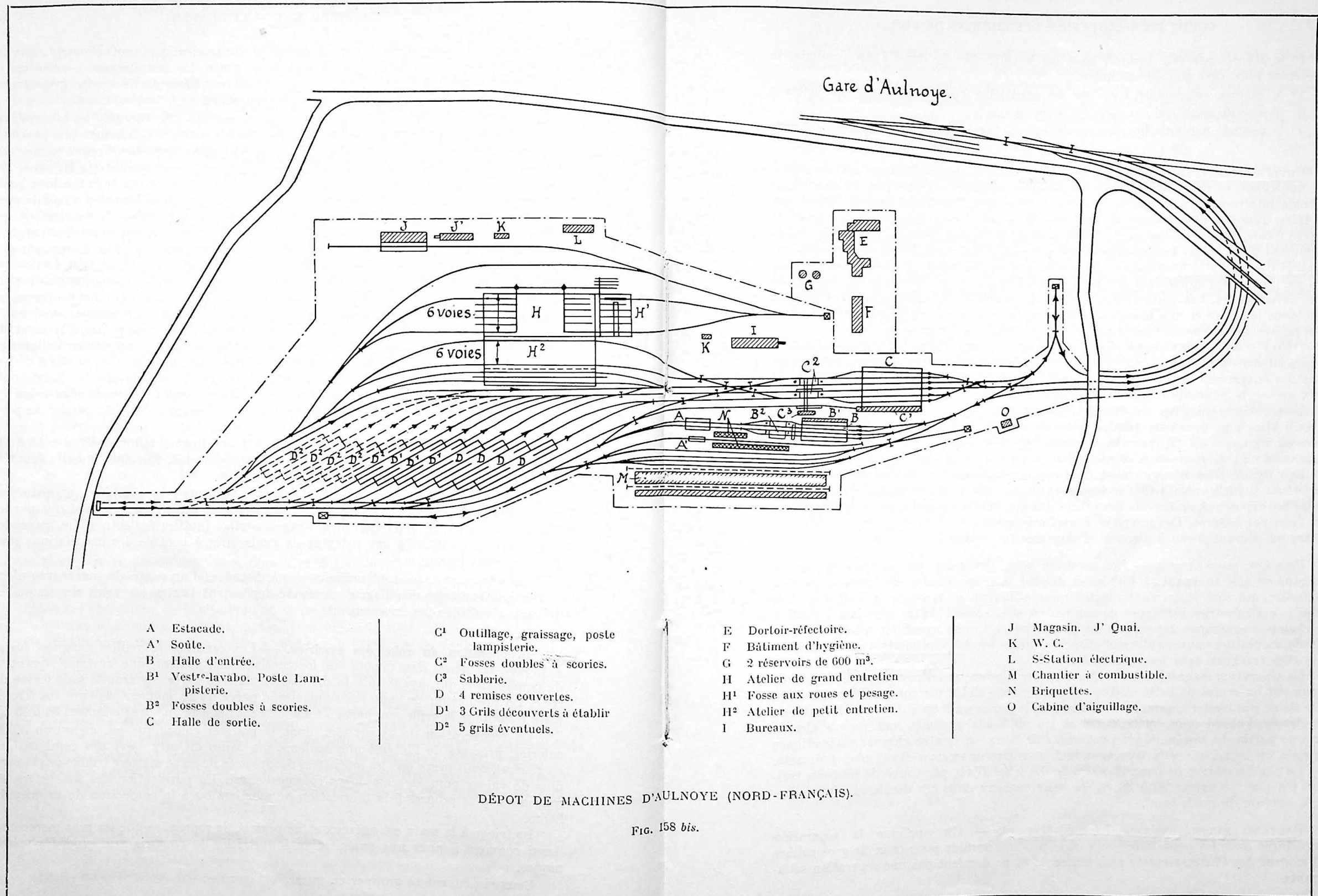
Tous les aiguillages sont manœuvrées à distance, d'un poste de manœuvre placé à une hauteur telle que l'agent découvre facilement toutes les voies sur lesquelles doivent s'exécuter les mouvements.

**Récupération du coke des cendrées.** — Les cendrées recueillies dans les fosses à piquer les feux des dépôts de locomotives contiennent une certaine quantité de combustible qui, ayant subi la distillation dans le foyer, s'y trouve sous forme de coke. La proportion de coke est assez élevée parce qu'au moment de tirer les feux il reste encore sur la grille du charbon incandescent ; elle atteint fréquemment 35 à 40 %.

La récupération de ce produit, dont le pouvoir calorifique est d'environ 5.000 calories, présente de l'intérêt non seulement à cause du prix élevé des combustibles en général, mais parce que les mâchefers débarrassés de cette matière friable acquièrent plus de valeur pour être employés comme ballast. La purification des mâchefers les rend aussi plus propres à la fabrication de mortiers ou à la confection de briques de béton.

Le triage à la main est onéreux et ne permet de reprendre que les gros morceaux. Aussi convient-il pour une exploitation industrielle de recourir aux procédés mécaniques.

Ceux-ci peuvent se grouper en quatre catégories :



- A Estacade.
- A' Soûle.
- B Halle d'entrée.
- B<sup>1</sup> Vestre-lavabo. Poste Lampisterie.
- B<sup>2</sup> Fosses doubles à scories.
- C Halle de sortie.

- C<sup>1</sup> Outillage, graissage, poste lampisterie.
- C<sup>2</sup> Fosses doubles à scories.
- C<sup>3</sup> Sablerie.
- D 4 remises couvertes.
- D<sup>1</sup> 3 Grils découverts à établir
- D<sup>2</sup> 5 grils éventuels.

- E Dortoir-réfectoire.
- F Bâtiment d'hygiène.
- G 2 réservoirs de 600 m<sup>3</sup>.
- H Atelier de grand entretien
- H<sup>1</sup> Fosse aux roues et pesage.
- H<sup>2</sup> Atelier de petit entretien.
- I Bureaux.

- J Magasin. J' Quai.
- K W. C.
- L S-Station électrique.
- M Chantier à combustible.
- N Briquettes.
- O Cabine d'aiguillage.

DÉPOT DE MACHINES D'AULNOYE (NORD-FRANÇAIS).

FIG. 158 bis.



- 1° le *procédé par voie humide*, basé sur la différence de densité des produits, le coke étant plus léger que les mâchefers ;
- 2° le *procédé magnétique* basé sur les propriétés magnétiques des mâchefers ;
- 3° le *procédé mixte* qui combine les deux premiers ;
- 4° le procédé par voie humide employant un *liquide de densité supérieure à celle de l'eau*.

**PROCÉDÉ PAR VOIE HUMIDE (caisse Lioud).** — L'appareil trieur est constitué par une caisse rectangulaire divisée en deux compartiments par une cloison longitudinale interrompue à la partie inférieure. L'un des compartiments est divisé par des tôles, disposées obliquement en une série de cellules, dont chacune est munie d'une arrivée d'eau, dirigée de bas en haut. Au-dessus de ces chicanes de classement circule un courant d'eau, dirigé horizontalement et sur lequel se déversent les matières à traiter. L'eau jaillissant entre les plaques soulève les parties les moins denses qui sont emportées par le courant horizontal à l'extrémité du trieur d'où un couloir les fait glisser dans un wagonnet. Les parties les plus denses, les schistes, les pierres, les scories, tombent dans la caisse et une noria installée dans le deuxième compartiment les enlève pour les évacuer par une trémie sous laquelle se placent les wagonnets.

Avant d'être envoyées au trieur, les cendrées sont élevées à l'étage supérieur et passent dans un trommel qui élimine les parties de trop petites dimensions (passant dans des ouvertures de 18 m/m), lesquelles ne sont pas traitées, et classe le refus en deux grosseurs pour alimenter deux caisses différentes.

Une pompe centrifuge entretient la circulation d'eau qui est d'environ 90 mètres cubes à l'heure pour une installation pouvant traiter 10 tonnes de cendrées à l'heure. On peut récupérer 94 % du coke contenu dans les cendrées. Ce coke a une teneur moyenne de 20 % de cendres et une valeur voisine de celle du coke des usines à gaz.

Le procédé Rifa est également basé sur la différence de densité du coke et des mâchefers. Il utilise des grilles à secousses d'eau, grilles sur lesquelles la matière à traiter est déposée et au travers desquelles des pistons mus par des excentriques refoulent l'eau par à-coups. Des ouvertures sont ménagées à hauteur convenable pour permettre au courant d'eau horizontal d'entraîner les morceaux de coke.

**PROCÉDÉ MAGNÉTIQUE.** — Les cendrées sont déversées par un couloir sur un tambour en tôle tournant, à l'intérieur duquel se trouvent des électro-aimants. Les mâchefers, qui sont légèrement magnétiques, adhèrent au tambour et sont entraînés jusqu'à la génératrice inférieure de celui-ci où elles cessent d'être soumises à l'action du champ magnétique. Le coke n'est pas attiré et tombe avant les mâchefers. Une tôle de séparation convenablement disposée dirige les deux produits vers les trémies d'où elles tombent dans les wagonnets.

La séparation magnétique est influencée par la grosseur des morceaux. Elle s'exerce mieux sur les grains de petit calibre et, pour qu'elle s'effectue convenablement, il est utile de ne pas traiter ensemble des mélanges de grosseurs trop différentes. La matière est classée d'abord dans un trommel et les différents produits sont dirigés chacun sur une partie du tambour qui peut contenir deux ou quatre champs magnétiques disposés en longueur, ceux correspondant aux gros morceaux étant plus puissants.

La consommation de courant varie de 0,6 à 2,4 Kwh. par tonne de cendrées traitées. On peut récupérer 80 à 85 % du coke contenu dans ces dernières, c'est-à-dire 35 % environ du poids total.

**PROCÉDÉ MIXTE (Système Léopold-Méguin).** — On applique la séparation magnétique pour les petits morceaux et le procédé humide pour ceux de gros calibre qui exigent des électro-aimants plus puissants et ne donnent pas une séparation satisfaisante.



Un tambour trieur classe la matière en grosseurs de 0 à 8, 8 à 20, 20 à 80. Les deux premières sont envoyées sur les deux moitiés du tambour électromagnétique. Les morceaux de 21 à 80 sont transportés vers la machine à laver dans laquelle une machine à piston entretient le mouvement de l'eau qui soulève le coke. Celui-ci passe par un tamis de déshydratation, puis sur une courroie où un ouvrier peut enlever les morceaux de scorie poreuse. Le produit combustible peut encore être classé dans un tambour trieur de manière à obtenir les catégories 21 à 35 et 35 à 80.

L'eau qui a servi traverse un réservoir de clarification où les boues se déposent, puis passe dans un réservoir d'eau propre où elle est reprise d'une manière continue par une pompe centrifuge.

SÉPARATION PAR L'EMPLOI D'UN LIQUIDE PLUS DENSE QUE L'EAU (Système Schilde). — On améliore la séparation en augmentant la densité de l'eau par mélange avec de l'argile, de la chaux, des déchets de plâtre, etc. La densité obtenue varie de 25 à 40 degrés Baumé. Le mélange ne doit se faire qu'au commencement du travail ; par la suite la densité se maintient par les fines particules de coke et de poussier qui tendent à la relever.

Les cendrées sont débarrassées du poussier dans un tambour cribleur, puis passent dans un second tambour qui élimine les éléments de 1 à 6 mm. Ces fines ne sont pas traitées. Le second tambour rejette aussi les gros morceaux (au-dessus de 80 m/m), qui généralement ne contiennent pas de coke.

En sortant des trémies les cendrées passent à l'appareil trieur.

Celui-ci consiste en une double cuvette en tôle de fer montée obliquement dans laquelle tournent deux vis d'Archimède placées l'une au-dessus de l'autre. Les cokes qui surnagent sont enlevés par la vis supérieure, tandis que les matières plus lourdes sont entraînées par la vis inférieure. A l'avant de la double cuvette, les matières sont amenées séparément et déversées dans les wagonnets. On construit des séparateurs pouvant traiter 6 à 8 m<sup>3</sup> à l'heure, soit 12 à 16 m<sup>3</sup> ou 10 à 12 tonnes pour deux appareils travaillant en parallèle.

## CHAPITRE XXII

# LES SIGNAUX

---

La circulation des véhicules de chemin de fer diffère de celle des voitures sur route et des navires en ce qu'elle est étroitement conditionnée par les rails. Il en résulte que les mécaniciens qui conduisent les locomotives ne peuvent pas être seuls à supporter la responsabilité de la marche et de la manœuvre des trains ; d'autres agents, agissant pour compte du second facteur de la circulation, la voie, doivent intervenir pour leur signaler les obstacles qui existeraient sur cette route dont il ne leur est pas possible d'écarter leur locomotive et pour donner aux trains la direction que leur itinéraire comporte. Or, il est essentiel que les obstacles, quand il s'en présente, soient annoncés assez tôt pour que les mécaniciens puissent arrêter leur train avant de les atteindre et, de même, la marche régulière du service demande que la locomotive ne soit pas envoyée dans une direction sans que celui qui la conduit puisse reconnaître d'avance si cette direction est celle qu'il doit suivre. Il est donc essentiel qu'un système simple de communications, transmissibles à distance, perceptibles de jour et de nuit, soit établi entre les deux agents essentiellement responsables de la marche des trains.

Ces communications se font au moyen des *signaux de la voie*.

Pour en accentuer la précision et l'efficacité, elles sont complétées par : a) les *signaux du mécanicien*, c'est-à-dire les signaux par lesquels le mécanicien peut se mettre en rapport avec les agents de la voie et ceux des trains ; b) les *signaux des agents des trains*, au moyen desquels le chef-garde, les gardes et les serre-freins communiquent entre eux et s'adressent soit au mécanicien, soit aux agents de la voie ; c) les *signaux échangés entre les agents de la voie*.

### I. — LES SIGNAUX DE LA VOIE (1).

On classe les signaux de la voie en deux catégories : les signaux mobiles, susceptibles d'être transportés et employés en un point quelconque ; les signaux fixes, c'est-à-dire les signaux établis à demeure, en un point déterminé. A ces deux catégories on ajoute les appareils qui reproduisent sur la locomotive les indications des signaux fixes.

#### 1° Les signaux mobiles.

Les signaux mobiles sont des signaux de passage, de ralentissement ou d'arrêt. On les emploie aux endroits et dans les circonstances qui ne justifient pas l'installation de signaux fixes, notamment : a) aux points où la voie est en réfection ou un ouvrage d'art en réparation, ainsi qu'aux points où le passage est intercepté par un obstacle

---

(1) Leonard P. LEWIS. Railway signal engineering.  
Hans A. MARTENS. Grundlagen des Eisenbahnsignalwesens

qui n'est pas inhérent à l'exploitation régulière ; par exemple, un rail brisé, un éboulement, l'envahissement de la voie par l'eau ; b) lorsqu'à raison de troubles atmosphériques (tempêtes de neige, brouillard) les signaux fixes ne sont pas perçus distinctement à une distance suffisante.

Ces signaux sont faits : le jour, avec des drapeaux, des guidons, des pétards ou à défaut de ceux-ci, avec les bras ou un objet quelconque ; la nuit, avec des lanternes ou des pétards.

Les pétards sont des macarons en métal, contenant une lentille de matière fulminante, que l'on place sur le rail, sur lequel ils sont maintenus par deux agrafes embrasant le champignon. Employés comme signaux amovibles (ne faisant pas partie d'un signal fixe), ils servent à doubler les signaux optiques, toutes les fois, soit de jour, soit de nuit, que des raisons existent pour que ceux-ci ne soient pas perçus directement ; ils sont déposés sur le rail à une certaine distance (100 mètres au moins) en avant du signal sur les indications duquel ils doivent attirer l'attention.

« Quand une machine, dit le règlement belge, fait éclater un pétard en temps de brouillard, le mécanicien doit réduire la vitesse de manière à pouvoir obéir sur le champ à tout signal qui pourrait lui apparaître. Si après avoir parcouru un kilomètre, il ne trouve aucun obstacle devant lui, ni aucun signal commandant l'arrêt ou le ralentissement, il reprend la vitesse normale, mais en observant la voie avec une attention redoublée. »

Les signaux mobiles en usage sur les chemins de fer de l'Etat belge sont les suivants :

Passage.....	} le jour, un drapeau vert ; } la nuit, un feu vert.
Ralentissement	} le jour, un drapeau jaune-orange ; } la nuit, un feu jaune-orange.
Arrêt .....	} le jour, un drapeau rouge ; } la nuit, un feu rouge.

» A la vue d'un drapeau jaune-orange ou d'un feu de la même couleur, présenté par un agent de la voie, le machiniste ralentit la marche du train et ne reprend la vitesse normale qu'à partir du poste où le signal cesse de lui être présenté. A défaut d'un drapeau ou d'un feu rouges, le signal d'arrêt est fait : pendant le jour avec les bras agités vivement ; pendant la nuit, avec un feu blanc agité plusieurs fois et vivement de droite à gauche.

» Une rupture d'attelage est annoncée par un signal agité de haut en bas : le jour, un drapeau vert ; la nuit, un feu vert.

» Un triangle équilatéral jaune reposant sur sa pointe et deux feux jaunes placés sur une horizontale, indiquent au mécanicien, respectivement le jour et la nuit, le commencement d'une partie de voie en réfection et lui commandent de ralentir la marche. La fin du ralentissement est marquée le jour par un triangle vert reposant sur sa base et la nuit par deux feux verts placés sur une horizontale. »

Le signal d'arrêt est fait au moyen du drapeau ou de la lanterne à feux rouges ; à défaut de ceux-ci, certains signes conventionnels avec les bras ou un objet quelconque agité vivement commandent également l'arrêt.

## 2<sup>o</sup> Les signaux fixes.

D'une manière générale, les signaux doivent être de construction simple, afin que le fonctionnement en soit sûr ; les indications qu'ils donnent doivent être précises et



nettes, sans ambiguïté possible ; leur mécanisme doit être combiné de telle sorte qu'en cas de dérangement d'un organe, ils prennent d'eux-mêmes la position d'arrêt.

De même que les signaux mobiles, les signaux fixes sont utilisés à annoncer la voie libre et à commander l'attention ou l'arrêt ; ils peuvent aussi donner la direction. Ils se présentent toujours sous la forme de signaux optiques. Pendant le jour, leur signification est en rapport avec leur forme, leur couleur et leur position ; pendant la nuit, ils donnent leurs indications au moyen de feux blancs ou colorés. Ce n'est que lorsqu'il est opportun de doubler les indications optiques qu'il est fait appel à des signaux acoustiques.

**A. Signaux optiques de jour.** — Les signaux optiques de jour prennent la forme de signaux à voyant (à disque) et de signaux à bras ou sémaphores.

a) **SIGNAUX A VOYANT.** — Le signal à voyant est constitué par une plaque ronde, carrée ou rectangulaire (fig. 159, 160 et 161), portée par un support vertical et peinte

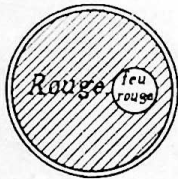


FIG. 159.

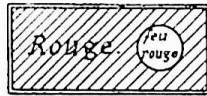


FIG. 160.

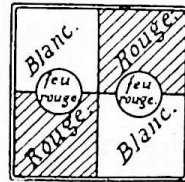


FIG. 161.

soit entièrement en rouge, en jaune ou en vert avec une bordure blanche, soit en damier rouge et blanc ou vert et blanc, du côté où elle doit être observée par le mécanicien.

Ce signal annonce la voie libre lorsque le voyant est effacé, c'est-à-dire placé parallèlement à la voie ou renversé horizontalement ; il commande l'arrêt absolu (Belgique) ou la marche prudente (Prusse), lorsque le voyant est placé perpendiculairement aux rails. Lorsqu'il commande la marche prudente, c'est-à-dire fonctionne comme avertisseur, il prévient que la voie n'est pas libre à une certaine distance (800 à 1200 mètres) au-delà du point qu'il occupe et il recommande au mécanicien de conduire le train de manière qu'il puisse l'arrêter à temps, si l'obstacle annoncé n'a pas disparu.

Le signal à voyant est de moins en moins employé. Il ne donne pas la direction, de sorte qu'un signal d'un autre type doit être employé concurremment avec lui. En outre, il n'a pas le caractère impératif dans la position de voie libre : il est effacé et doit jusqu'à un certain point être cherché par le mécanicien.

La nuit, le signal à disque indique la voie libre en montrant un feu vert ; il commande l'arrêt différé par un feu jaune (Prusse) et l'arrêt absolu par un feu rouge.

b) **SIGNAUX A BRAS OU SÉMAPHORES.** — Le sémaphore est constitué par un mât en bois ou en fer, portant à sa partie supérieure un ou plusieurs bras (ailes) de forme rectangulaire, pouvant se mouvoir dans un plan perpendiculaire à la voie. Ces bras, qui ont une couleur spéciale (rouge ou jaune) du côté où ils doivent être observés par le mécanicien, prennent trois positions : la position horizontale, la position inclinée (à 45 ou à 60 degrés) et la position verticale, à chacune desquelles correspond un feu spécial pendant la nuit.

Comme les signaux à disque, les signaux à bras sont employés comme signaux d'arrêt absolu ou comme signaux d'arrêt différé (marche prudente). En Angleterre et en Belgique, les sémaphores commandant l'arrêt absolu ont des bras rectangulaires, peints en rouge du côté où ils doivent être observés. Ces bras imposent l'arrêt lorsqu'ils

se trouvent dans la position horizontale, position qui est indiquée, la nuit, par un feu rouge. Ils indiquent que la voie est libre et autorisent le passage à la vitesse normale : en Angleterre, quand ils sont dans la position à 45°, en Belgique, quand ils sont dans la position verticale et non dissimulés derrière le mât. Dans les deux pays, le mécanicien voit, la nuit, le feu vert, qui autorise, par conséquent, le passage à vitesse normale.

En Belgique, un bras rectangulaire peut aussi prendre la position de l'inclinaison à 45° ; la nuit, il fait apparaître le feu jaune dans cette position. Dans ce cas, il autorise le passage, mais il indique au mécanicien qu'un signal, placé à l'aval à moins de 1000 mètres, est à l'arrêt et lui recommande de rouler avec prudence.

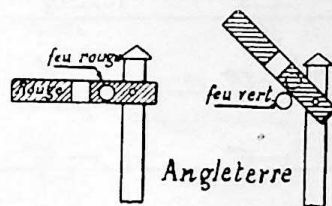


FIG. 162.

Des sémaphores à bras rectangulaires, terminés en flèche (Belgique) ou entaillés en queue de poisson à leur extrémité libre (Angleterre), sont utilisés pour doubler les signaux d'arrêt absolu (fig. 163 et 164). Placés en avant de ceux-ci à une distance de 800 à 1200 mètres, ils en répètent les indications, mais sont franchissables dans tous les cas. Dans la position horizontale, le bras en flèche ou entaillé prévient (en Belgique et en Angleterre) que le signal d'arrêt absolu qu'il répète est à l'arrêt et il commande au machiniste de conduire avec prudence. Dans la position inclinée, il annonce en Angleterre que le signal qu'il répète est au passage et il dit au mécanicien qu'il peut rouler

*Palette  
avertisseur*

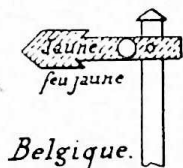


FIG. 163.

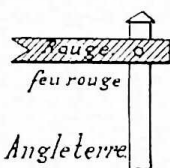


FIG. 164.

à la vitesse normale. En Belgique, dans la position inclinée, la palette avertisseur commande l'attention et indique au mécanicien qu'il va rencontrer un point de ralentissement. Dans le cas où le signal qu'elle répète est suivi à moins de 800 mètres d'un second signal d'arrêt absolu, elle indique que le premier signal est au passage, mais que le second est à l'arrêt.

Dans la signalisation belge, la palette avertisseur dans la position verticale dit au mécanicien que le signal qu'elle répète est au passage et autorise le passage à vitesse normale ; dans le cas de deux signaux d'arrêt absolu distants de moins de 800 mètres, elle indique qu'ils sont tous les deux au passage.

De plus, en Belgique, quand une palette avertisseur répète le signal d'une bifurcation, elle indique, dans la position inclinée, que ce signal est au passage, mais se rapporte à une branche sur laquelle la vitesse doit être ralentie (branche en courbe de moins de 500 mètres de rayon) et elle indique, dans la position verticale, que le signal est au passage pour la voie non déviée ou pour une branche sur laquelle la vitesse ne doit pas être ralentie.

En Angleterre, les bras des signaux avertisseurs sont peints en rouge comme ceux des signaux d'arrêt absolu et ils font apparaître la nuit, suivant leur position, un feu rouge ou un feu vert ; en Belgique, ils sont peints en jaune et font voir, la nuit un feu jaune dans leur position horizontale, un double feu vert et jaune dans leur position inclinée et un feu vert dans leur position verticale.

La figure 164 bis montre comment avec le sémaphore à trois positions on dispose les signaux avertisseurs et les signaux d'arrêt absolu, quand on se trouve en présence d'une situation dans laquelle deux sémaphores d'arrêt absolu se suivent à une distance de moins 1000 mètres et que les indications du sémaphore d'aval sont répétées par le sémaphore d'amont.

Les sémaphores sont aussi placés aux bifurcations pour donner la direction. Dans ce cas, ils portent autant de bras rectangulaires qu'il y a de directions, les bras étant

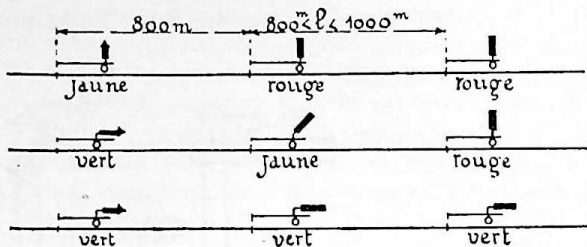


FIG. 164 bis.

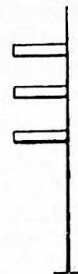


FIG. 165.

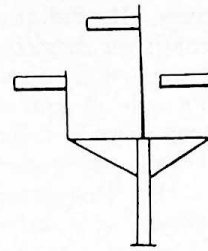


FIG. 166.

placés l'un au-dessus de l'autre et portés par un mât unique ou se présentant l'un à côté de l'autre, portés chacun par un mâtereau, les différents mâtereaux étant placés sur un support commun.

Lorsque tous les bras sont sur le même mât, le bras le plus élevé se rapporte à la direction la plus à gauche, le second à la direction à droite de la précédente et ainsi de suite jusqu'au bras le moins élevé qui correspond à la voie la plus à droite. Quand ils sont montés sur un sémaphore du second type (sémaphore en chandelier), le bras à gauche se rapporte à la voie la plus à gauche, le second à la voie à droite de la précédente et ainsi de suite.

Les bras utilisés comme signaux de direction ont la même forme et le même langage que ceux employés comme signaux d'arrêt absolu. Horizontaux et montrant, la nuit, un feu rouge, ils commandent l'arrêt ; inclinés (Angleterre) ou verticaux (Belgique) et présentant la nuit un feu vert, ils indiquent que la direction à laquelle ils se rapportent est libre.

Lorsque les leviers de manœuvre des bras sont différents de ceux des aiguilles et sont simplement enclenchés avec eux, tous les bras d'un sémaphore de direction sont normalement placés dans la position d'arrêt ; c'est le cas qui se présente le plus fréquemment. Il n'en est pas ainsi lorsque les bras sont manœuvrés par les mêmes leviers que les aiguilles ; alors, il y a toujours un bras incliné, celui qui correspond à la direction donnée par la position normale de l'aiguille.

Le dessin fig. 166 bis, emprunté à l'étude de M. Verdeyen sur la Nouvelle signalisation des chemins de fer de l'Etat belge (Bulletin de l'Association internationale du Congrès des chemins de fer, décembre 1922) donne les différentes positions que les ailes peuvent prendre, avec le système des signaux à trois positions, quand deux sémaphores d'arrêt absolu, dont l'un est un sémaphore chandelier, se trouvent à moins de 1000 mètres de distance et qu'il est fait application de signaux avertisseurs. La palette avertisseur unique, qui répète les indications du signal d'arrêt absolu d'aval (sémaphore chandelier), se place en-dessous de la palette d'arrêt du signal d'amont. La nuit, il n'y a qu'un signal

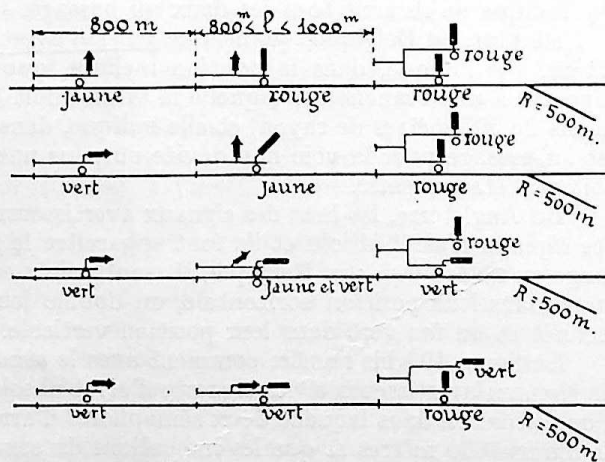


FIG. 166 bis



lumineux pour les deux palettes. La palette avertisseur n'est d'ailleurs utile ici que pour indiquer par sa position inclinée ou par sa position verticale qu'on peut passer à vitesse réduite ou à vitesse normale au signal suivant.

Le signal à bras est plus nettement visible que le signal à voyant, parce que le mécanisme de commande permet de lui donner une hauteur plus grande et d'élever les bras à un niveau où leur couleur est soustraite à l'influence du fond et où ils se détachent nettement sur le ciel. Il présente aussi cet avantage que les bras étant susceptibles de recevoir des formes et des dimensions très variées, il est possible de le spécialiser beaucoup plus encore qu'il n'a été dit jusqu'à présent. Ainsi, des bras ordinaires, portant un cercle peint en noir (fig. 167), sont affectés spécialement aux voies de garage. De même, on utilise des bras ayant la forme de deux triangles accolés par la pointe (fig. 168), pour autoriser le rebroussement à contre-voie sur une voie principale, et des bras portant la lettre J, comme signaux de fin d'itinéraire.

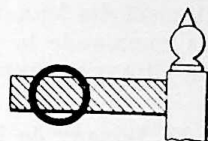


FIG. 167.



FIG. 168.

**B. Signaux optiques de nuit.** — La nuit, les signaux optiques sont donnés par la lumière d'une lampe à huile, d'un bec de gaz ou d'une lampe électrique, devant laquelle la palette ou le voyant place, selon sa position, un verre de couleur ou un verre blanc. Le choix des feux est de grande importance. Il est indispensable que le signal puisse être nettement distingué à distance : plus cette distance est grande, plus longtemps le signal reste devant les yeux du mécanicien et plus long est le temps dont il dispose pour prendre les mesures que la situation comporte.

Il convient aussi que le feu utilisé comme signal ait une couleur rare dans le milieu où il doit être aperçu, de manière qu'il ne puisse être confondu qu'exceptionnellement avec d'autres lumières brillant dans les gares ou dans le voisinage des voies.

Des expériences faites en France, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, par les frères Chappe, ont établi qu'une lumière blanche étant perceptible à une distance = 1, une lumière rouge ne l'est qu'à une distance =  $\frac{1}{3}$ , une lumière verte à une distance =  $\frac{1}{5}$  et une lumière bleue à une distance =  $\frac{1}{7}$ . Il résulte de là qu'il n'y a guère que les feux blancs,

rouges ou verts qui puissent convenir pour la signalisation des chemins de fer. Ces feux, en effet, ont été utilisés presque exclusivement jusque dans ces dernières années.

Le feu blanc présente cependant ces inconvénients qu'il n'est pas rare et qu'il se substitue au feu rouge d'un signal à l'arrêt, lorsque le verre rouge de celui-ci vient à se briser, de telle sorte que le mécanicien peut considérer la voie comme libre alors qu'elle est fermée. Ces inconvénients ayant occasionné différents accidents en Angleterre, le Board of Trade décida en 1897 que le feu blanc ne pourrait plus être utilisé comme signal de passage et serait remplacé par le feu vert. De même, depuis 1908, les Chemins de fer danois ont décidé la suppression complète du feu blanc pour les signaux s'adressant aux trains et la même réforme a été réalisée sur le réseau de l'Etat belge.

La suppression du feu blanc a amené les Compagnies anglaises à ne faire usage que du feu rouge et du feu vert. Cette simplification ne donne pas lieu à critique lorsqu'on envisage le sémaphore dans ses rôles de signal d'arrêt et de signal de direction, le bras ne donnant dans ce cas que deux indications : arrêt (feu rouge) et passage (feu vert). Il n'en est pas de même lorsqu'il fonctionne comme signal avertisseur ; dans ce cas, le signal est franchissable, même lorsque le bras est horizontal (feu rouge). La nuit, le mécanicien peut donc confondre un signal d'arrêt absolu avec un signal avertisseur et un accident peut se produire.

Pour éviter pareille confusion, les chemins de fer de l'Etat danois et de l'Etat belge ont introduit un troisième feu, le « Brandgult », le feu jaune-orange, qui se distingue nettement des feux rouge et vert et est aussi visible qu'eux. Ce feu autorise le passage mais commande la prudence. L'Etat belge applique également le feu violet ; ce feu apparaît aux petits palettes de manœuvre quand elles sont dans la position horizontale.

**C. Signaux de brouillard.** — Par un temps de brouillard, la distance à laquelle les feux des signaux sont perceptibles se trouve considérablement réduite et leur couleur est altérée, la vapeur d'eau absorbant inégalement les rayons de différentes couleurs. C'est ainsi que la lumière blanche perçue à travers un brouillard est rougeâtre et qu'une lumière verte tend vers le blanc.

Afin que les perturbations atmosphériques dérangent le moins possible le service des trains et ne soient pas la cause d'accidents, on a recours à différents moyens pour faire connaître plus spécialement aux mécaniciens la position des signaux. Ces moyens, qui ont pour but de doubler les indications des signaux optiques ordinaires, se rangent en deux catégories : celle des signaux optiques et celle des signaux acoustiques. Pour qu'un signal de brouillard réponde à son but, il faut <sup>(1)</sup> : a) que son fonctionnement soit sûr et qu'il soit toujours prêt à fonctionner ; b) qu'il donne une indication positive autant qu'une indication négative ; c) que le mécanicien le comprenne bien ; d) qu'il soit placé à une distance suffisante du signal d'arrêt, pour que le train puisse être arrêté avant de l'atteindre.

a) **SIGNAUX OPTIQUES** (répétiteurs lumineux). — Le système des répétiteurs lumineux consiste à installer en avant de chaque feu un certain nombre de relais lumineux, qui en répètent les indications ; ces feux répétiteurs sont placés à la hauteur de l'œil du mécanicien et rapprochés le plus possible de la voie.

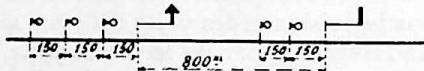


FIG. 169.

L'Etat belge <sup>(2)</sup>, qui dans une installation existant avant la guerre appliquait le système sur la ligne de Bruxelles à Anvers, plante trois répétiteurs en avant de chaque signal avertisseur et deux en avant de chaque signal rapproché, la distance d'un répétiteur à l'autre et du premier

répétiteur au signal étant de 150 mètres.

Chaque appareil comporte une colonne creuse en fonte, portant une lanterne divisée en deux parties, renfermant chacune une lampe électrique et un puissant réflecteur (fig. 170), l'un des compartiments est muni d'un verre jaune et l'autre d'un verre vert, de telle sorte que le répétiteur montre un feu jaune ou un feu vert, suivant que le bras du signal se trouve dans la position horizontale ou dans la position inclinée.

Les répétiteurs sont plantés à 1<sup>m</sup>,50 du rail le plus rapproché et les lampes se trouvent à 2 mètres au-dessus du niveau du rail ; la lanterne est orientée de façon que l'axe des rayons lumineux émis par l'une ou l'autre des lampes coupe l'axe du rail à 15 mètres environ en amont du pied de l'axe de la colonne (fig. 171).

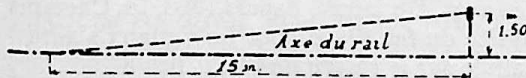


FIG. 171.



FIG. 170.

Les répétiteurs lumineux sont mis en service chaque fois que les circonstances atmosphériques ne permettent pas d'apercevoir distinctement un feu rouge de signal

<sup>(1)</sup> *Bulletin du Congrès*, 1908, p. 333.

<sup>(2)</sup> " " " 1909, p. 509.

à une distance de 100 mètres. Leurs lampes reçoivent le courant des batteries Tudor, qui sont installées aux postes de bloc pour la manœuvre des bras d'arrêt et des bras avertisseurs.

b) **SIGNAUX ACOUSTIQUES.** — Dans la catégorie des signaux acoustiques, on compte les pétards et les trompes et sirènes électriques.

Les *pétards* (1) sont employés, sur une grande échelle, dans la plupart des exploitations. En Angleterre et en Belgique, il est de règle de les placer en avant des signaux avertisseurs et l'on charge de cette opération des agents, appelés « fogmen », appartenant aux brigades de la voie, que l'on convoque par télégraphe ou par téléphone, au moment où l'apparition d'un brouillard rend nécessaire un service de « foggage ».

Le fogman se place aussi loin que possible du signal fixe, à un endroit d'où il puisse encore nettement observer les indications de celui-ci. Il est porteur d'un signal à main (drapeau ou lanterne) au moyen duquel il répète à tout train arrivant la position du signal fixe. Si celui-ci est à l'arrêt, il attache un pétard au rail et présente le signal rouge, de telle sorte que le danger est signalé au mécanicien à la fois par le signal acoustique (la détonation du pétard) et le signal optique. Si le signal fixe est au passage, il retire le pétard et présente au mécanicien le signal de voie libre.

Le système présente plusieurs inconvénients. Les brouillards surgissent souvent d'une manière soudaine ; généralement ils sévissent depuis un certain temps avant que les fogmen aient pu rejoindre leurs postes. Le fracas du train peut dominer le bruit de l'explosion et le machiniste peut ne pas être averti ; on remédie à cet inconvénient en utilisant des pétards-fusées, agissant à la fois comme avertisseurs acoustiques et comme avertisseurs optiques. Enfin l'opération confiée au fogman n'est pas sans être pénible et dangereuse, de telle sorte que l'on n'est pas certain de la ponctualité de celui-ci.

Différents appareils ont été inventés pour supprimer l'intervention des fogmen et rendre la déflagration du pétard solidaire de la position du signal. Parmi eux figure le système Cousin, que l'Etat belge applique sur la ligne de Bruxelles à Mons.

L'*appareil Cousin* comporte un magasin contenant huit pétards placés en ligne, que l'on installe à 100 mètres du signal avertisseur sur les indications duquel il s'agit d'appeler l'attention. A chaque pétard correspond une masselotte, faisant office de percuteur, dont un dispositif électrique, commandé par un relais et un rail isolé, détermine le déclenchement chaque fois qu'une locomotive approche du signal à l'arrêt. Pour qu'un train se dirigeant vers le signal provoque la déflagration d'un pétard, il faut que l'appareil soit mis en batterie, c'est-à-dire relié à la pile qui doit fournir le courant au dispositif électrique, ce que fait le signaleur desservant le poste, chaque fois que survient un brouillard rendant difficile la perception des signaux optiques. Il faut en outre que le signal soit à l'arrêt et que le train franchisse le rail isolé, intercalé dans le circuit du mécanisme électrique.

Celui-ci est construit de telle sorte qu'un même train ne puisse provoquer la déflagration que d'un pétard et qu'immédiatement après le passage du train, se prépare le déclenchement du percuteur voisin de celui qui a fonctionné. En outre, le déclenchement de la septième masselotte met en action une sonnerie, dans la cabine du poste, afin de prévenir le signaleur que l'approvisionnement du magasin est sur le point d'être épuisé.

L'appareil Cousin présente l'inconvénient qu'il ne donne pas, comme le répétiteur lumineux, deux indications, l'une pour le danger, l'autre pour le passage ; dans le cas

(1) SAUVAGE. Le système anglais des signaux de chemins de fer. p. 79. — *Bulletin de l'Association internationale des chemins de fer*, 1<sup>re</sup> année, 1919, p. 192.



où il n'y a pas de détonation, rien ne dit au mécanicien qu'il en est ainsi ou parce que la voie est libre ou parce que le signaleur a négligé de mettre l'appareil en batterie.

Dans les *trompes et sirènes électriques* le son est produit par une plaque vibrant sous l'action d'un électro-aimant. On place ces appareils, comme les répéteurs lumineux, dans le voisinage du signal, sur des poteaux d'environ 3 mètres de hauteur, à une distance de 2<sup>m</sup>,50 de l'axe de la voie, leur pavillon étant dirigé suivant la marche du train. Une première trompe est installée à environ 100 mètres et une seconde à 20 mètres en amont du signal. Toutes deux sont intercalées dans un circuit électrique, alimenté par une pile placée dans le poste. Ce circuit comprend deux contacts, dont l'un peut être actionné par le levier du signal et dont l'autre, installé à 20 mètres en avant de la première trompe, est actionné par les roues du train. Le premier contact ferme le circuit lorsque le signal est dans la position d'arrêt et le laisse ouvert lorsque le signal est au passage. Quant au second, qui est normalement ouvert, il n'est fermé que par le passage du train. Il en résulte que le courant actionnant les trompes ne peut agir que pour autant que le signal soit fermé et que le train franchisse le contact placé en avant de la première d'entre elles. Les deux trompes continuent à résonner jusqu'à ce que la tête du train ait atteint une pédale de repos placée à 50 mètres en aval du signal.

Les essais qui ont été faits de ces appareils ont permis de constater que leur sonorité est généralement suffisante pour fixer l'attention des mécaniciens des trains de marchandises, mais qu'il n'en est pas toujours de même des trains de voyageurs et surtout des trains express.

**D. Indicateurs d'approche (1).** — Les indicateurs d'approche ont uniquement pour but de prévenir le mécanicien qu'il approche d'un signal ; ils ne lui donnent aucune indication sur la position d'arrêt ou de passage de celui-ci.

L'Etat belge fait précéder ses signaux avertisseurs de cinq barrières blanches à la chaux, disposées comme l'indique le croquis fig. 172. Ces barrières sont numérotées

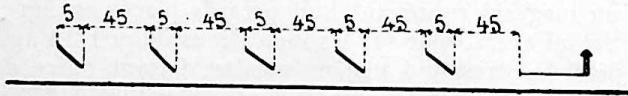


FIG. 172.

au moyen de traits obliques, faits à la couleur noire, la plus rapprochée du signal portant un trait, la suivante deux et ainsi de suite jusqu'à la cinquième. Cette numérotation a l'avantage de renseigner le mécanicien sur la distance à laquelle il se trouve du signal. Pour augmenter la visibilité des barrières, on leur fait faire un angle de 45 degrés avec l'axe de la voie. La nuit, elles reçoivent la lumière du fanal de la locomotive, de telle sorte que le mécanicien les aperçoit facilement.

Les Compagnies françaises annoncent les bifurcations soit au moyen d'un poteau portant une plaque « Bifur » (fig. 173), soit au moyen d'une plaque carrée, peinte en damier vert et blanc et éclairée la nuit par réflexion ou par transparence.

On préconise également des annonceurs électriques fonctionnant sur la locomotive (2). L'appareil comprend, sur la machine, une pile, un relais avec voyant, une sonnerie et un frotteur ; une pédale est montée en dehors de la voie et agit sur le frotteur pour mettre l'appareil en action. Le voyant, blanc à l'état normal, devient rouge lorsqu'un signal est annoncé.

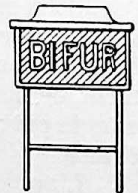


FIG. 173.

(1) *Bulletin de l'Association internationale des chemins de fer*, 1<sup>re</sup> année, 1919, p. 198.

(2) *Bulletin du Congrès*, 1909, p. 56.

E. **Indicateurs de position d'aiguilles.** — Les indicateurs de position d'aiguilles (voir chap. XIII, fig. 208) renseignent sur la direction donnée aux aiguilles, direction que le mécanicien n'a pas à demander par le sifflet de la machine. Sur la plupart des réseaux, ces signaux n'intéressent que les aiguilleurs.

### 3° Les répéteurs de signaux sur les machines ou signaux d'abri.

Les signaux d'abri ont pour but de suppléer à un défaut de vigilance du mécanicien en lui rappelant la présence des signaux qu'il va franchir, par une indication qui confirme l'ordre d'arrêter ou de ralentir, selon le cas, ou bien aussi l'autorisation de passer.

En dehors de leur mode de construction et de fonctionnement ils se distinguent selon la nature du signal qu'ils donnent au mécanicien, suivant qu'ils répètent seulement les signaux marquant l'arrêt ou qu'ils répètent également les signaux indiquant la voie libre et suivant qu'ils sont simplement indicateurs ou qu'ils sont en même temps enregistreurs.

Le signal acoustique est préféré, en général, au signal optique qui présente l'inconvénient d'obliger le mécanicien de diviser son attention pour observer en même temps deux signaux, celui qui est planté à côté de la voie et le répéteur placé sur la machine. Le signal acoustique doit être assez puissant pour être entendu facilement malgré le bruit ; ce peut être un sifflet à air ou à vapeur donnant un son différent de celui du sifflet ordinaire de la machine. Souvent le signal acoustique est doublé d'un signal optique : un voyant indique sur la machine quelle est la position du signal de la voie.

Certains appareils ne répètent que les signaux marquant l'arrêt. D'autres répètent aussi, mais par une indication différente, les signaux marquant le passage.

Dans les appareils enregistreurs, on obtient l'enregistrement du passage devant les signaux sur la bande de papier de l'appareil indicateur-enregistreur de vitesse. Le signe tracé sur la bande repère la position des signaux sur la voie et est différent suivant que les signaux rencontrés marquent l'arrêt ou le passage.

Au point de vue de la construction et du fonctionnement, les signaux d'abri se divisent en appareils purement mécaniques et en appareils électriques ou électromécaniques. Parmi les appareils électriques on distingue encore ceux qui font usage d'un contact de voie et ceux qui sont basés sur les phénomènes d'induction.

#### APPAREILS A COMMANDE MÉCANIQUE

Le signal dont la position doit être répétée est solidaire d'une pédale qui, lorsque le signal est à l'arrêt, fait saillie légèrement au-dessus de la voie, de manière à venir en contact avec un frotteur porté par la machine et dont le déplacement fait fonctionner le répéteur.

On reproche à ces appareils la difficulté d'éviter les détériorations et les bris dus au choc des pièces qui doivent entrer en contact en pleine vitesse, les fonctionnements intempestifs causés par la présence d'obstacles imprévus dans la voie (tas de cendrées, etc.), les ratés par suite des dénivellations dues aux usures et aux oscillations des ressorts et l'augmentation de la résistance à vaincre par la transmission qui doit faire fonctionner le signal ainsi que la pédale.

Dans cette catégorie se rangent les appareils Cousin, Van Braam et Augereau qui ont été essayés sur l'Etat français (1).

Dans l'appareil Cousin on a cherché à diminuer l'effort à produire sur le pendentif. Celui-ci, en basculant, agit simplement sur un verrou qui libère une tige

(1) MAISON. *Bulletin du Congrès des chemins de fer*, juin 1921.

verticale, poussée par un ressort et reliée par un câble au mécanisme d'ouverture d'un sifflet à vapeur.

L'appareil Van Braam est combiné pour éviter les fonctionnements intempestifs. Il comporte, pour chaque sens de marche, deux pendentifs qui doivent entrer tous deux en action pour faire fonctionner l'avertisseur.

Le principe de l'appareil Augereau consiste à faire exercer sur le pendentif une traction verticale de haut en bas, action que ne produisent pas les obstacles imprévus. L'appareil de voie possède une rainure transversale à la face supérieure inclinée, dans laquelle s'engage un tenon solidaire du pendentif.

On s'est efforcé aussi à diminuer l'intensité des chocs. Dans le système Marin, qui a été essayé à l'État français et sur la Compagnie de l'Est, un levier coudé, porté par la machine, glisse le long d'une aiguille faiblement inclinée sur l'axe de la voie et dont la partie antérieure mobile s'efface parallèlement à la voie lorsque le signal est ouvert. L'État belge a essayé l'appareil Sneyers (1), qui fait usage d'une brosse de fils métalliques, placée sur la machine ou dans la voie.

Malgré l'ingéniosité de ces dispositifs qui remédient partiellement aux inconvénients indiqués plus haut, les appareils à commande mécanique tendent à faire place aux appareils électriques. Nous signalerons toutefois le moyen employé dans le système Daniels (2), qui a été essayé par le North Eastern, dans le but de diminuer la résistance supplémentaire ajoutée à la transmission du signal. La pédale est normalement relevée et ce sont les roues de la machine qui l'abaissent, lorsque le signal est ouvert, au moyen d'un mécanisme comportant un embrayage. Lorsque le signal est fermé le mécanisme est débrayé. La seule résistance supplémentaire à vaincre par la transmission du signal est celle due au déplacement de l'embrayage.

#### APPAREILS ÉLECTRIQUES AVEC CONTACT DE VOIE

Ces appareils comportent un ou plusieurs frotteurs portés par la locomotive qui, au lieu de venir en contact avec un obstacle actionné mécaniquement, passent sur une armature, ordinairement une tôle en cuivre ou en acier, reliée électriquement à un interrupteur manœuvré par le signal. La forme allongée de cette armature, qui est isolée sur un support en bois, lui a fait donner le nom de « crocodile ».

Dans cette catégorie se rangent les appareils Lartigue et Forest, César et celui du Great Western.

APPAREIL LARTIGUE ET FOREST (3). — Cet appareil est en usage depuis de longues

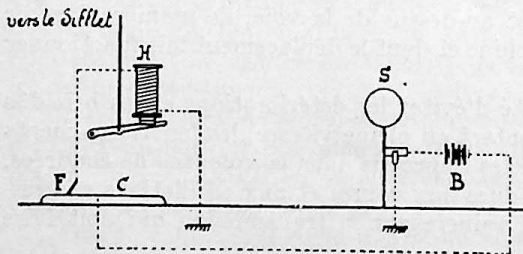


FIG. 174.

années sur le réseau du Nord français. L'installation de voie comprend une batterie de piles B (fig. 174), dont le pôle positif est relié au crocodile et dont le pôle négatif est mis à la terre par l'intermédiaire d'un interrupteur manœuvré par le signal. L'interrupteur est fermé quand le signal indique l'arrêt, et ouvert quand le signal donne le passage.

Sous la locomotive est placée une brosse F à seize touffes de fils de cuivre, Hughes, placée dans la boîte d'un sifflet

(1) WEISSENBRUCH. *Bulletin du Congrès des chemins de fer*, oct.-nov.-déc. 1919.

(2) *Bulletin du Congrès des chemins de fer*, février 1922.

(3) *Génie Civil*, 24 juin 1911, p. 166.



électromoteur ; l'autre extrémité du fil des bobines est mis à la terre par la masse de la locomotive.

En position normale l'électro-aimant attire son armature et empêche une tige, poussée par un ressort, d'ouvrir la soupape du sifflet. Le signal étant à l'arrêt, le frotteur, en passant sur le crocodile, ferme le circuit et le courant circulant dans les bobines de l'électro-aimant supprime l'attraction de l'armature, ce qui permet au ressort d'ouvrir la soupape du sifflet. Celui-ci se fait entendre jusqu'à ce que le mécanicien ait ramené l'armature de l'électro-aimant dans sa position normale, au moyen d'une manette disposée à cet effet.

On a fait à cet appareil l'objection de principe que l'indication d'arrêt est produite par le passage du courant, de sorte qu'en cas d'interruption du circuit électrique ou d'épuisement de la pile, il y a un raté avec absence d'indication comme si le signal était ouvert.

Une autre cause de non fonctionnement peut être le mauvais contact de la brosse et du crocodile, circonstance qui est favorisée en hiver par la présence du givre. Pour remédier à cet inconvénient on emploie le crocodile anti-givre Colas (1). Celui-ci a la forme d'un réservoir hermétiquement fermé, rempli de pétrole, dont la face supérieure est percée de trous dans lesquels on introduit un petit tube de feutre et que l'on ferme par un bouchon. Le pétrole monte par capillarité dans le feutre et s'écoule sur la surface métallique qui sert de contact, empêchant le givre d'y adhérer.

Sur les lignes à voie unique, l'appareil doit être insensible aux indications des signaux rencontrés à revers. Dans ce but on fait usage d'un basculeur, placé sous le bouclier protégeant l'extrémité du crocodile, qui ne fonctionne que dans un sens et qui, poussé par la brosse, établit un contact pendant un temps suffisant, après quoi il est ramené dans sa position normale par un contrepoids.

Le crocodile doit être assez long pour que le courant ait le temps d'atteindre l'intensité nécessaire pour faire fonctionner l'électro-aimant. Pour diminuer les chances de raté la Compagnie P. L. M. fait agir le courant capté par la brosse sur un relais inséré dans le circuit d'une pile placée sur la machine.

L'appareil de la Compagnie du Nord est complété par un dispositif enregistrant sur la bande de l'indicateur graphique de la vitesse les signaux à distance rencontrés à l'arrêt. La Compagnie de l'Est, qui emploie un système analogue, utilise un commutateur, manœuvré par le signal, mettant à la terre soit le pôle positif, soit le pôle négatif de la pile, de manière à produire une action différente sur le répéteur et une indication différente sur l'enregistreur, suivant que les signaux rencontrés sont à l'arrêt ou au passage.

APPAREIL CÉSAR (2). — L'appareil fournit au mécanicien les trois indications voie libre, marche à vue, voie fermée, à la fois au moyen d'un sifflet et d'un voyant répéteur pouvant occuper trois positions distinctes. En cas de marche à vue ou de voie fermée, le sifflet d'alarme ne cesse de fonctionner qu'après l'intervention du mécanicien ; si le signal est à voie libre, il ne donne qu'un coup de sifflet très court, et le voyant qui se place un instant dans la position de voie fermée, se remet aussitôt et de lui-même dans la position de voie libre, qui est sa position normale.

L'appareil comporte (fig. 175) : *a*) sur la machine, deux frotteurs *F* et *F'*, une pile *P* et deux électro-aimants, dont l'un *E* à fer doux, contrôle le fonctionnement du sifflet et l'autre *E'* à aimant permanent le déplacement de la palette répétrice ; *b*) sur la voie, un crocodile *C*, placé entre les rails, relié électriquement à des plots 1, 2, 3 et à une bobine de self-induction *b* montée sur le signal. Le crocodile est ainsi mis à la

(1) *Bulletin du Congrès des chemins de fer*, septembre 1921.

(2) *Génie Civil*, 1<sup>er</sup> juillet 1911, p. 187.

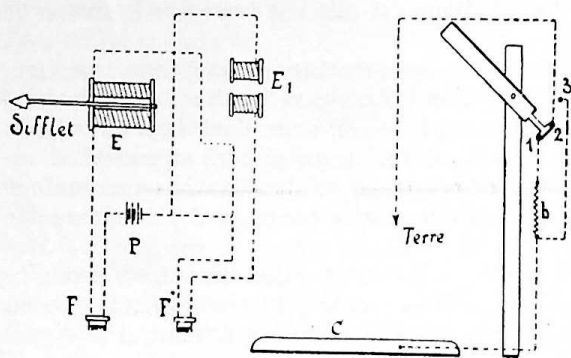


FIG. 175.

terre ou par l'intermédiaire de la bobine *b* ou directement, ou bien il est isolé, suivant que le signal marque la voie libre, la marche à vue ou l'arrêt.

Lorsque le signal est à l'arrêt, le crocodile sert uniquement à mettre en communication les deux frotteurs *F* et *F'*, ce qui a pour effet de modifier la circulation du courant dans les électro-aimants, de telle sorte que le sifflet d'alarme fonctionne et le voyant tombe dans la position « voie fermée » jusqu'à ce que le mécanicien en agissant sur un commutateur

à ressort rétablisse les choses dans l'état normal.

Lorsque le signal est à voie libre, tout se passe d'abord comme si le signal était à l'arrêt ; mais un courant dérivé s'établit dans le circuit comprenant la bobine de self-induction *b* et, lorsque le courant principal est rompu par le déplacement de l'armature de l'électro *E* du sifflet, l'extra-courant de rupture de la bobine *b* traverse l'électro *E'*, ce qui a pour effet, par suite des connexions et des contacts établis par les armatures des deux électros, de rétablir la situation normale.

Lorsque le signal donne la marche à vue, le crocodile met en court-circuit l'électro *E*, ce qui fait fonctionner le sifflet, mais sans passer par l'électro *E'*, qui continue à retenir son armature laquelle empêche le voyant de tomber au-delà de la position « marche à vue ».

Dans ce système le crocodile joue un rôle passif quand le signal est à l'arrêt (le crocodile est alors isolé) ; par conséquent, en cas de rupture d'un conducteur on obtient toujours l'indication d'arrêt. Par contre, un court-circuit entre les plots 1 et 2 aurait pour conséquence de donner l'indication de voie libre, alors que le signal serait à l'arrêt.

APPAREIL DU GREAT WESTERN (1).— L'équipement de la machine comprend (fig. 176) un frotteur *F*, relié à un interrupteur *I* isolé du frotteur et de la masse de la machine, deux électros *E* et *E'* ayant une armature commune *A*, qui, lorsqu'elle est maintenue par l'excitation de l'un ou de l'autre des électros, assure la fermeture de la soupape d'un sifflet *W*. L'électro *E* fait partie d'un circuit local établi sur la locomotive et qui comprend la pile *B* et l'interrupteur *I* ; quant à l'électro *E'*, il reçoit le courant du crocodile lorsque le signal est au passage.

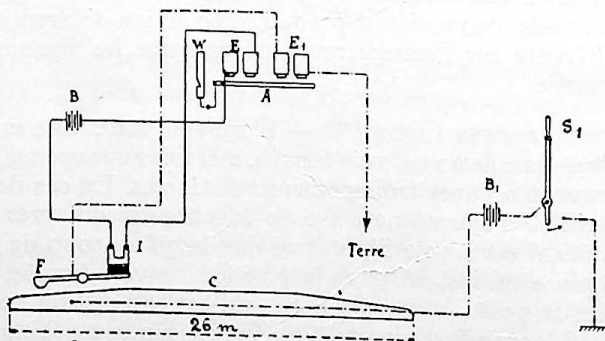


FIG. 176.

L'équipement de la voie comprend un crocodile *C*, placé entre les rails, relié à un interrupteur *S<sub>1</sub>* placé dans la cabine du signaliste ; cet interrupteur met une pile *B<sub>1</sub>* en communication avec le cro-

(1) *Bulletin du Congrès des chemins de fer*, 1907, p. 595.

codile, lorsque le levier du signal est disposé pour « voie libre » et coupe cette communication lorsque le signal est fermé.

Lorsque le frotteur F est dans la position normale, l'interrupteur I est fermé et l'électro E retient l'armature A ; la soupape du sifflet W est fermée. La machine passant au-dessus du crocodile et le signal étant à l'arrêt, le frotteur ouvre l'interrupteur, l'armature A tombe et le sifflet fonctionne ; en même temps apparaît un voyant rouge avec le mot « danger ». Le sifflet ne cesse de fonctionner que lorsque le mécanicien rapproche l'armature A de l'électro. Si, au contraire, le signal est au passage et si, par conséquent, le crocodile est relié à la pile B<sub>1</sub>, le contact du frotteur a pour effet de faire passer un courant par l'électro E'. L'armature A reste retenue, le sifflet W ne fonctionne pas, mais un relais met en action une sonnerie spéciale, qui annonce que la voie est libre ; en même temps apparaît un voyant blanc.

Ce système réalise les avantages suivants : 1<sup>o</sup>) il fournit une indication quelle que soit la position du signal, le machiniste sait donc continuellement si son appareil fonctionne ; 2<sup>o</sup>) le signal d'arrêt est donné sans l'intervention ni du courant du crocodile, ni du courant de la pile B de la machine ; il est donc toujours donné en cas d'accident à n'importe lequel des deux circuits électriques. De plus, ni la gelée, ni la neige n'empêchent le signal de se faire entendre, ce qui n'est pas le cas des deux appareils précédents, dans lesquels en temps de neige le crocodile peut ne pas remplir son rôle de conducteur électrique.

En Amérique, les systèmes qui ont donné les meilleurs résultats jusqu'à présent sont également ceux utilisant le contact électrique par rampe et frotteur. De ce nombre sont le système Miller, le système Regan et celui de l'American Train Control Co.

Le principe de l'appareil Regan (1) est analogue à celui de l'appareil du Great Western Ry, mais le crocodile est électrisé par le courant du bloc automatique. La polarité du crocodile est positive ou négative suivant que l'on passe devant le signal de bloc fermé ou devant son annonceur fermé. Le répéteur placé sur la machine est sensible à un courant positif et à un courant négatif ; il comporte à cet effet un relais à trois positions. Il est combiné avec un dispositif de contrôle de la vitesse, comprenant un régulateur à boules et un électro-aimant, qui agit sur le frein au passage devant l'annonceur fermé si la vitesse est supérieure à un taux fixé d'avance.

#### APPAREILS ÉLECTRIQUES SANS CONTACT DE VOIE

Les appareils à contact de voie présentent un inconvénient auquel on peut difficilement trouver une solution pleinement satisfaisante. Sous peine d'exposer le crocodile aux chocs des pièces pendantes du matériel roulant, on doit l'établir en dehors du gabarit de la section libre, et pour assurer un contact convenable, malgré les variations de hauteur accidentelles, on doit faire sortir le frotteur du gabarit du matériel, d'où possibilité de détérioration, de bris et de fonctionnement intempestif.

Les inventeurs ont cherché à résoudre cette difficulté en imaginant des appareils fonctionnant sans aucun contact de voie. Dans cette catégorie se classent l'appareil Augereau à ondes hertziennes et ceux qui sont basés sur l'induction produite par un électro-aimant placé dans la voie ou qui fonctionnent par circuit de voie.

Dans le système Augereau (2), qui a été essayé sur le réseau de l'Etat français, l'installation comporte à l'amont de chaque signal à répéter une antenne de quinze mètres de longueur, disposée horizontalement et un éclateur relié au secondaire d'une bobine de Rhumkorff, mis d'autre part à la terre ; le primaire est alimenté par une pile

(1) *Bulletin du Congrès des chemins de fer*, novembre 1921.

(2) *Bulletin du Congrès des chemins de fer*, août 1920.



dont l'un des pôles est mis à la terre par un interrupteur manœuvré par le signal et dont l'autre est relié à un rail isolé par l'intermédiaire de deux pédales placées l'une à l'amont, l'autre à l'aval du rail isolé. Sur la machine une antenne constituée par un tube de cuivre disposé le long du châssis est reliée à un cohéreur intercalé dans le circuit local d'une pile. Lorsque le train rencontre le signal à l'arrêt, le courant primaire circule dans la bobine dès que la machine a foulé la première pédale et cesse quand elle a foulé la seconde. La diminution de résistance du cohéreur permet au courant du circuit de machine d'actionner un sifflet électromoteur, dont le mécanisme porte le nom de serrure Augereau.

Le système Angus <sup>(1)</sup> fonctionne par circuit de voie. La ligne est divisée en sections isolées l'une de l'autre et, lorsqu'une section est libre, ses rails sont parcourus par un courant de faible voltage et de faible périodicité qui passe, sur la machine, dans un relais approprié ; celui-ci fait fonctionner un relais plus puissant, intercalé dans un circuit dont le courant maintient fermée la soupape de contrôle du frein. En l'absence du courant de voie par suite d'occupation de la section ou d'avarie à la voie, l'appareil applique automatiquement les freins.

Les électro-aimants placés dans la voie agissent par leur flux magnétique pour modifier au passage la force électromotrice d'une bobine portée par la machine. Lorsque la voie est libre, le flux de l'aimant permanent est annulé par un courant fermé par le relais de voie.

Dans le système de la General Railway Co <sup>(2)</sup>, l'appareil à terre n'est alimenté par aucune source de courant ; son circuit est simplement ouvert ou fermé suivant que le signal marque l'arrêt ou le passage. Il se compose (fig. 177) d'une armature A ayant

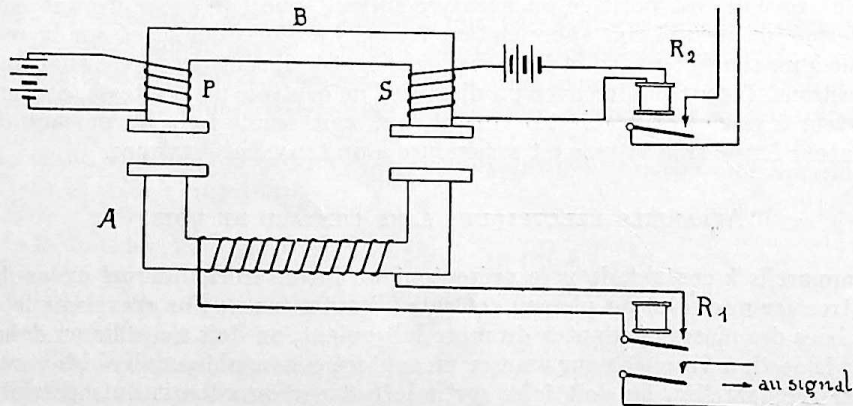


FIG. 177.

la forme d'un U et entourée dans sa partie centrale d'une bobine dont les fils aboutissent à un relais  $R_1$ , qui commande en même temps le circuit du mécanisme du signal. Sur la machine une armature semblable B porte sur une branche une bobine primaire P alimentée par une batterie de piles et une bobine secondaire S parcourue par un courant qui, dans la situation normale, ferme le relais  $R_2$ . Celui-ci est intercalé dans un circuit dont le courant doit empêcher l'appareil d'appliquer les freins.

<sup>(1)</sup> *Railway Engineer*, novembre 1921, p. 418.

<sup>(2)</sup> *Railway Signal Engineer*, mars 1922.

Lorsque la machine approche d'un signal fermé, l'armature A complète le circuit magnétique de l'armature B et la diminution de résistance produit une augmentation du flux magnétique, par suite une chute de l'intensité du courant secondaire et l'ouverture du relais  $R_2$ . Si, au contraire, le signal est ouvert, ce qui est dû à la fermeture du relais  $R_1$ , la self-induction de la bobine de l'armature A combat la variation du flux magnétique et le relais  $R_2$  reste excité, empêchant l'application des freins.

Bien que des essais assez étendus aient eu lieu, notamment en France, les signaux d'abri sont encore dans la période expérimentale. On est généralement d'accord sur les conditions essentielles auxquelles ils doivent satisfaire, mais un grand nombre d'administrations leur opposent une objection de principe ; elles craignent que l'attention des mécaniciens ne finisse par se détourner de la voie pour se reporter exclusivement sur les signaux de la locomotive. Pour éviter cet inconvénient on exige qu'ils fassent la preuve de leur vigilance lorsqu'ils aperçoivent un signal fermé. A cet effet, ils doivent faire une manœuvre qui a pour résultat d'enregistrer sur la machine un signe conventionnel, appelé signe de *vigilance*. L'enregistrement du franchissement d'un signal fermé, non vu par le mécanicien, se fait à l'aide d'un autre signe conventionnel, nettement différent du signe de vigilance.

Les administrations de chemins de fer sont généralement d'avis que l'application des signaux d'abri ne saurait avoir comme conséquence la suppression des signaux de la voie. L'observation de cette dernière doit rester un devoir primordial du mécanicien, qui a pour obligation de respecter les restrictions de vitesse et de découvrir les obstacles imprévus (signaux à main, bétail échappé, etc.) pouvant se présenter. Les signaux de la voie sont d'ailleurs les seuls qui peuvent être contrôlés facilement par les agents à poste fixe ; or, le contrôle mutuel des agents de la voie et des agents des trains constitue un des facteurs principaux de la sécurité.

#### 4° L'arrêt automatique des trains.

La plupart des chemins de fer de l'Europe sont hostiles à l'adoption d'appareils, en corrélation avec les signaux de la voie, agissant sur les freins ou même sur la vapeur et produisant l'arrêt automatique des trains. Ces appareils, disent-ils, ont l'inconvénient d'enlever au mécanicien, agent responsable, le contrôle du train ; ils peuvent provoquer des arrêts intempestifs en produisant le serrage à un moment inopportun, tous les trains n'abordant pas les signaux à la même vitesse. En Europe, ils seraient sans action sur les trains de marchandises, ceux-ci n'ayant pas le frein continu.

Cependant après l'accident survenu, le 17 juin 1920, dans la gare de Lostock Junction du « Lancashire and Yorkshire Railway <sup>(1)</sup> », le Ministère des Transports d'Angleterre a institué une commission chargée d'étudier la question de la commande automatique des trains. En attendant les conclusions de cette commission, le « Great Central » a résolu la question de la manière suivante : l'avertisseur acoustique de la locomotive est mis en action à 180 mètres en amont du signal avertisseur, que celui-ci soit à l'arrêt ou au passage. Si le mécanicien ne fait pas taire l'avertisseur, les freins sont mis graduellement en action de façon à arrêter le train avant le signal principal. Si le mécanicien, après avoir fait taire l'avertisseur, rencontre le signal avertisseur à l'arrêt et qu'il n'applique pas son frein pour ralentir, une pédale en relation avec la transmission du signal principal et placée à 360 mètres en aval de celui-ci, actionne de nouveau l'avertisseur et applique graduellement les freins. Si le signal avertisseur est au passage la pédale est écartée.

(1) Voir *Bulletin de l'Association internationale des chemins de fer*, numéro de mars 1921, p. 271.

## 5° La construction des signaux.

A. Signaux à voyant. — Le signal à voyant est constitué par un disque en tôle,

circulaire, carré ou rectangulaire, porté par un arbre vertical, qui élève le centre du voyant à une hauteur de 3<sup>m</sup>,50 à 6 m. au-dessus du rail (fig. 178). Cet arbre est soutenu par une colonne en fonte ou un pylone en fers assemblés. Il repose, à sa partie inférieure, dans une crapaudine et porte un balancier horizontal ou une poulie, actionné par le fil de manœuvre. Des buttoirs convenablement placés limitent l'étendue de sa course.

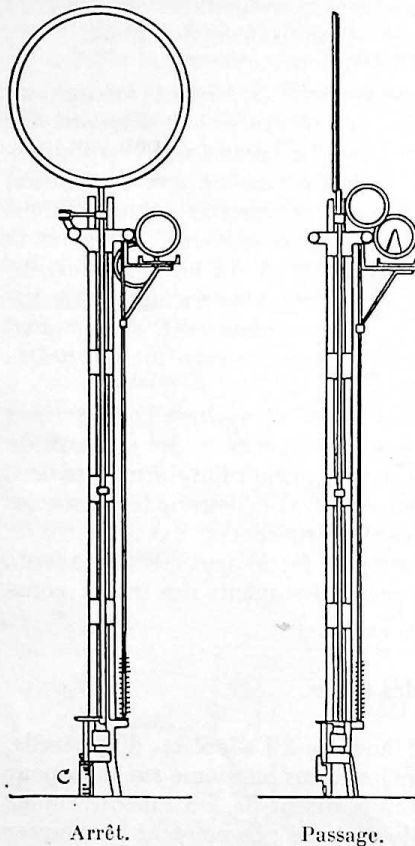


FIG. 178.

Lorsque le signal est commandé par simple fil, un levier ou un contrepoids de rappel C, agissant à la base de l'arbre, le ramène à la position d'arrêt après qu'il a été mis au passage par l'action du fil de manœuvre ; ce mécanisme a aussi pour effet de le ramener automatiquement à la position d'arrêt, en cas de rupture du fil.

Pour la nuit, le signal comporte un verre de couleur, serti dans le disque ou placé sous celui-ci, venant s'interposer devant une lanterne et faisant projeter par elle un feu d'une couleur déterminée lorsque le signal est à l'arrêt ; cette lanterne, qui est portée par le corps du signal, projette un feu blanc ou de couleur lorsque le disque est effacé.

**SONNERIE TREMBLEUSE.** — Il importe que les mouvements du signal puissent être suivis du poste où il est manœuvré. S'il est visible de ce point, on rend le contrôle possible dans l'obscurité en faisant passer un faisceau de rayons de lumière dans une ouverture ménagée au centre de la face arrière de la lanterne ; ce faisceau

donne un feu blanc lorsque le voyant est à l'arrêt et un feu bleu lorsqu'il est effacé. Si le signal n'est pas visible du poste de manœuvre, on a recours à une trembleuse électrique. L'arbre du signal porte à sa partie inférieure une lame flexible en acier, qui s'applique sur un contact lorsque le signal est à l'arrêt et fait tinter une sonnerie au poste de manœuvre.

**APPAREIL A PÉTARD.** — Le signal optique est doublé d'un signal acoustique, destiné à éveiller l'attention du mécanicien si elle est en défaut et à suppléer au feu rouge si la lampe vient à s'éteindre. A cet effet, l'arbre qui porte le voyant est muni à sa partie inférieure d'une pédale à l'extrémité de laquelle on peut attacher un pétard. Le signal étant à l'arrêt, la pédale amène le pétard au-dessus du rail, dans une position où il est écrasé par la roue d'avant de la machine, si celle-ci franchit le signal ; le mouvement du disque pour indiquer la voie libre produit le retrait du pétard.

**AVERTISSEUR ÉLECTRIQUE** (1). — Certaines administrations appliquent un avertisseur électrique, qui a pour but de porter tout dépassement de signal à la connaissance

(1) *Bulletin du Congrès*, 1909, p. 58.



du personnel de surveillance de la gare. Lorsqu'un train franchit un signal à l'arrêt, les roues appuient sur une pédale qui ferme un circuit électrique ; aussitôt une sonnerie se met à tinter dans le poste de la gare et ce tintement continue jusqu'à ce que l'agent du poste l'arrête en tournant un cadran, qui fait apparaître dans une lucarne un nombre indiquant la quantité de fois le signal a été dépassé. La recherche des responsabilités est ainsi facilitée.

**B. Sémaphores (1).** — Le sémaphore est constitué par un mât en bois, en béton ou en treillis métallique, portant un ou plusieurs bras se développant, sur les réseaux anglais, français et belges, à gauche du mât (fig. 179). Bien que les mâts métalliques présentent l'avantage d'une durée plus grande et d'une moindre prise à l'action du vent, plusieurs compagnies anglaises continuent à leur préférer les mâts en bois, parce que ceux-ci sont plus visibles.

Lorsqu'ils sont du type à bras superposés (fig. 180), leur hauteur varie, en Belgique, de 7<sup>m</sup>,325 (mât à un bras) à 11<sup>m</sup>,70 (mât à trois bras) ; quand ils sont du type chandelier (fig. 181), le fût de base s'élève à 4<sup>m</sup>,800 au-dessus du rail et la hauteur des mâtereaux varie de 3<sup>m</sup>,50 à 7<sup>m</sup>,90. Lorsqu'un mât ou un mâtereau porte plusieurs bras superposés, la règle en Belgique est d'écarter ceux-ci de 2<sup>m</sup>,190 d'axe en axe ; toute confusion de signaux est rendue ainsi impossible.

Les ailes sont en bois ou en tôle renforcée sur les bords par un petit fer profilé (fig. 182) ; elles ont 1<sup>m</sup>,610 (en Angleterre, 5 pieds) depuis l'axe du mât jusqu'à leur bord extérieur. Elles sont peintes en rouge avec une bande verticale blanche sur la face qui doit être observée par le mécanicien (2), et en blanc avec une bande verticale noire sur l'autre face. La présence de la bande (en blanc sur fond rouge et en noir sur fond blanc) a pour effet de faciliter la perception à distance. La nuit, le feu est donné par une lunette, qui est mobile avec le bras et qui porte des verres colorés.

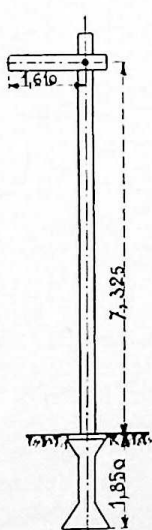


FIG. 179.

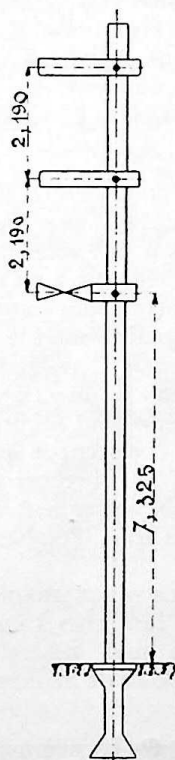


FIG. 180.

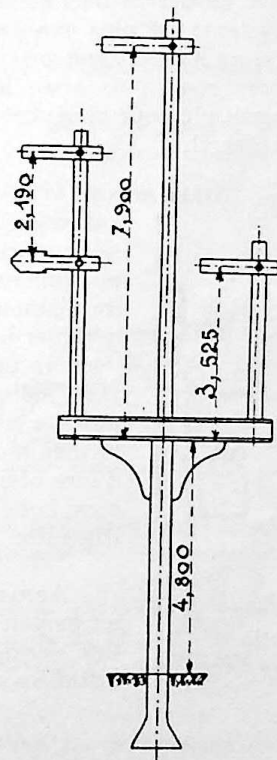


FIG. 181.

(1) *Bulletin du Congrès*, 1907, p. 357. — *Handbùch der Ingenieurwissenschaften*, V. Teil, VI Band, p. 774.

(2) En Belgique, les signaux avertisseurs ont cette face peinte en jaune.

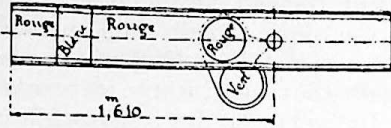


FIG. 182.

En Angleterre et sur les réseaux français, les ailes sont *baissantes* ; horizontales, lorsqu'elles sont à l'arrêt, elles prennent une position inclinée à 45 ou 60 degrés sous l'horizontale, lorsqu'elles indiquent la voie libre. Avec cette disposition, l'équilibrage de l'aile joue un rôle important ; il faut, en effet, qu'elle se relève automatiquement et reprenne la position d'arrêt dans le cas de rupture ou de désarticulation de la tige de manœuvre. Ce résultat est obtenu soit en plaçant la lunette sur un prolongement de la palette (fig. 183), soit en fixant à ce prolongement un contrepoids sous forme de sabot. La masse formant contrepoids doit être largement calculée et tenir compte de la surcharge qu'un dépôt de neige peut amener.

En Belgique et en Allemagne, on applique le système des ailes *levantes*, dans lequel les ailes prennent une position inclinée au-dessus de l'horizontale pour indiquer la voie libre. Ce système est plus avantageux que celui des ailes baissantes en ce qu'il supprime ou réduit notablement le contrepoids du bras, rend plus aisée la manœuvre de celui-ci et donne la certitude pour ainsi dire complète qu'un signal libéré retourne à l'arrêt.

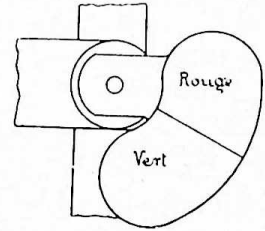


FIG. 183.

**AILES A INDICATIONS MULTIPLES (1).** (Fig. 184). — Pour simplifier la signalisation des gares, on remplace une série de sémaphores étalés horizontalement et se rapportant à des voies divergentes, par un sémaphore unique, muni de numéros. Celui-ci n'a qu'un bras, mais à ce bras sont conjuguées autant de plaques portant des numéros qu'il y a de voies divergentes commandées par le signal. Quand le bras marque l'arrêt, les numéros sont cachés derrière un écran ; lorsque le bras est mis au passage, un numéro apparaît, indiquant la direction vers laquelle le passage est autorisé. La nuit les numéros sont éclairés par réflexion. Avec ce système, les mécaniciens n'ont à s'occuper que d'un seul bras ou d'un seul feu, au lieu d'être obligés de chercher un signal déterminé au milieu d'un groupe compliqué ; ils obtiennent en outre l'indication claire et précise de leur itinéraire. Les frais d'établissement et d'entretien sont réduits.

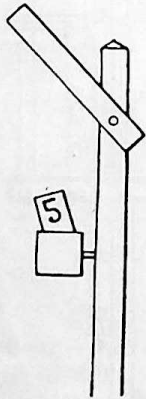


FIG. 184.

**APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.** — L'éclairage des lunettes des bras se fait au moyen de lanternes à huile, de becs de gaz ou de lampes électriques. Ces dernières sont généralement contrôlées par des lampes témoins, installées au poste de manœuvre ou des clapets avec sonnerie d'alarme.

### 6° La manœuvre des signaux.

Les signaux sont manœuvrés à distance. Les leviers de manœuvre sont installés à proximité du bâtiment des recettes dans les haltes et petites stations et groupés dans un poste de concentration dans les gares et les points de plus grande importance.

Les transmissions sont à simple ou à double fil. Comme pour la manœuvre à distance des aiguilles, on emploie du fil d'acier à haute résistance élastique ; ce fil a de 3 à 4 millimètres de diamètre, selon la distance du signal au poste de manœuvre (4 mm. lorsque la distance dépasse 1000 mètres) et il est porté et guidé par des poulies à gorge, montées

(1) *Bulletin du Congrès*, 1903, p. 946 ; 1907, p. 395 ; 1909, p. 106.

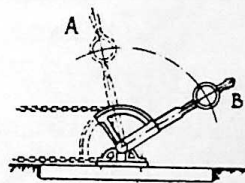
dans les mêmes conditions que les fils de transmission pour la manœuvre des aiguilles (voir chapitre IV, p. 127).

**A. Transmissions à simple fil.** — Ne pouvant agir que par tirage, la transmission à simple fil n'amène le signal que dans l'une de ses positions et l'intervention d'un « contrepoids de rappel » est nécessaire pour le placer dans la seconde position. Afin de prévenir les accidents en cas de rupture de fil, la position déterminée par le contrepoids est toujours la position d'arrêt.

Les signaux étant manœuvrés jusqu'à 2000 et 2500 mètres de distance, il convient de tenir compte de la dilatation et de la contraction dans l'établissement de la transmission. En effet, si celle-ci était réglée pendant les chaleurs, la contraction durant l'hiver entr'ouvrirait le signal quand il doit se trouver dans la position d'arrêt ; si elle était réglée pendant un mois froid, la dilatation en été placerait dans une position oblique le signal qui devrait occuper la position de voie libre. Pour éviter ces inconvénients l'emploi d'un compensateur est nécessaire. On distingue les compensateurs d'origine, adaptés au levier de manœuvré, et les compensateurs intermédiaires, établis sur la transmission.

**COMPENSATEURS D'ORIGINE.** — Le système le plus employé consiste à faire agir un contrepoids sur le levier de manœuvré.

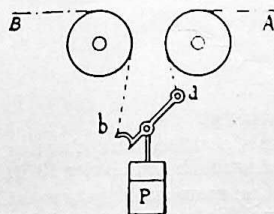
Dans l'appareil de la Compagnie de l'Ouest (fig. 185), le levier porte à l'une de ses extrémités une lentille pesante, qui forme contrepoids et à l'autre un secteur sur lequel peut s'enrouler une chaîne qui termine le fil de la transmission. Lorsque le levier est dans la position A, le signal est à l'arrêt ; la longueur du fil est suffisante non seulement pour ramener le signal à fond de course sur son buttoir, mais en outre pour parer à la contraction du fil que l'abaissement de température peut produire. Quand le levier est dans la position B, le signal est ouvert. Si le fil s'allonge, la lentille qui maintient le signal ouvert ne peut que s'abaisser ; s'il se contracte, la lentille se relève légèrement, mais comme l'effort qu'elle exerce est suffisant pour vaincre le contrepoids de rappel du signal, ce dernier reste toujours ouvert. Pour que le contrepoids n'arrive jamais à toucher le sol, on règle de temps à autre la longueur du fil. Pour les longueurs supérieures à 1000 mètres, ce réglage devient assez fréquent ; aussi la Compagnie de l'Ouest a-t-elle adopté pour les grandes distances le compensateur Robert, décrit ci-dessous.



Compensateur de l'Ouest.

FIG. 185.

La construction des leviers de manœuvre des Compagnies de l'Est et de Lyon est basée sur le même principe que celle du levier de la Compagnie de l'Ouest (1). Les administrations allemandes placent le compensateur d'origine sur le signal même, c'est-à-dire à la fin de la transmission.



Compensateur Robert.

FIG. 186.

**COMPENSATEURS INTERCALÉS DANS LA TRANSMISSION.** — Les compagnies du Nord, du Midi et de l'Ouest emploient le compensateur Robert (fig. 186). Le fil de la transmission est coupé en son milieu et chaque brin se termine par une chaînette qui passe sur une poulie verticale à 1<sup>m</sup>,40 du sol. Ces chaînettes sont reliées par un levier *ab* portant un poids *P* qui, sous l'influence de la dilatation, s'élève ou s'abaisse en exerçant une tension sur chacun des fils A et B. Une traction sur le fil A aboutissant au levier de manœuvre soulève le poids *P* et détermine la fermeture du signal, qui obéit

(1) GALINE. Exploitation technique des chemins de fer, pp. 171 et 173.



à l'action de son contrepoids de rappel ; au contraire, la détente du fil A a comme conséquence que le poids P entraîne le contrepoids de rappel et met le signal au passage. Le levier *ab* est terminé par une fourche du côté du signal, de telle sorte qu'il laisse échapper le fil B en cas de rupture du fil A, d'où la mise à l'arrêt du signal, sous l'action de son contrepoids de rappel.

Le compensateur Dujour <sup>(1)</sup>, employé au chemin de fer du P. L. M. repose sur le même principe que le compensateur Robert, mais en diffère en ce qu'il peut être établi en un point quelconque de la transmission. Il en est de même du compensateur Saxby et Farmer <sup>(2)</sup>.

**B. Transmissions à double fil.** <sup>(3)</sup> — Appliquée à un sémaphore, la transmission à simple fil présente les inconvénients suivants :

1<sup>o</sup>) Le signal peut être mis frauduleusement au passage, c'est-à-dire sans l'intervention du signaleur : il suffit de tirer sur le fil en un point quelconque de sa longueur (fig. 187).

2<sup>o</sup>) Le retour du bras à la position d'arrêt, après celle de voie libre, n'est pas obligé, étant donné qu'il dépend simplement de l'action du poids du bras ou de son contrepoids de rappel ; or, cette action peut être contrariée par l'intervention d'un obstacle imprévu, la neige ou le givre, par exemple.

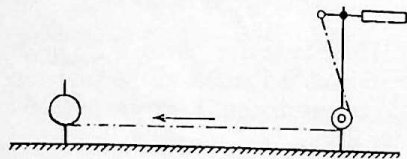


FIG. 187.

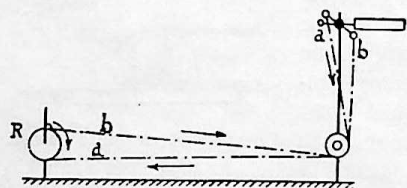


FIG. 188.

3<sup>o</sup>) La chute brutale du bras reprenant la position horizontale en hâte la mise hors service.

Ces inconvénients ont décidé beaucoup d'administrations à abandonner les connexions à simple fil pour celles à double fil (fig. 188). La commande se fait alors par une poulie R (ou un balancier), sur laquelle agit le levier de manœuvre et à la circonférence de laquelle les extrémités des fils sont fixés. Une traction doit être exercée sur le fil *a* pour mettre le signal au passage et une traction sur le fil *b* pour le replacer dans la position d'arrêt. Des précautions doivent être prises pour qu'en cas de rupture du fil de retour *b*, le signal

soit ramené ou soit maintenu dans la position d'arrêt. En effet, le fil *b* venant à casser lorsque le bras se trouve dans la position inclinée, ce fil ne pouvant plus intervenir, la remise à l'arrêt du bras est subordonnée à l'action du poids de ce dernier, action qui ne suffit pas dans la plupart des cas, à vaincre les résistances du fil de traction *a* <sup>(4)</sup>. Ce résultat est obtenu par le balancier à déclat, appliqué aux sémaphores de l'Etat belge et la poulie à coulisse (Hubkurverrolle) en application sur les lignes allemandes.

<sup>(1)</sup> GALINE. Exploitation technique des chemins de fer, pp. 171 et 173.

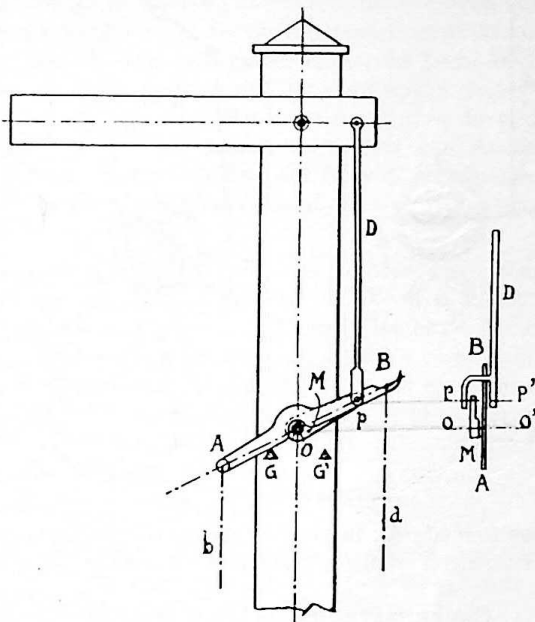
<sup>(2)</sup> GALINE. Exploitation technique des chemins de fer, pp. 224 et 225.

<sup>(3)</sup> MINET. La manœuvre mécanique des palettes sémaphoriques à trois positions aux chemins de fer de l'Etat belge. *Bulletin de l'Association internationale du Congrès des chemins de fer*, février 1923.

<sup>(4)</sup> La rupture du fil de traction (*a*) n'est pas dangereuse si elle survient au moment où le bras est à l'arrêt, la mise au passage du bras par le levier de manœuvre est rendue matériellement impossible ; si la rupture se produit, au contraire, quand le bras est au passage, le fil de retour le ramène à l'arrêt au moment de la remise en position du levier de manœuvre.

**BALANCIER A DÉCLIC** (fig. 189). — Les deux fils de la transmission agissent sur un balancier AB, à cheval sur un pivot O fixé au mât du signal, et attaquant l'aile de celui-ci par une bielle D. L'extrémité de cette bielle a la forme d'une fourche, qui lui permet d'être reliée à la fois au balancier et à une manivelle M, mobile autour du même pivot que ce dernier. Deux butées G et G', limitent la course du balancier. Alors que le fil conduit *b* se fixe au balancier par une ligature prise dans un œillet, le fil conducteur *a* s'y attache par une boucle agrafée à un crochet, qui le termine du côté où il agit sur la bielle de commande.

L'aile marquant le passage, le bris du fil *a* n'empêche pas le fil *b* de la ramener dans la position horizontale (si elle n'est pas déjà retombée par son poids), dès que le levier de manœuvre est replacé dans sa position normale et le bris du fil *b* a pour seule conséquence d'amener le balancier en contact avec la butée et de le faire pivoter autour de l'axe *p* sous l'action de la tension du fil *a*, jusqu'au moment où celui-ci se dégage du crochet auquel il est agrafé, ce qui sera suivi du retour de l'aile à la position d'arrêt, par l'action de son poids. Si une rupture du fil *b* se produisait pendant que le signal est à l'arrêt, une traction sur le fil *a* mettrait un instant l'aile dans la position inclinée, mais ferait sortir la boucle du crochet et l'aile reviendrait à la position horizontale.



Balancier à dé clic de l'Etat belge.

FIG. 189.

**POULIE A COULISSE** (1) (fig. 190). — Comme dans le système précédent, le déplacement de l'aile se fait par l'intermédiaire d'une bielle D et d'un balancier *ab*. Les deux fils de la transmission s'enroulent sur une poulie R, dont le pivot C est tenu par le mât du signal et à la jante de laquelle ils sont fixés par leurs extrémités, en un point *n*. Cette poulie porte une coulisse courbe M, dans laquelle est engagé un doigt *d* faisant partie du balancier *ab*.

L'aile étant dans la position horizontale (fig. 190 a), une rotation de la poulie, provoquée par une traction sur le fil 2, lui fait prendre la position inclinée (fig. 190 b) et l'amène, lorsque le levier de manœuvre est dans la position renversée, à avoir l'inclinaison de 45 degrés (fig. 190 c), qui marque le passage. Une traction sur le fil 1 et un mouvement en sens inverse de la poulie la ramènent ensuite dans la position d'arrêt (fig. 190 a).

Le fil 1 venant à se rompre pendant que l'aile est au passage (fig. 190 c), le fil 2 sous l'action de son poids et du contrepoids du compensateur, fera tourner la poulie jusqu'au moment où il sera entièrement déroulé et la poulie arrêtée dans la position (fig. 190 d), où la coulisse commandera la position à l'arrêt du signal. Si le fil 1 se brisait pendant que l'aile est horizontale (fig. 190 a), la tension du fil 2 agirait comme dans le

(1) *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*, V Theil, VI Band, pp. 790 à 797.

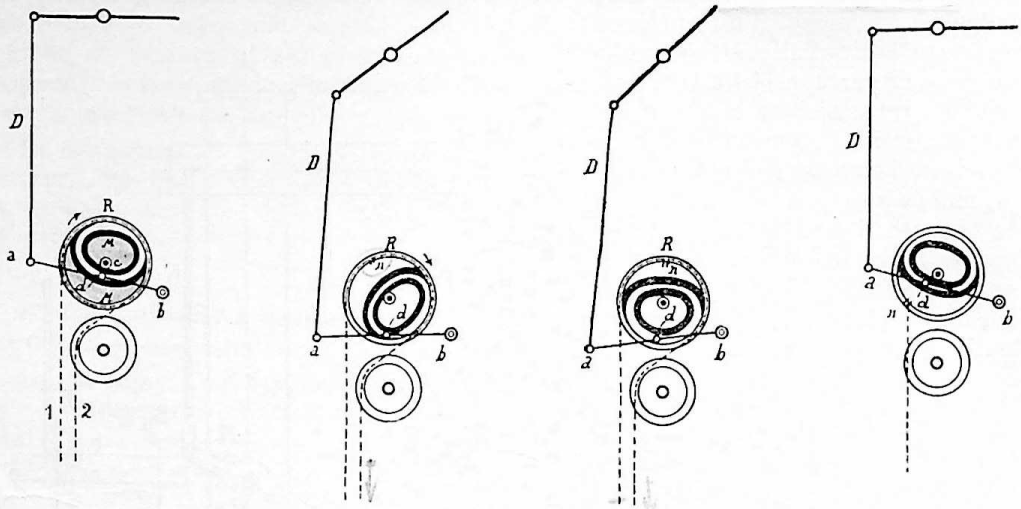


FIG. 190 a.

FIG. 190 b.

FIG. 190 c.

FIG. 190 d.

cas précédent ; la poulie ferait une rotation complète, le bras prendrait successivement la position inclinée des figures *b* et *c* et marquerait définitivement l'arrêt (fig. 190 d).

**COMPENSATEURS.** — Les compensateurs employés avec les transmissions à double fil sont les mêmes que ceux utilisés dans la manœuvre à distance des aiguilles <sup>(1)</sup> (voir chapitre IV, p. 128). Appliqués dans les transmissions des signaux, ils ont pour but, non seulement de maintenir une tension uniforme dans les deux fils de la connexion, mais encore de provoquer la mise à l'arrêt du signal, en cas de rupture de l'un ou l'autre des fils.

**C. Signaux conjugués.** — Sur les chemins de fer prussiens, le signal principal (Hauptsignal) et le signal avancé (Vorsignal) sont manœuvrés à l'aide d'une seule transmission à double fil <sup>(2)</sup>. L'appareil agissant sur le bras du signal principal comporte, dans ce cas, un dispositif ayant pour but d'équilibrer les différences de longueur qui peuvent se produire dans les deux fils, par suite de l'action de la température. Les chemins de fer austro-hongrois et saxons, qui considèrent que cette conjugaison des deux signaux nuit au bon fonctionnement de la manœuvre, ont recours à des transmissions et à des leviers spéciaux, mais enclenchent ces derniers entre eux de manière que le signal avancé ne peut être mis au passage qu'après le signal principal et que ce dernier ne peut être mis à l'arrêt qu'après le premier.

Sur la ligne de Bruxelles à Anvers, la manœuvre des signaux à distance avertisseurs se fait à l'aide d'un moteur électrique, tournant dans les deux sens. Le courant de 120 volts est dirigé dans l'un ou l'autre des inducteurs du moteur par l'intermédiaire d'un commutateur manœuvré par l'aile du signal principal, dont le signal avertisseur répète les indications. La mise à l'arrêt de l'aile du signal avertisseur se fait à la fois par la marche en arrière du moteur et par la rupture du courant d'accouplement de la connexion entre le moteur et l'aile, rupture qui fait retomber celle-ci dans la position horizontale par l'effet de la gravité.

<sup>(1)</sup> MINET. La manœuvre mécanique des palettes sémaphoriques à trois positions. *Bulletin de l'Association internationale du Congrès des chemins de fer*, numéro de février 1923, p. 146.

<sup>(2)</sup> *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*, V Theil, IV Band, p. 797.



**D. Signaux automatiques.** — La remise à l'arrêt automatique est appliquée à des *signaux de départ*, qui sont en même temps des signaux d'origine d'une section de pleine voie à block-system, afin d'empêcher qu'en cas de circulation intense deux trains se suivant de près sortent à la faveur d'un même signal. Ce fonctionnement automatique est provoqué par une pédale sur laquelle agit le premier essieu du train et d'un accouplement électro-magnétique, intercalé dans le dispositif de manœuvre du signal.

En France, quelques compagnies appliquent des pédales mécaniques, la pédale Aubine (1) notamment, qui permet aux trains franchissant un *signal à distance* de remettre ce signal automatiquement à l'arrêt, aussitôt qu'ils l'ont franchi, sans attendre que l'agent chargé de la manœuvre ait accompli le mouvement de levier nécessaire.

**E. Désengageurs (2).** — Les désengageurs permettent à un signaleur de couper la transmission d'un signal manœuvré par un autre signaleur de façon à le mettre et à le maintenir dans la position d'arrêt quelle que soit la position du levier de manœuvre ; on les emploie quand on veut subordonner la position d'un signal à celle d'un ou de plusieurs autres signaux ou de certaines aiguilles. La construction de ces appareils doit être telle que la mise au passage du signal par le signaleur chargé de la manœuvrer ne peut avoir lieu qu'avec l'intervention des autres postes ; par contre chacun de ceux-ci doit pouvoir le mettre à l'arrêt indépendamment des autres.

Il y a des désengageurs mécaniques et des désengageurs électriques.

**a) DÉSENGAGEURS MÉCANIQUES.** — Une disposition simple, lorsque la manœuvre du signal se fait par une transmission à fil unique, consiste à introduire, dans la tringle qui attaque la palette, des contrepoids dont le soulèvement est indispensable pour que cette palette puisse prendre la position inclinée (fig. 191) ; ces contrepoids sont manœuvrés par les différents postes dont l'intervention est nécessaire pour déterminer la mise au passage du signal. On voit que, tous les contrepoids étant soulevés, il suffit de l'abaissement d'un seul pour que la palette reprenne la position horizontale.

Dans ses transmissions à double fil, l'Etat belge fait usage d'un système de *slotage* par bielles à coulisses, représenté par les croquis fig. 192.

La manivelle *ab*, qui attaque la palette par l'intermédiaire de la bielle *bd*, tourne autour de l'axe *a* et porte un pivot *c*, autour duquel peut osciller le balancier *mn*, qui fait partie du slot. La bielle *AB*, terminée par une coulisse, reçoit son mouvement du balancier *PQ*, actionné par le poste de manœuvre du signal et la tringle *nr* se déplace sous l'action du balancier *RS*, actionné par le poste slotteur.

Les différents organes de la transmission et du désengageur se trouvant dans la position représentée par la figure 192 *a*, le poste de manœuvre ne peut pas mettre le signal au passage ; celui-ci est *sloté*. Pour effectuer le dés-slotage, le poste slotteur, agissant sur le balancier *RS* et la tringle *rm*, doit amener le bouton *n* au haut de la coulisse *B* (fig. 192 *b*) ; le poste de manœuvre peut alors donner à la palette la position inclinée.

Quand le slotage par deux ou trois postes doit être réalisé, il suffit de monter deux ou trois désengageurs en cascade.

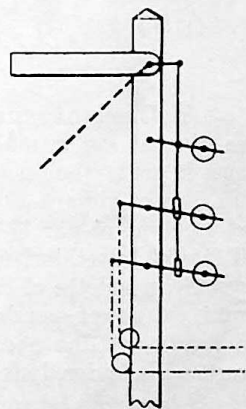
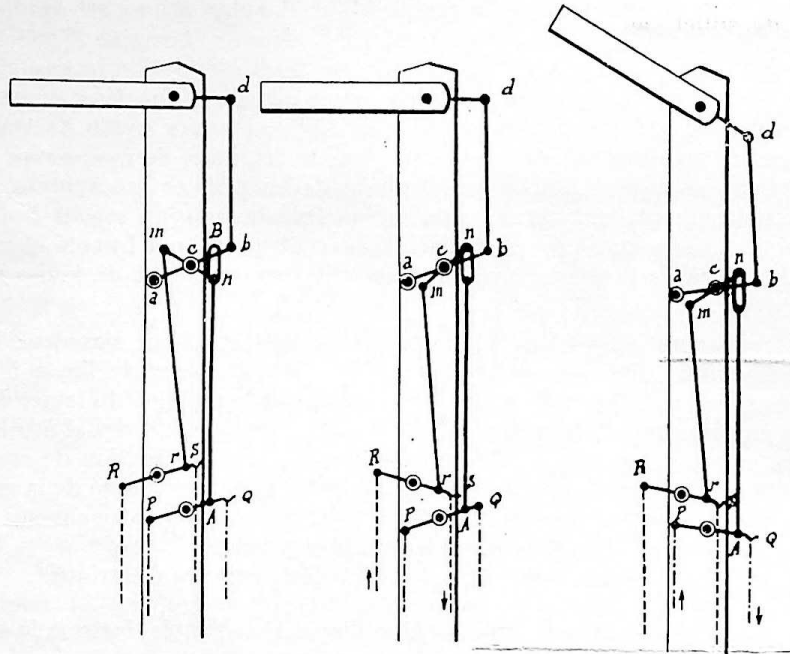


FIG. 191.

(1) GALINE. Exploitation technique des chemins de fer, p. 205.

(2) MINET. La manœuvre mécanique des palettes sémaphoriques à trois positions. *Bulletin de l'Association internationale du Congrès des chemins de fer*, février 1923, p. 174.



Slottage par bielle à coulisse (Etat belge).

FIG. 192 a.

FIG. 192 b.

FIG. 192 c.

b) DÉSENGAGEURS ÉLECTRIQUES. — Les désengageurs électriques de l'Etat belge se placent sur le mât du signal et s'intercalent entre le balancier à déclie sur lequel agit la transmission à double fil et la tringle de manœuvre de la palette. Ils comprennent un électro-aimant dont le circuit passe par un interrupteur établi au poste slotteur et manœuvré par le levier dont dépend le signal. Lorsque l'électro-aimant est excité il établit la solidarité entre l'axe sur lequel agit le balancier à déclie et celui qui commande la palette et celle-ci peut être manœuvrée par le levier du poste local. Si le courant est coupé pendant que la palette est au passage, elle se remet immédiatement à l'arrêt, et une nouvelle mise au passage ne peut plus être obtenue qu'après avoir ramené le levier dans sa position normale.

L'appareil est muni d'un dispositif qui permet de rendre solidaires les deux groupes d'organes, de manière à réaliser une transmission mécanique directe en cas de non fonctionnement de l'accouplement électrique.

## II. — LES SIGNAUX DU MÉCANICIEN.

Les signaux du mécanicien se font à l'aide du sifflet de la locomotive. Selon leur nombre et leur longueur (courts ou allongés), ils ont pour but soit d'annoncer la mise en marche du train, soit de demander le serrage ou le desserrage des freins, soit de signaler une rupture d'attelage, soit d'annoncer le train en certains points de la voie. Aux bifurcations, le mécanicien demande la direction par un nombre de coups de sifflet en rapport avec la route qu'il doit suivre. Il siffle également pour avertir le public pendant que le train longe les quais des stations et avant d'arriver aux passages à niveau.

Beaucoup d'administrations sont préoccupées de réduire le nombre et l'intensité des coups de sifflet, afin d'atténuer le désagrément qu'en éprouvent les voyageurs et les riverains des stations. Sur l'Etat belge, les mécaniciens ne sifflent plus pour la mise en marche des trains de voyageurs et ne sont plus autorisés à siffler que dans des conditions déterminées devant les signaux à distance et les sémaphores de direction.

### III. — LES SIGNAUX DES AGENTS DES TRAINS.

Les agents des trains font des signaux soit par l'intermédiaire du sifflet de la locomotive, soit à l'aide d'un drapeau ou d'une lanterne.

Une corde partant du fourgon permet au chef-garde de mettre en action le sifflet de la locomotive et de demander au mécanicien de redoubler d'attention, de ralentir ou d'arrêter le train. (Par exemple, un coup allongé du sifflet, pour l'attention ; un coup bref suivi d'un coup allongé pour le ralentissement ; plusieurs coups brefs pour l'arrêt). Sur certains réseaux, la corde du chef-garde actionne une cloche ou un timbre monté sur la caisse du tender (1).

Un drapeau blanc ou vert, pendant le jour, et un feu vert, pendant la nuit, présenté par le chef-garde ou un serre-frein du côté où se trouve le machiniste, commande le ralentissement ; un drapeau rouge ou un feu rouge, présenté dans les mêmes conditions, prescrit l'arrêt.

Le chef-garde donne l'ordre de départ au moyen d'un sifflet à main ou d'un cornet.

### IV. — LES SIGNAUX ÉCHANGÉS ENTRE LES AGENTS DE LA VOIE.

Les agents de la route échangent des signaux pour annoncer le départ ou l'arrivée d'un train, pour transmettre une demande de secours, pour d'autres communications.

**A. Annonce des trains.** — Le signal d'annonce précède le train de poste en poste jusqu'à son prochain arrêt. Il se donne au moyen d'un cornet ou au moyen d'un système de cloches.

**CORNET.** — « Le garde-route ou le garde-barrières, dit le règlement de l'Etat belge, placé à la sortie d'une station, donne deux coups de cornet allongés dès qu'un train ou une machine quitte cette station. Ce signal est répété par tous les garde-route et tous les garde-barrières jusqu'à la station qui suit et cela sans que les agents attendent que le train soit en vue ».

**SONNERIES ÉLECTRIQUES.** — A l'Etat belge, des sonneries pour annoncer les trains aux garde-barrières ne sont installées que sur les lignes armées du block-system et aux passages à niveau particulièrement dangereux.

On peut installer des sonneries magnétiques fonctionnant par les courants alternatifs de blocage et de déblocage des appareils de bloc ; mais les annonces ainsi transmises ne parviennent pas toujours en temps opportun et l'introduction des sonneries dans le circuit des appareils de bloc augmente la résistance de la ligne et multiplie les chances de dérangement.

(1) L'Etat belge a supprimé la corde-signal. En cas d'urgence, le chef-garde dispose toujours, aux trains de voyageurs, d'un robinet qui lui permet de bloquer les freins en vidant la conduite générale.



Une solution plus satisfaisante consiste à donner l'annonce de poste à poste au moyen de sonneries magnétiques indépendantes, fonctionnant par magnétos actionnées à la main.

L'Etat belge a aussi essayé avec succès un système consistant à faire donner l'annonce par le train lui-même. Deux rails isolés sont placés à une certaine distance du poste où se trouve la sonnerie. Au passage du premier essieu sur le premier rail, un courant excite un relais qui met la sonnerie en action. Le tintement cesse lorsque le premier essieu passe sur le deuxième rail isolé, ce qui a pour effet de rétablir le relais dans sa situation primitive. Les deux rails isolés doivent laisser entre eux une distance supérieure à la longueur du plus long train (1).

**CLOCHES.** — En Allemagne et en France (2), tant sur les lignes à double qu'à simple voie, l'annonce des trains se fait au moyen de cloches actionnées à l'électricité. Elle a lieu de station en station, mais des postes intermédiaires, qui ne sont en général que des postes récepteurs, sont installés à chaque barrière et à chaque poste de route, de telle sorte que la station qui annonce le train met simultanément en action toutes les cloches jusqu'à la gare suivante.

Chaque appareil est constitué par une colonne en fonte (fig. 193), surmontée d'une cloche de grandes dimensions, sur laquelle un marteau, commandé par un mouvement se trouvant dans la colonne, peut frapper une série déterminée de coups. Le déclenchement à distance du mouvement se fait, soit à l'aide d'un courant d'induction fourni par une machine spéciale (système Siemens et Halske), soit par interruption du courant continu d'une pile (système Leopoldér) ; le réenclenchement, lorsque le nombre réglementaire de coups a été frappé. Le mécanisme est remonté à la main une ou deux fois par jour.

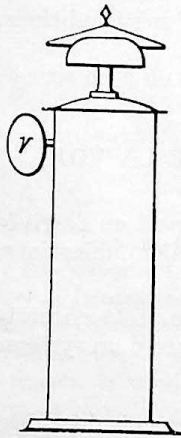


Fig. 193.

Les trains pairs sont différenciés des trains impairs par le nombre de coups de cloche ou par le nombre de séries de coups de cloche, suivant les instructions spéciales de chaque réseau. Dans les gares où aboutissent deux ou trois lignes, on peut faire usage de cloches portant deux ou trois timbres superposés.

Parfois l'appareil est complété par un signal optique, constitué par un voyant V monté sur le côté de la colonne et maintenu normalement dans la position verticale. Ce voyant devient horizontal lorsque se fait le déclenchement du mouvement de commande du marteau ; après le passage du train, le garde-barrières l'enclenche à la main dans la position verticale.

**B. Demandes de secours.** — Le mécanisme des cloches Siemens et Halske comporte un manipulateur pouvant être actionné automatiquement et permettant d'envoyer certaines dépêches de chaque poste aux stations d'about.

(1) YSEBODT. Les sécurités électriques appliquées aux installations de signalisation à manœuvre manuelle. Goemare, Bruxelles.

(2) A l'Etat belge, des sonneries pour annoncer les trains aux gardes-barrières ne sont installées que sur les lignes armées du bloc-system et aux passages à niveau particulièrement dangereux.

## CHAPITRE XXIII

# LA SIGNALISATION <sup>(1)</sup>

D'une manière générale, la signalisation par signaux fixes a pour but de protéger des obstacles et d'indiquer des directions.

Les obstacles, pour lesquels on installe des signaux fixes, sont avant tout des obstacles autorisés et prévus, c'est-à-dire des obstacles inhérents au fonctionnement régulier des trains. Ce sont : *a*) des trains en mouvement ; *b*) des ponts tournants et des traversées à niveau ; *c*) des bifurcations en pleine voie ; *d*) des gares et des stations avec leurs multiples liaisons et bifurcations.

Tous ces obstacles se trouvent réunis sur la plupart des lignes et, en tout cas, il n'en est guère sur lesquelles on n'ait pas à organiser la protection de stations, de bifurcations et de trains en marche.

### I. — PROTECTION DES OBSTACLES.

#### 1<sup>o</sup> Trains en mouvement.

La protection des trains en marche est assurée par des signaux optiques fixes, principalement sur les lignes à double voie, et l'organisation est telle que la ligne est subdivisée en sections sur chacune desquelles il ne peut — du moins dans le plus grand nombre des applications — se trouver qu'un train à la fois. Ce résultat est obtenu par le placement d'un signal d'arrêt absolu à l'entrée de chaque section (fig. 194), signal

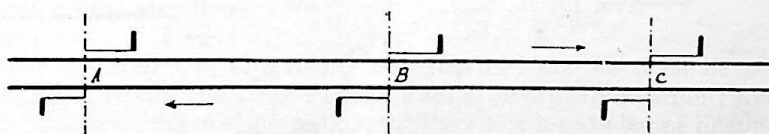


FIG. 194.

qui est maintenu à l'arrêt tant que la section est occupée par un train. Cette organisation constitue le *block-system*, dont le fonctionnement sera décrit plus loin. Dans les signalisations perfectionnées, chaque signal d'arrêt absolu commandant l'entrée d'une section de bloc est précédé d'un signal à distance *avertisseur* (fig. 195).

Sur le réseau de l'Etat belge, le signal avertisseur est placé à 800 mètres du signal d'arrêt absolu et il s'en distingue en ce qu'il est terminé par une flèche et peint en jaune ; la nuit, il donne le feu jaune-orange lorsque le bras du signal principal marque l'arrêt et donne le feu rouge.

(1) SAUVAGE : Le système anglais des signaux de chemins de fer.  
Leonard P. LEWIS : Railway signal engineering.

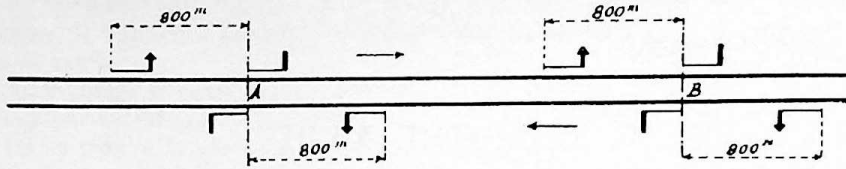


FIG. 195.

Dans le cas où les deux sémaphores d'arrêt absolu A et B de deux sections qui se suivent sont distants de moins de 1000 mètres et de plus de 800 mètres, la signalisation est établie comme suit :

1° en Angleterre, selon la figure 196, le bras avertisseur *b* du sémaphore d'aval B

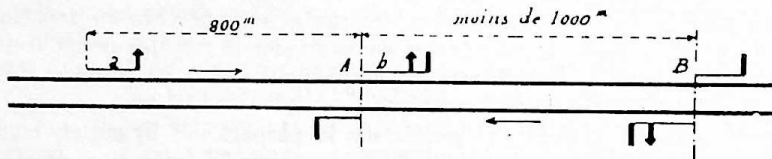


FIG. 196.

est placé sur le mât du sémaphore d'amont A et il est de règle que le bras avertisseur soit placé au-dessous du bras d'arrêt absolu. Cette règle est stricte, les feux de la position d'arrêt étant les mêmes (rouges) pour les bras d'arrêt absolu que pour les bras avertisseurs et seule leur position relative permettant de les différencier.

2° en Belgique, selon la figure 196 bis, la palette A peut prendre trois positions :

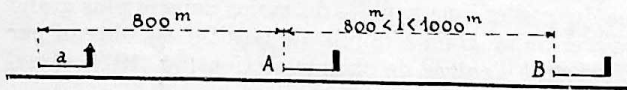


FIG. 196 bis.

horizontale, elle commande l'arrêt ; inclinée à 45°, elle permet le passage, mais commande la prudence et avertit que le signal B est à l'arrêt ; verticale, elle permet le passage à la vitesse normale et avertit que le signal B est aussi au passage. Quant à la palette *a*, elle peut prendre deux positions ; horizontale, quand A est à l'arrêt ; verticale, quand A est au passage, c'est-à-dire quand sa palette est soit verticale, soit inclinée à 45°.

Lorsque la distance entre A et B est inférieure à 800 mètres, on utilise en Angleterre le signal *a* comme avertisseur de A et B ; avertisseur de B, il porte alors le nom de « outer distant » (signal à distance extérieur), tandis que *b* fonctionnant comme avertisseur de B prend le nom de « inner distant » (signal à distance intérieur). En Belgique, les signaux sont les mêmes que ceux de la figure 196 bis, mais la palette avertisseur *a* peut prendre trois positions : horizontale, elle indique que A est à l'arrêt ; inclinée à 45°, elle recommande au machiniste de rouler avec prudence, le signal A étant, il est vrai, au passage, mais le signal B, distant de A de moins de 800 mètres, étant à l'arrêt ; verticale, elle tolère le passage à vitesse normale, A et B étant au passage.

L'application de bras avertisseurs réalise le double avantage d'augmenter la sécurité, le signal d'arrêt absolu étant moins exposé à être dépassé, et de permettre une plus grande vitesse pour les trains, la position du signal principal étant annoncée sur une plus longue distance au mécanicien. Ce second avantage est plus important que le premier.



2° Ponts tournants. — Passages à niveau. — Haltes.

Pour la protection de ces obstacles, il est toujours fait usage de deux signaux : un signal d'arrêt absolu (*home* en anglais) placé à quelques mètres (50 à 100 m.) en amont de l'obstacle et un signal avancé (*distant* en anglais), placé à une certaine distance (de 800 à 1200 mètres) en avant du signal d'arrêt absolu.

Les deux signaux sont nécessaires. Un seul signal *d'arrêt* donnerait lieu aux inconvénients suivants :

Placé en A, à proximité du point dangereux (fig. 197), il ne couvrirait pas suffisamment celui-ci ; un accident pourrait se produire chaque fois que le signal serait

(Ancienne signalisation de l'Etat Belge)

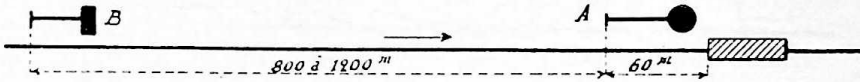


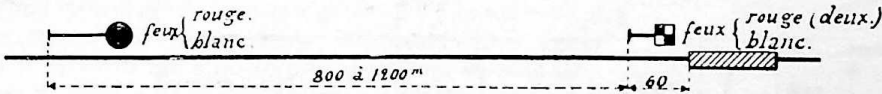
FIG. 197.

franchi soit parce que, à cause de l'état de l'atmosphère, il n'aurait pas été nettement perceptible, soit parce que le mécanicien aurait manqué d'attention. Placé en B, à une distance suffisante de l'obstacle pour assurer la sécurité même en cas de dépassement, il causerait des retards aux trains en les arrêtant trop loin du point dangereux.

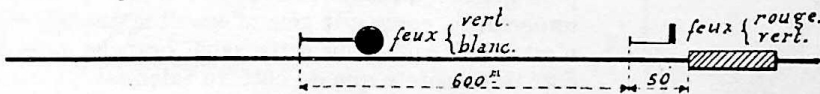
Le signal avancé B peut être un signal d'arrêt ou un signal franchissable. Le premier cas se rencontre sur les lignes qui ne sont pas armées du block-system. Le signal A étant à l'arrêt, le signal B est maintenu fermé jusqu'à ce que le train arrivant ait marqué l'arrêt devant lui. Le signal B est ensuite effacé et le train s'avance jusqu'au signal A, mais pendant que le train se déplace, B est remis à l'arrêt, afin de le couvrir.

Lorsque le signal avancé est un signal franchissable, il a la forme soit d'un disque, soit d'un sémaphore et se place, ainsi que le montrent les croquis fig. 198, à une distance de 600 à 1200 mètres du signal d'arrêt absolu.

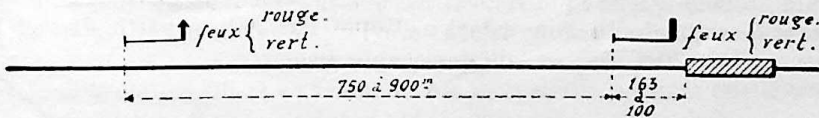
a) Compagnies françaises.



b) Etat prussien.



c) Compagnies anglaises.



d) Etat belge.

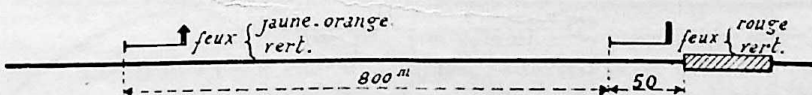


FIG. 198.

3<sup>o</sup> Bifurcations.

Il convient de distinguer les branchements convergents A et B et le tronc commun C (fig. 199).

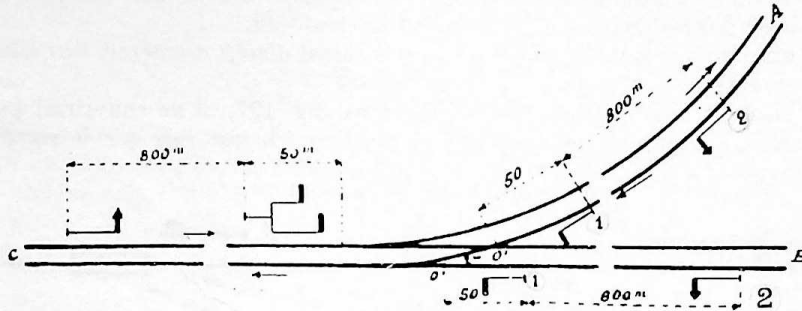


FIG. 199.

**Branchements convergents.** — On place, sur chaque branchement, à 50 mètres au moins (distance adoptée dans la nouvelle signalisation belge) du point (O ou O') que la locomotive ne peut pas atteindre sans danger quand le signal n'est pas libre, un signal d'arrêt absolu 1 (disque ou sémaphore) et, à une distance de 800 à 1200 mètres en amont de celui-ci, un signal avancé 2.

**Tronc commun.** — La signalisation du côté du tronc commun comporte un sémaphore de direction, placé à 50 mètres au moins de l'aiguillage, et un signal avancé, planté de 800 à 1200 mètres en amont.

Le sémaphore de direction est constitué soit par un mât unique portant autant de bras que la bifurcation comporte de directions, soit par des bras étalés, portés chacun par un mâtereau, tous les mâtereaux installés sur un support unique. De ces deux systèmes, c'est le second (fig. 200 et 201) qui doit être préféré : il évite mieux que le premier une confusion des bras et il permet d'affecter, sans complication, un signal spécial, facilement reconnaissable de nuit et de jour, à celle des voies de la bifurcation qui est la voie directe. Il suffit, en effet, de donner au mâtereau correspondant à cette voie une hauteur plus grande qu'aux autres. Or, cette distinction est importante, parce que généralement le passage en vitesse n'est admis que pour cette seule branche aussi bien du côté de la pointe que du côté du talon.

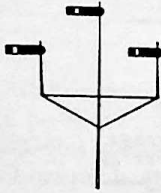


FIG. 200.

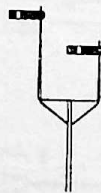


FIG. 201.

La nécessité du signal avancé se justifie par les mêmes considérations que lorsqu'il s'agit d'un pont tournant ou d'un obstacle quelconque. Sur les lignes non armées du block-system, ce signal est un signal d'arrêt absolu (un signal à disque, fig. 202), à partir duquel le train

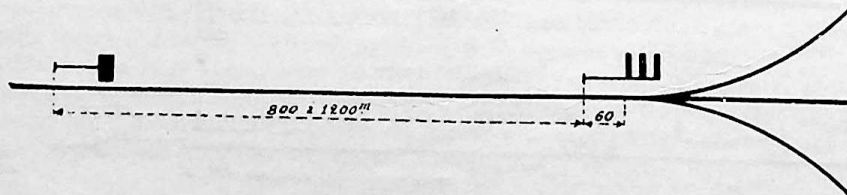


FIG. 202.

ralentit pour aborder le sémaphore si celui-ci ne donne pas la direction demandée et qui couvre le train, si ce dernier est arrêté devant le sémaphore.

Sur les lignes ayant le block-system, le signal avancé est; en Angleterre (fig. 203),

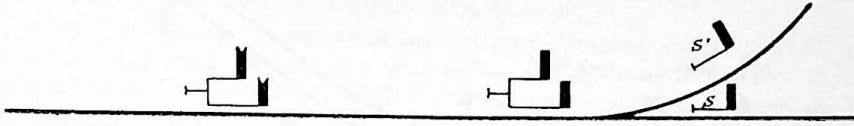


FIG. 203.

un chandelier, dont les mâtereaux sont absolument les mêmes, en nombre et en hauteur, que ceux du signal principal (*home*), avec cette différence que les ailes sont découpées en queue de poisson, pour montrer qu'elles peuvent être franchies à l'arrêt.

— Dans la nouvelle signalisation des chemins de fer belges, les signaux sont disposés comme l'indique la figure 199. La palette du signal avertisseur peut prendre trois positions : horizontale, pour prévenir le mécanicien de ce que le signal de la bifurcation est à l'arrêt ; inclinée à 45 degrés, pour lui dire de ralentir, parce que la palette de la bifurcation qui est au passage se rapporte à une voie déviée sur laquelle il doit ralentir ; verticale, pour lui dire qu'il peut passer à la vitesse normale, la palette au passage du signal de bifurcation se rapportant à la voie non déviée.

— Dans la signalisation anglaise, on place parfois au-delà du point de bifurcation et sur chaque ligne du branchement, un *starting signal* S et S' (fig. 203), qui a pour but dans le cas où la section que le train doit suivre n'est pas encore libre, de lui permettre d'avancer cependant jusqu'à l'entrée de cette section et de dégager le tronc commun. De même, on profite du block-system pour donner aux bifurcations un supplément de sécurité. C'est ainsi que lorsqu'un train est engagé sur l'une des deux sections convergentes, sur la section DB (fig. 204) par exemple, on ne laisse pas pénétrer un train

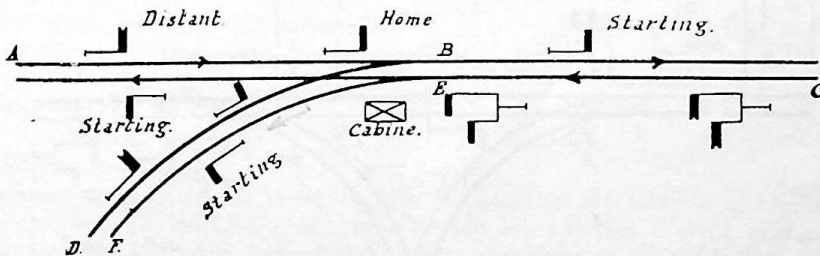


FIG. 204.

sur l'autre section AB sans précautions particulières : le second train doit être arrêté à l'origine de la section, recevoir un avis spécial et être prêt à s'arrêter au distant signal de la bifurcation. C'est ainsi encore que l'on ne peut laisser s'engager à la fois un train dans la section CE et un train dans la section DB, à moins que le train venant de C ne se dirige vers F.

— En France, la signalisation des bifurcations est plus compliquée ainsi que le montre la disposition fig. 205 des signaux appliqués par la Compagnie du Nord.

Abordant la signalisation par le tronc commun, le mécanicien rencontre successivement : le poteau « Bifur » où il demande sa direction, le disque à distance qu'il trouve ouvert et qui est refermé derrière le train, l'indicateur à damier blanc et vert



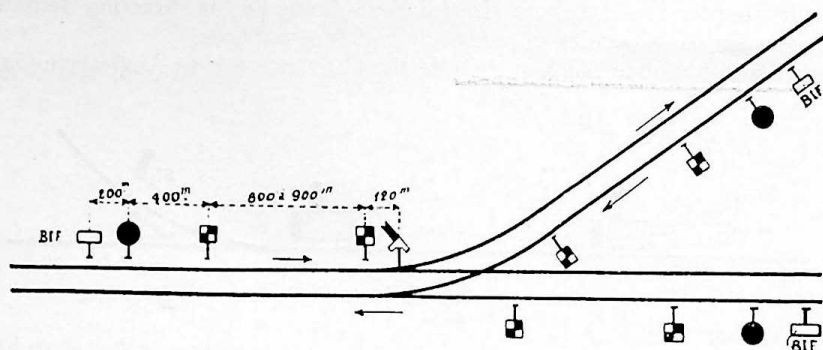


FIG. 205. — Signaux de bifurcation (Compagnie du Nord)

où il réduit sa vitesse s'il le trouve à l'arrêt, le signal carré d'arrêt absolu, enclenché avec les aiguilles, enfin l'indicateur de direction qui lui indique s'il est bien dirigé sur la voie qu'il doit suivre pour se rendre à destination. Le signal avertisseur, qui est le damier blanc et vert, ne lui dit donc pas, à distance, si le signaleur a disposé les aiguilles pour la voie qu'il doit suivre, ce qui rend le système inférieur à celui qui est appliqué en Angleterre et en Belgique.

Il peut arriver que plusieurs bifurcations soient tellement rapprochées que l'on ne puisse pas placer convenablement entre elles les signaux à distance. Dans ce cas, avec une signalisation à palettes à deux positions seulement, on reporte les bras avertisseurs sur les mâts des sémaphores d'arrêt d'amont, en observant la règle énoncée à l'occasion des signaux de bloc, c'est-à-dire en plaçant toujours la palette avertisseur en-dessous de la palette d'arrêt.

Le dessin fig. 206 représente une signalisation de l'espèce. On voit que la palette

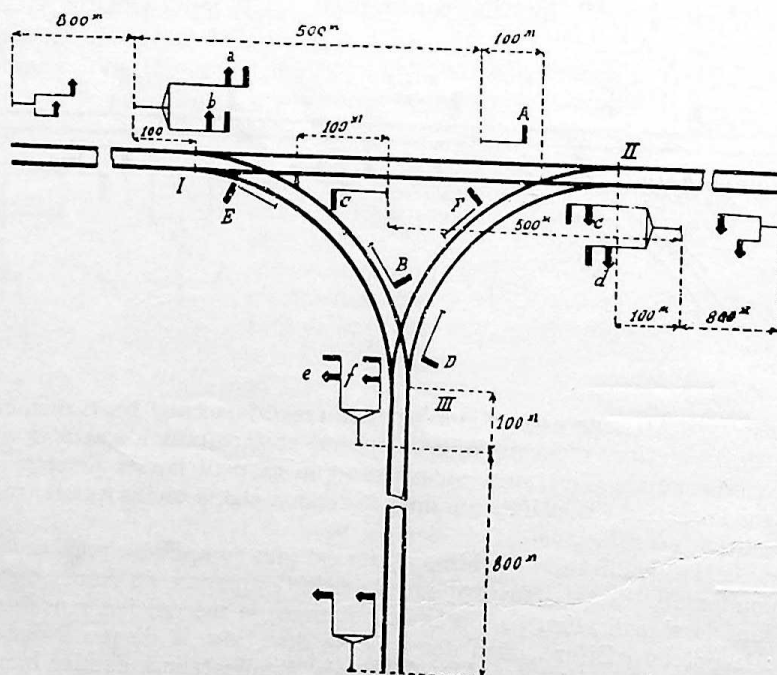


FIG. 206.

avertisseur *a* montée sur le sémaphore de direction de la bifurcation I est le signal à distance de la palette d'arrêt absolu A et que la palette avertisseur *b* montée sur le même sémaphore est le signal à distance de B. De même *c* et *d*, montés sur le sémaphore de la bifurcation II sont les avertisseurs de C et D et *e* et *f*, montés sur le sémaphore de la bifurcation III sont les avertisseurs de E et de F.

Lorsque dans ce cas, la signalisation comporte comme signal avancé, non une palette avertisseur, mais un signal à disque, on utilise comme signal à distance de chacun des signaux A, B, C, D, E, F, la palette correspondante du signal de direction (fig. 207).

Ainsi les palettes *a* et *b* servent à la fois comme palettes de direction de la bifurcation I et comme signal avancé l'une *a* du signal A, l'autre *b* du signal B. Chacune de ces palettes intéresse par conséquent deux postes de signaleurs, la palette *b*, par exemple, le poste I et le poste III. La sécurité exige que dans ce cas l'on fasse usage de désengageurs, de telle sorte que la palette *b* ne puisse être mise au passage par le poste I qu'avec l'intervention du poste III. On dit que la palette *b* est *stollée* par le poste III, et on l'indique sur le plan par un rectangle blanc incliné, placé sous la palette.

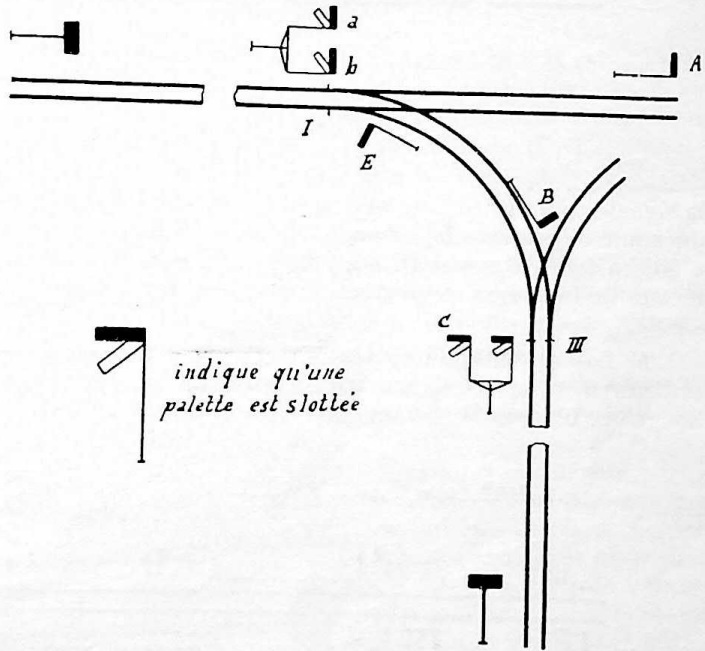


FIG. 207.

L'application du principe des signaux à trois positions permet de supprimer, dans le cas de la figure 206, les palettes répétitrices *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, la fonction qui leur est dévolue étant remplie par les palettes d'arrêt portées par le même matereau (voir page 144). Les signaux avertisseurs placés à 800 mètres en amont n'ont aussi qu'une palette à trois positions.

#### 4° Gares et Stations.

Nous montrerons comment on établit (en Angleterre et en Belgique) : *a*) la signalisation d'une gare ordinaire, en considérant le cas où elle permet et celui où elle ne permet pas le garage d'un train ; *b*) la signalisation d'une grande gare de voyageurs, en envisageant le cas d'une gare de passage et celui d'une gare en impasse (1).

(1) VERDEYEN : La nouvelle signalisation des chemins de fer de l'Etat belge. (Bulletin de l'Association internationale du Congrès des chemins de fer, décembre 1922.)

## A) GARE ORDINAIRE NE SERVANT PAS AU GARAGE DES TRAINS

a) Lorsque la ligne n'est pas munie du block-system par signaux, on place du côté de chacune des entrées de la gare un signal d'arrêt absolu et un signal répéteur. Dans l'exemple fig. 208, T étant le train le plus long devant être reçu dans la gare,

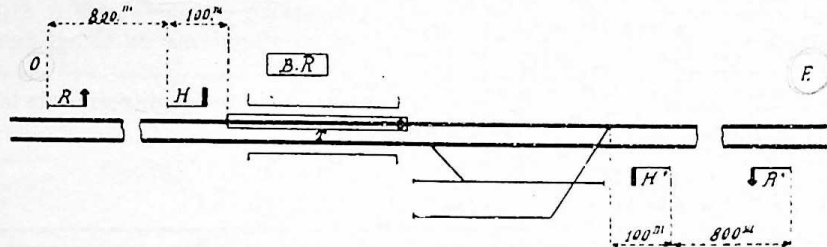


FIG. 208.

la signalisation du côté ouest comporte un signal d'arrêt absolu H, placé à 100 mètres du point où s'arrête le véhicule de queue du train et un signal répéteur R, planté à 800 mètres du signal H. Du côté est, on installe un signal d'arrêt absolu H' à 100 mètres de la liaison extrême et on le répète par le répèteur R'.

b) Lorsque la ligne est munie du block-system par signaux et que, ainsi que c'est ordinairement le cas, la gare est un poste de bloc, la signalisation comporte au moins 3 signaux le long de chacune des voies principales (fig. 209) : a) un signal de bloc S

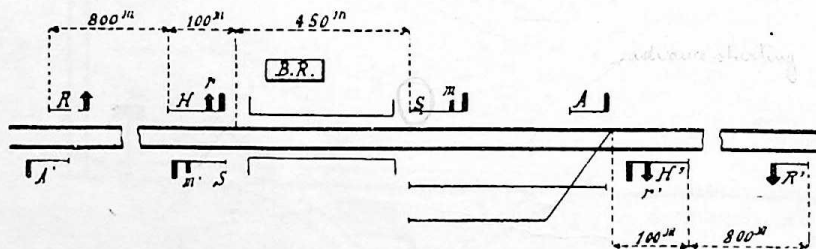


FIG. 209.

(*starting signal*), ouvrant ou fermant la section dans laquelle les trains s'engagent en quittant la station ; b) un signal d'arrêt absolu H (*home signal*), correspondant au signal H du cas précédent ; c) un signal répéteur R, (*distant signal*), placé à 800 mètres du signal H. Les signaux de bloc S et S', qui commandent le départ des trains s'arrêtant dans la station, se placent à l'extrémité des quais. Bien que les trains qui n'ont pas encore franchi la gare (qui, par suite, n'ont pas encore dépassé le signal S ou le signal S') soient couverts par les signaux de bloc des postes en amont, les signaux d'arrêt H et H' sont nécessaires pour couvrir les manœuvres qui pourraient devoir être exécutées sur les voies principales ; ils se placent à 100 mètres des points dangereux extrêmes. Le signal R répète à la fois le signal principal H et le signal de bloc S, étant donné que la distance entre H et S est de moins de 800 mètres. Le signal S est répété en outre par un bras *r* placé sur H ; le machiniste qui aurait pris la marche à vue à partir de l'avertisseur R à l'arrêt, continuera la marche à vue, si l'avertisseur *r* est lui-même à l'arrêt.



Dans le nouveau système de signalisation de l'Etat belge, la palette *r* (fig. 209 bis) qui sert d'avertisseur pour le bloc, se combinera avec la palette d'arrêt du sémaphore H pour constituer une palette à trois positions : inclinée à 45 degrés, cette palette permet le passage, mais indique que le signal de bloc est à l'arrêt ; verticale elle annonce que le bloc aussi est ouvert. Quant à l'avertisseur R il sera aussi à trois positions : horizontal, il indiquera que H est à l'arrêt ; incliné à 45° il indiquera que H est au passage et le bloc à l'arrêt ; vertical, il indiquera que les deux signaux suivants sont ouverts. La même disposition s'applique à l'autre côté de la gare ; mais si la distance entre le signal d'entrée H' et le signal de bloc S' est suffisante, la palette R' n'aura que deux positions : horizontale et verticale, le bloc S' n'étant répété que par le signal H'.

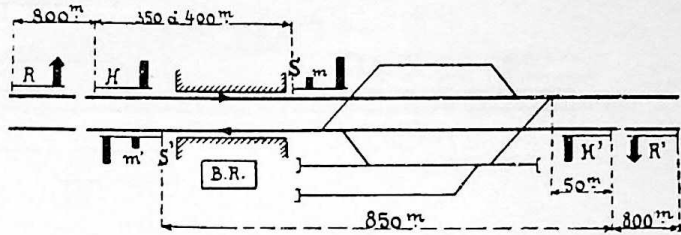


FIG. 209 bis.

Souvent, dans les stations de quelque importance, les Compagnies anglaises ajoutent au-delà du starting un quatrième signal A (fig. 209), appelé *advance starting*. Ce dernier permet de faire avancer un train dans l'intervalle compris entre lui et le *starting*, alors que la section de bloc dans laquelle le train doit entrer n'est pas encore libre ; on peut ainsi dégager immédiatement la station et la section qui s'y termine.

Généralement chaque signal de bloc S et S' est muni d'une palette de manœuvre *m* et *m'* qui, lorsqu'une manœuvre est à effectuer, permet de dépasser la palette du bloc, alors même qu'elle est à l'arrêt.

Avec le système qui vient d'être décrit, le signal de bloc S est répété par un signal avertisseur R, qui est distant de plus de 800 mètres. Cette distance peut devenir trop grande sur les lignes très chargées. En effet, sur des lignes de l'espèce, il arriverait souvent que le signal de bloc serait encore fermé au moment où le signal avertisseur serait déjà en vue et ne serait mis au passage qu'après que le train a franchi ce signal. Il en résulterait un ralentissement inutile, préjudiciable surtout à la marche des express. On remédie à cet inconvénient en reculant le home assez pour obtenir la distance de 800 mètres entre ce signal et le bloc, de sorte que celui-ci n'est plus répété que par l'aile *r*, placée sur le home (fig. 210) ou la palette unique, mais à trois positions, du home (fig. 209 bis).

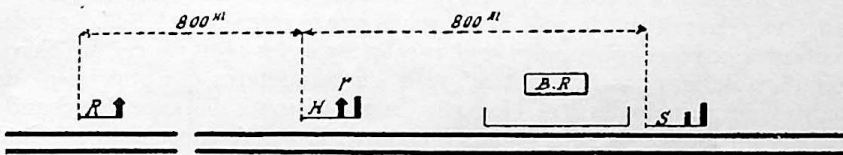


FIG. 210.

B) GARE ORDINAIRE SERVANT AU GARAGE DES TRAINS

a) Lorsque le garage se fait par rebroussement, la signalisation ne diffère pas de celle qui vient d'être décrite. La manœuvre de rebroussement est commandée alors

par les petites ailes de manœuvre  $m$  et  $m'$  (fig. 211) qu'on appelle ailes de garage. Le

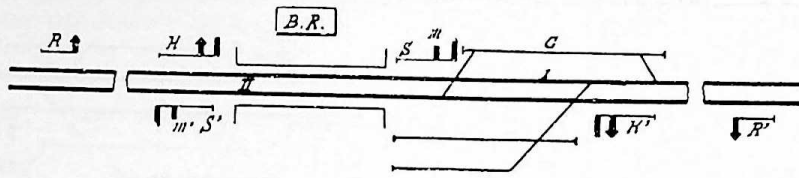


FIG. 211.

départ d'un train de la voie de garage G a lieu sur l'ordre du chef de station et après la mise au passage du signal S, si le départ se fait par la voie I et du signal S', s'il a lieu par la voie II. L'application de palettes à trois directions apporte la simplification que met en évidence la fig 209 bis.

b) Lorsque le garage se fait directement, celui-ci est commandé, non par un petit bras de garage, mais par un bras muni d'un anneau que l'on place soit sur le *home*, soit sur le *starting*, selon l'emplacement de la voie de garage. L'accès de la voie de garage est donc commandé comme s'il s'agissait d'une bifurcation et le machiniste connaît à temps l'itinéraire qui lui est tracé.

Dans l'exemple fig. 212, la voie de garage se trouvant en amont des quais pour

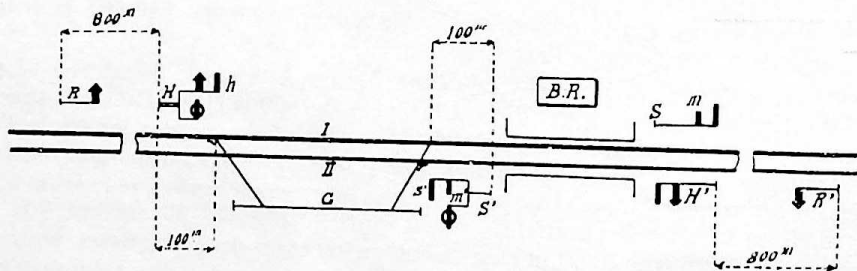


FIG. 212.

les trains arrivant par la voie I, le bras donnant accès, par cette voie, à la voie de garage est porté par le signal d'arrêt H, tandis que le bras donnant accès à la voie de garage pour les trains arrivant par la voie II est porté par le signal de bloc S'. Les ailes  $h$  et  $s'$  se rapportant aux voies principales sont surélevées et les semaphores de bloc portent de petites ailes de manœuvres  $m$  et  $m'$  pour les manœuvres qui pourraient devoir se faire sur les voies principales I et II. Enfin, la répétition à distance des chandeliers H et S' est faite au moyen de semaphores à un bras R et R', parce qu'il est de règle de ne pas répéter les ailes munies d'un anneau.

Lorsque les garages sont très fréquents, on commande la sortie de la voie de garage par un signal à disque D et D' (fig. 213), mis en rapport avec le signal de bloc dans des conditions telles que sa mise au passage ne peut avoir lieu que lorsque la section est libre. Dans les mêmes circonstances, il convient d'indiquer de loin aux mécaniciens que les appareils sont mis pour les recevoir sur la voie de garage. A cet effet, l'accès de cette voie est commandé par une aile ordinaire  $g$ , comme s'il s'agissait d'une bifurcation.

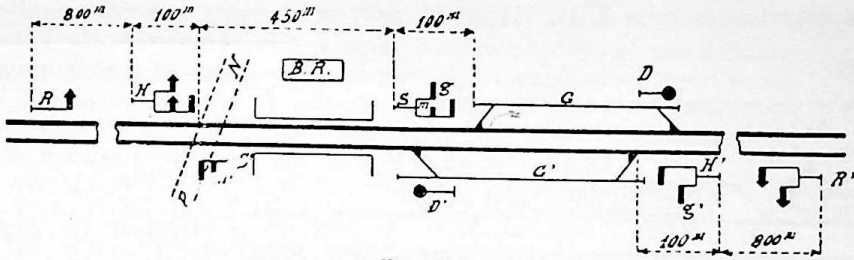


FIG. 213.

La figure 213 bis donne la disposition des signaux dans une gare permettant le garage direct dans les deux sens de marche, sur des voies différentes, lorsqu'il est fait usage de signaux à palettes à trois directions.

Comme on le voit, le home H, qui est précédé à 800 mètres d'un signal avertisseur R, porte une palette d'arrêt absolu *h* et une palette avertisseur *a*. Le chandelier S porte la palette *s* pour la voie directe (palette du bloc) et la palette à couronne *g* pour la voie de garage.

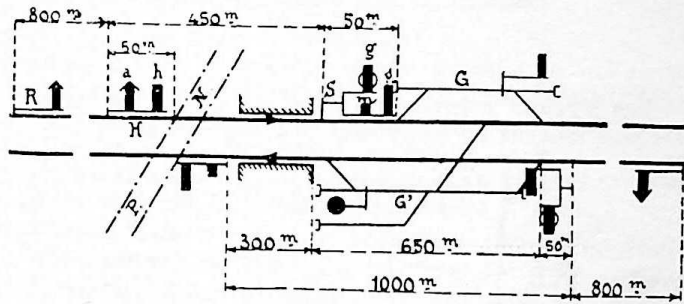


FIG. 213 bis.

La palette du signal avertisseur R peut prendre trois positions :

- a) Horizontale, lorsque la palette *h* du home H est à l'arrêt.
- b) Inclinée à 45°, lorsque la palette *h* du home H est à 45° (passage), ce qui indique que les palettes de S sont à l'arrêt.
- c) Verticale, lorsque la palette *h* de H et la palette *s* de S sont verticales.

Les palettes du sémaphore H peuvent prendre les positions suivantes :

- a) Les deux palettes horizontales Arrêt absolu.
- b) La palette *h* inclinée à 45° et la palette avertisseur *a* horizontale Passage, mais arrêt devant le chandelier S, dont les deux palettes sont à l'arrêt.
- c) La palette *h* verticale et la palette avertisseur *a* inclinée à 45° Passage avec attention, la palette *g* étant ouverte pour la voie de garage.
- d) Les deux palettes de H verticales Passage à vitesse normale, la palette *s* étant au passage (verticale) pour la voie directe.

c) Lorsqu'il s'agit d'une gare de passage à voyageurs, dans laquelle la voie principale se dédouble dans chaque sens de façon à obtenir quatre voies de circulation desservies par deux quais, la signalisation est établie de la manière suivante (fig. 214) :

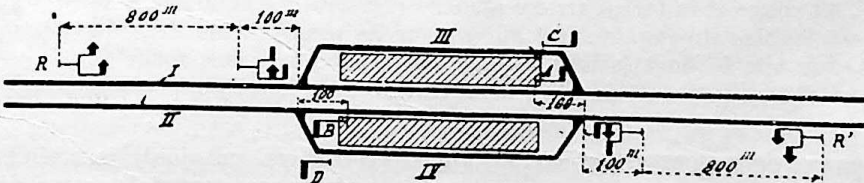


FIG. 214.



Les départs des voies I, II, III, et IV sont commandés respectivement par les signaux A, B, C et D.

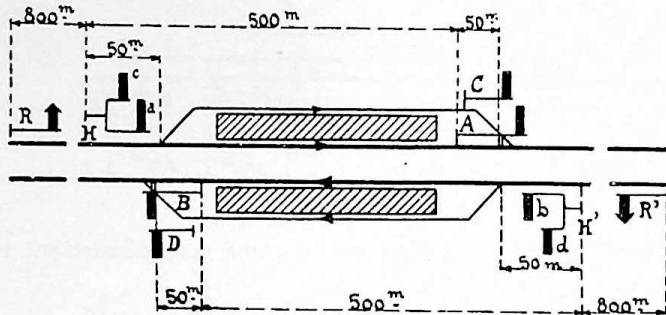


FIG. 214 bis.

Les signaux A et B, qui s'adressent également aux trains à grande vitesse ne s'arrêtant pas dans la gare, sont établis à 100 m. des points dangereux, constitués par les branchements des voies dédoublées et sont répétés deux fois.

Dans la nouvelle signalisation de l'Etat belge les signaux sont disposés comme l'indique la figure 214 bis.

Les signaux avertisseurs R et R' n'ont plus qu'une palette (pouvant prendre trois positions) et les palettes a et b des signaux H et H' sont aussi à trois positions.

Position de l'avertisseur R	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Horizontale</li> <li>b) Inclinée à 45°</li> <li>c) Verticale</li> </ul>	Passage. Arrêt devant le signal H.
		Passage avec attention, ralentissement à H, soit parce que la palette c de la voie déviée est au passage, soit parce que A est à l'arrêt.
		Passage à vitesse normale, A étant au passage.
Positions de la palette a de H	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Horizontale</li> <li>b) Inclinée à 45°</li> <li>c) Verticale</li> </ul>	Arrêt absolu (si c est aussi à l'arrêt).
		Passage avec prudence, le signal A étant à l'arrêt.
		Passage à vitesse normale, le signal A étant aussi au passage.

c) GRANDES GARES

Dans les grandes gares, la complication des mouvements demande qu'indépendamment des signaux ordinaires (signaux de départ et de passage, signaux avertisseurs), on fasse usage de signaux spécialisés, qui ont pour effet autant de faciliter la bonne exécution et la rapidité de la manœuvre des trains que d'augmenter la sécurité. Les signaux spéciaux en usage dans les grandes gares belges sont les suivants :

1) **Signaux de manœuvres.** — Pour commander des manœuvres devant se faire sur une voie parcourue par les trains, on ajoute au mât sémaphorique, en dessous de l'aile ordinaire, une aile de dimensions réduites, dont la face d'avant est rouge et la face d'arrière blanche (fig. 215). Généralement ce signal est double ; il comporte une aile a pour les mouvements dans un sens et une aile b (dont la face blanche correspond à la face rouge de l'aile a et réciproquement) pour les mouvements dans le sens opposé.

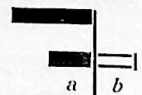


FIG. 215.

2) **Signaux de manœuvre limitée.** — Dans certains cas, on ajoute aux sémaphores de départ des voies à quai une seconde aile de sémaphore, ayant la forme de deux

triangles accolés par la pointe (fig. 216). Ce signal sert à commander des mouvements limités et est employé quand le train manœuvré doit ne pas dépasser un point déterminé, marqué par un voyant rectangulaire à fleur de sol, placé dans la voie avant la mise au passage du signal de manœuvre. Ici encore le signal est double : une aile *c* pour le mouvement dans un sens et une aile *d* pour le mouvement dans le sens opposé.



FIG. 216.



**Signaux à numéros.** — Les sémaphores à numéros (voir page 132) reçoivent une très grande application dans les grandes gares. Lorsque le sémaphore comporte une aile de manœuvre (fig. 217), les numéros peuvent apparaître également quand cette aile est mise au passage, pour désigner la voie sur laquelle la manœuvre est autorisée.

Fig. 217. Les signaux répéteurs n'ont évidemment pas de numéros.

**Signaux de fin d'itinéraire.** (fig. 218). — Ces signaux marquent la fin de l'itinéraire parcouru dans la gare soit par un train arrivant, soit par un train partant. Ils sont employés quand l'itinéraire est long (plus de 300 mètres) et répètent à l'arrivée le signal d'entrée et à la sortie le signal de départ. Les ailes de fin d'itinéraire à l'arrivée sont placées sur des sémaphores installés sur les différents quais et désignent au personnel de surveillance de la gare la voie à quai sur laquelle le train sera reçu. Une aile ne peut être mise au passage que lorsque l'itinéraire que le train arrivant doit parcourir est assuré et ce n'est que lorsqu'elle est mise au passage qu'il peut en être de même du signal d'entrée de la gare. Le signal de fin d'itinéraire reste au passage jusqu'à ce que l'itinéraire soit parcouru et il se remet automatiquement à l'arrêt quand un dérangement survient à ce dernier. De cette manière il donne de l'assurance au mécanicien tant que l'aile est au passage et il lui dit de prendre des mesures pour arrêter quand un dérangement de l'itinéraire la met brusquement à l'arrêt.

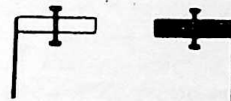


FIG. 218.

Les ailes de fin d'itinéraire des trains partants fonctionnent dans les mêmes conditions que celles des trains arrivants ; elles sont placées sur des sémaphores installés à la sortie de la gare. Les plans de signalisation les représentent par des rectangles noirs à gauche des mâts, alors que les ailes d'arrivée sont figurées par des rectangles blancs, à droite des mâts.

**a) GARE DE PASSAGE.** — Considérons une gare comportant 7 voies de réception des trains et 4 quais (fig. 219). Les trains arrivant de l'ouest entrent par la voie 1 et la transversale *ab* les amène sur les voies 3, 4, 5, 6, 7. La transversale *cd* fait le même office pour les trains venant de l'est et amenés par la voie 2.

**Affectation des voies.** — Les voies 1 et 2 sont à circulation spécialisée. Elles ne reçoivent : la voie 1 que les trains venant de l'ouest, la voie 2 que les trains venant de l'est. Les autres voies sont à circulation banale ; elles reçoivent aussi bien des trains arrivant de l'ouest que des trains arrivant de l'est. Les voies 1 et 2 servent au passage des trains n'arrêtant pas dans la gare.

Nous admettons que normalement les trains reçus sur les voies 1 et 2 n'exécutent aucune manœuvre et que les manœuvres des trains reçus sur les voies 3, 4, 5, 6 et 7 se font du côté ouest sur la voie de départ, et du côté est sur la voie en impasse 8.

**Signalisation.** — Du côté ouest, la signalisation sera établie comme suit :

1° A 100 mètres du branchement *a*, un sémaphore  $S_1$  à deux ailes : celle de gauche surélevée, donne la voie directe 1 ; celle de droite, conjuguée avec les numéros 3, 4,

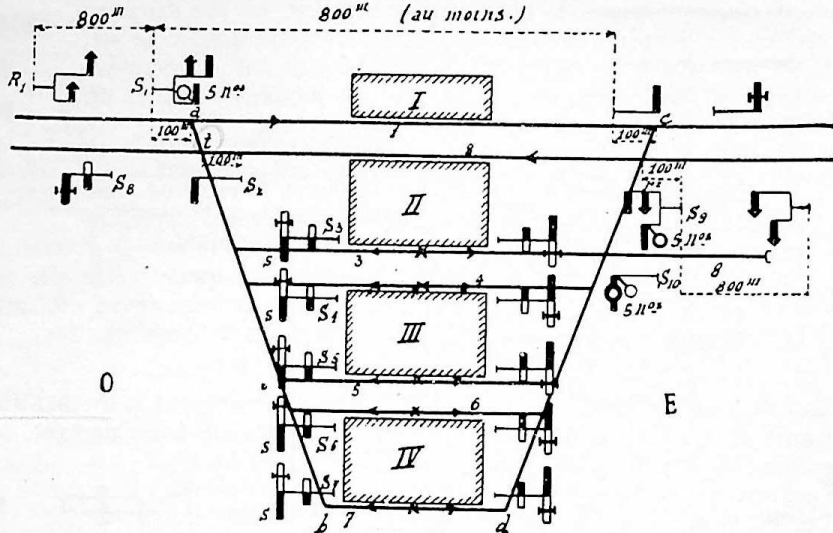


FIG. 219.

5, 6, 7, donne le passage vers l'une des 5 voies 3 à 7. (L'emploi d'un mâtereau moins élevé pour l'aile de droite se justifie, les trains dirigés sur les voies 3 à 7 devant faire arrêt sur ces voies et par suite aborder le sémaphore  $S_1$  à une vitesse inférieure à 40 km.)

2° A 800 mètres en amont du sémaphore  $S_1$  un répéteur  $R_1$  à 2 ailes, dont celle de droite ne porte pas de numéro (v. p. 155).

3° A 100 mètres de la traversée-jonction  $l$ , un sémaphore  $S_2$  pour le départ de la voie 2. Ce signal sert également pour la circulation des express ne faisant pas arrêt dans la gare, ce qui demande qu'il soit répété, à 800 mètres au moins, par une palette  $r_2$  que nous supposons placée sur le mât  $S_0$ .

4° Aux extrémités des quais II, III et IV, les sémaphores  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_5$ ,  $S_6$  et  $S_7$ , dont les ailes  $s$  donnent le départ aux trains partant dans la direction O. Ces sémaphores ont des ailes de manœuvre, doubles, et des ailes de fin d'itinéraire pour les trains arrivant de l'ouest.

5° Le sémaphore  $S_8$  porte l'aile de fin d'itinéraire pour les trains partant vers l'ouest. Ce sémaphore a également 2 ailes de manœuvre, la manœuvre des trains se faisant du côté ouest sur la voie principale.

Du côté est la signalisation est établie dans les mêmes conditions, sauf qu'elle comporte en plus, pour la sortie de la voie en impasse 8, un sémaphore  $S_{10}$ , dont l'aile, pourvue d'une couronne, est munie de 5 numéros.

On peut supprimer les palettes en flèche des sémaphores d'entrée  $S_1$  et  $S_9$  en adoptant les trois positions pour les palettes d'arrêt surélevées. En même temps les deux signaux répéteurs n'auront plus qu'une palette dont la position verticale annoncera l'ouverture du signal donnant la voie directe et la position à  $45^\circ$ , l'ouverture de la palette à numéros donnant accès à l'une des voies 3, 4, 5, 6 ou 7.

b) GARES DE BIFURCATION. — La présence d'une bifurcation à une certaine distance de la gare (fig. 220) peut donner lieu à la particularité suivante, en ce qui concerne les signaux de départ du côté où elle existe.



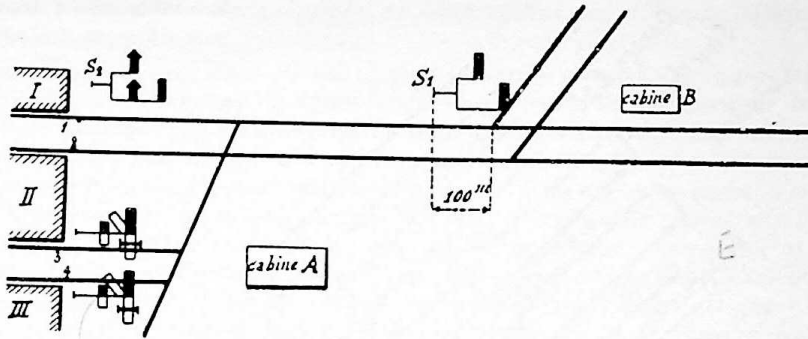


FIG. 220.

Les ailes du sémaphore  $S_1$  de la bifurcation devraient être répétées sur les sémaphores de chacune des voies de départ du côté ouest. On peut se contenter de ne faire cette répétition que sur le sémaphore  $S_2$  de la voie 1, cette voie pouvant être parcourue par des trains ne s'arrêtant pas dans la gare. En ce qui concerne les autres voies (3, 4, etc.), dont les sémaphores s'adressent à des trains faisant arrêt sur ces voies, on « slotte » simplement leurs palettes de départ (ce que le dessin indique par un rectangle blanc). Ces palettes, qui sont manœuvrées par le signaleur de la cabine A, desservant les aiguillages et signaux des voies à quai, sont munies de désengageurs, manœuvrés par la cabine B desservant les aiguillages et signaux de la bifurcation. Cette solution offre l'avantage de ne permettre le départ des trains que lorsque l'itinéraire qu'ils doivent suivre est complètement tracé.

c) GARES DE REBROUSSEMENT. — Nous prendrons comme exemple la signalisation de la gare de Bruxelles-Nord <sup>(1)</sup> (fig. 221).

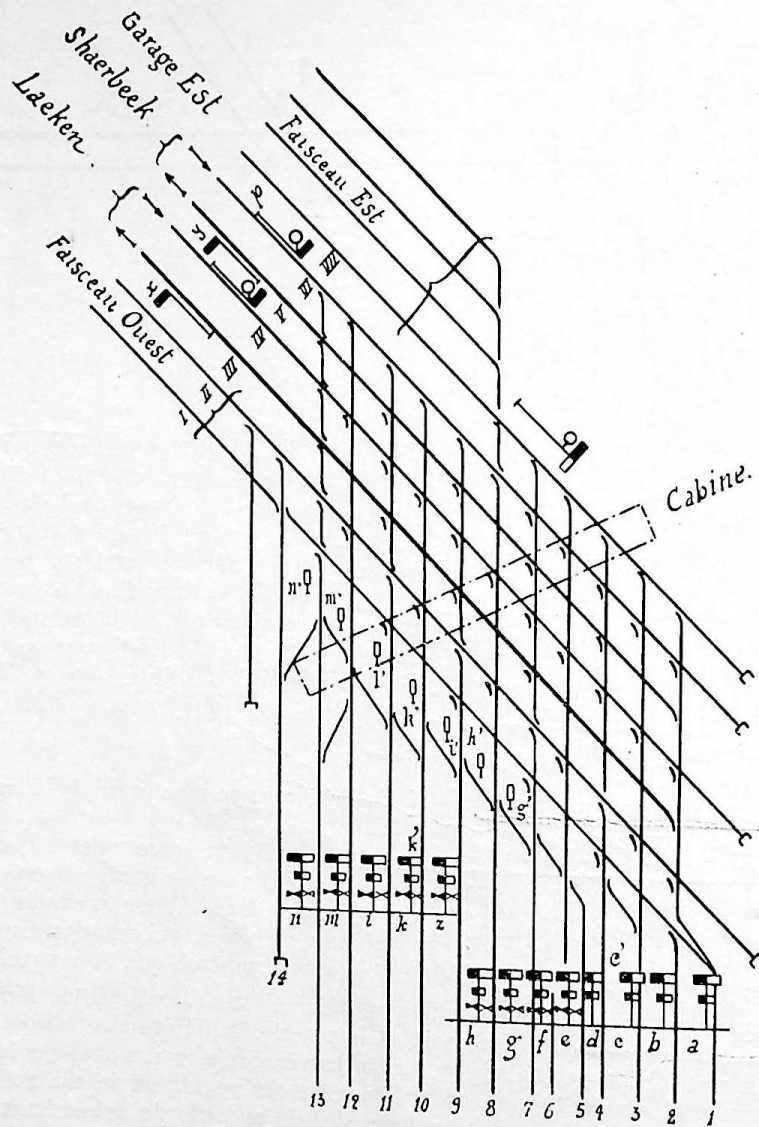
La gare de Bruxelles Nord comporte, d'une part, quatorze voies à quai (1 à 14) et, d'autre part, sept voies de sortie, deux (I et II) pour le garage ouest, deux (III et IV) pour la ligne de Gand, deux (V et VI) pour la ligne d'Anvers et une (VII) pour le garage est. La jonction de ces deux systèmes de voies, qui ont des directions différentes, se fait par recouplement, l'ensemble constituant ce que l'on appelle un *gril*.

Le *départ* d'un train est commandé par deux palettes : la palette de départ, placée sur la passerelle à l'extrémité des quais, et la palette fin d'itinéraire, située à la sortie du gril. Un mécanicien partant de la voie 3, par exemple, voit s'abaisser la palette  $c'$  du mâtereau  $c$  et apparaît en même temps, le chiffre III ou le chiffre V, suivant que son train doit prendre la direction de Laeken ou celle de Schaerbeek. Au préalable, la palette fin d'itinéraire ( $x$  ou  $y$ ) aura été mise au passage.

Inversement, *arrivant* de Schaerbeek, par exemple, le mécanicien rencontrera, à l'entrée du gril, la palette à numéros  $p$  qui, en même temps qu'elle se mettra au passage, indiquera le numéro de la voie sur laquelle le train sera reçu. Si la voie de réception est la voie 10, la palette  $k'$ , fin d'itinéraire, du mâtereau  $k$  commandant cette voie, aura été effacée au préalable.

Les manœuvres dans le gril se font au moyen des petites palettes de manœuvre ordinaires. Celles qui n'atteignent pas le gril sont commandées par les palettes en croix, placées à la partie inférieure des mâtereaux ; ces manœuvres sont limitées par des signaux à fleur de terre ( $g'$ ,  $h'$ , ...,  $n'$ ).

(1) *Bulletin du Congrès*, 1907, p. 815.



Gare de Bruxelles-Nord. — Signalisation.

FIG. 221.

## II. — SIGNALISATION D'UNE LIGNE.

Dans l'étendue d'une ligne, on rencontre des gares, des bifurcations, des ponts tournants, des traversées à niveau. Lorsqu'il s'agit d'une ligne qui n'est pas munie du *block-system par signaux*, chacun de ces obstacles constitue une entité indépendante et forme une zone de la voie qui doit être munie des signaux nécessaires pour se protéger dans les deux sens. Entre ces zones, la marche des trains est réglée par le système de sécurité (bloc par télégraphe ou par sonnerie) qui est appliqué pour éviter qu'ils ne se rencontrent ou ne se rejoignent.

Lorsqu'il s'agit d'une *ligne équipée au block-system par signaux*, deux organisations peuvent se présenter :

1<sup>o</sup> Dans l'une — c'est celle qui est appliquée sur la plupart des lignes françaises et qui l'est encore sur beaucoup de lignes belges — les gares, les bifurcations, les ponts tournants sont protégés par les systèmes de signaux qui viennent d'être décrits, mais ces signaux et leurs enclenchements ne sont pas incorporés au système de signaux (le bloc) qui assure la protection des trains en mouvement. Les gares n'ont qu'à assurer la liberté de la circulation chaque fois qu'un train doit passer sur l'une de leurs voies principales. Cinq minutes au moins avant ce passage, elles dégagent la voie et si, pour une raison quelconque, elles ne peuvent pas la rendre libre, elles ont pour obligation de la couvrir par le signal d'arrêt absolu du côté de l'entrée. Dégager la voie, c'est non seulement en éloigner tout obstacle pouvant entraver le passage des trains, mais aussi veiller à ce que tous les aiguillages qui y donnent accès se trouvent dans leur position normale.

2<sup>o</sup> Dans le second système — appliqué en Angleterre, en Allemagne et sur certaines lignes belges — les signaux des gares sont incorporés dans le système des signaux d'espacement des trains, en ce sens que les signaux de sortie, les *startings* et, au lieu de ceux-ci, les *advance starting*s sont des signaux de bloc. (Le *home* n'est évidemment pas intercalé dans le système du bloc ; s'il en était ainsi, les trains arrivants seraient arrêtés à l'entrée de la station, en amont du *home*, chaque fois que la section d'aval ne serait pas libre).

**Voie libre ou voie fermée.** — Au point de vue de la manœuvre des signaux, l'exploitation d'une ligne de chemin de fer peut se faire de deux façons : à voie libre ou à voie fermée.

Avec le système d'exploitation à voie libre, les signaux des stations sont normalement ouverts ; on les met à l'arrêt chaque fois qu'une manœuvre, sans distinction de durée et alors même qu'aucun train ne serait attendu, doit obstruer la voie principale. La position de voie libre est également, dans ce système, la position normale des signaux avancés et des signaux de bloc ; quant aux signaux de bifurcation et de ponts tournants, ils sont maintenus normalement à l'arrêt, afin d'éviter les accidents dus à un oubli de l'agent chargé de la manœuvre. Ce mode d'exploitation est très répandu sur les réseaux français. Il est économique sur les lignes où les stations à faible trafic sont nombreuses et où un surcroît de dépense assez appréciable peut résulter de la sujétion d'avoir à ouvrir et à fermer les signaux pour chaque train. Il n'est pas sans danger.

Avec le système d'exploitation à voie fermée, tous les signaux (bloc, avancé, arrêt absolu) sont normalement à l'arrêt ; on ne les ouvre pour permettre l'entrée d'un train que si la voie qu'il doit parcourir est libre de tout obstacle. Ce système, qui est très répandu en Allemagne, en Angleterre et en Belgique, présente l'avantage que l'éventualité d'un oubli de couverture de la gare pendant une manœuvre est moins à craindre qu'avec le système de la voie libre. De plus, il présente de l'unité, ce qui n'est pas le cas de ce dernier, avec lequel les signaux de bifurcation doivent être normalement à l'arrêt.

### III. — DISTANCES D'IMPLANTATION DES SIGNAUX.

La distance d'implantation des signaux est différente suivant qu'il s'agit d'un signal d'arrêt ou d'un signal avancé (signal avertisseur).

a) **SIGNAUX D'ARRÊT.** — On réserve généralement une certaine distance entre le signal d'arrêt absolu et le point qu'il couvre (aiguilles d'une bifurcation, aiguilles



d'entrée d'une gare (1), pont tournant, etc.), afin de réduire le risque d'accident dans le cas où le mécanicien prendrait mal ses précautions pour observer l'arrêt. En Belgique, la distance est de 50 mètres dans les installations nouvelles ; elle est de 60 mètres sur la plupart des réseaux français, de 50 mètres au minimum à l'Etat prussien ; de 100 mètres à l'Etat autrichien et de 120 mètres à la Compagnie du Nord. Il convient que la distance ne soit pas trop grande, afin que la communication entre le mécanicien et le signaleur reste assez facile. (Dans certains cas, le signaleur doit faire parvenir au mécanicien l'ordre écrit de dépasser le signal).

b) SIGNAUX AVANCÉS. — L'éloignement du signal avancé relativement au signal d'arrêt absolu doit être en rapport avec le parcours d'arrêt ; il faut qu'un train freiné à partir du signal avancé puisse être arrêté au signal principal. Sur certains réseaux, on admet que le signal avancé n'est visible qu'à partir du moment où le mécanicien passe au pied du mât ; tel est le principe admis en France, sur les lignes de l'Etat, des Compagnies du Nord et du Midi. D'autres exploitations admettent que le mécanicien doit voir le signal à distance avant de l'atteindre et font partir la longueur des parcours d'arrêt du point de visibilité du signal. Certaines administrations font aussi varier la longueur selon l'inclinaison de la voie.

En Belgique, dans le cas où ils sont visibles à une distance de 300 mètres au moins, les signaux avertisseurs sont placés à 800 mètres environ des signaux d'arrêt qu'ils répètent. Lorsque cette distance de visibilité n'est pas atteinte, on compte un éloignement de 900 mètres pour autant que le signal soit visible à 200 mètres, sinon on établit deux avertisseurs successifs à des endroits convenablement choisis. La distance de 800 mètres ne peut être diminuée que dans certains cas particuliers, pour autant qu'il soit démontré qu'en égard au profil de la ligne et à la vitesse admise à l'endroit visé, il est possible de respecter sûrement les indications du signal principal.

En Angleterre, il est d'usage de placer le *distant* à au moins 800 yards du *stop*, lorsque la ligne est à peu près de niveau et qu'elle est parcourue par des trains express ordinaires. Quand la ligne est en pente, la distance peut être de 1000 yards et plus ; lorsqu'elle est en forte rampe, la distance peut être ramenée à 600 yards, mais pas à moins.

L'Etat français fixe comme suit la distance du disque au point à couvrir :

- 800 m. sur rampe de plus de 5 m/m ;
- 1000 m. depuis 5 m/m de rampe jusque 5 m/m de pente ;
- 1200 m. sur pente de 5 à 8 m/m ;
- 1500 m. sur pente de plus de 8 m/m.

#### IV. — POSITION DES SIGNAUX PAR RAPPORT A LA VOIE.

Les signaux doivent être installés du côté de la voie parcourue et à l'extérieur de celle-ci. Le mécanicien doit être placé sur la machine du même côté que les signaux qu'il doit observer, c'est-à-dire à droite de la chaudière dans la marche à droite et à gauche dans la marche à gauche.

Sur une ligne à double voie, les signaux ne peuvent pas être placés de l'autre côté de la voie parcourue. Si le signal qui commande au train A (fig. 222) se trouvait en S' au lieu d'être en S, il risquerait d'être caché à la vue du mécanicien du train A

(1) En ce qui concerne l'entrée des gares, le règlement de l'Etat belge dit : « Le point que les machinistes ne peuvent atteindre sans danger est le point de la voie le plus éloigné du bâtiment des recettes, atteint par l'extrémité des plus longs trains arrêtés dans la station ou y effectuant des manœuvres ».

par le passage du train B. Les signaux ne peuvent pas non plus être installés dans l'entre-voie. Ceux des deux sens se trouveraient côte à côte et le mécanicien aurait de la peine à distinguer de loin le signal qui s'adresse à lui de celui qui concerne le train de l'autre voie. En outre la place fait défaut dans l'entrevoie, à moins qu'il ne soit ménagé entre les deux voies un espace important, ce qui rendrait la construction de la ligne plus coûteuse.

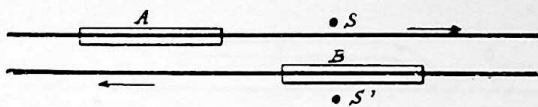
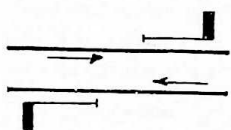


FIG. 222.



Angleterre et Belgique.

FIG. 223.

Quant à la position des ailes, la règle, en Allemagne, est de les placer de telle manière que le mécanicien voit à droite du mât l'aile qu'il doit observer ; en Angleterre, en France et en Belgique, cette aile se trouve à gauche (fig. 223).

Le tableau suivant montre combien la réglementation est diverse sur les chemins de fer de l'Europe :

Pays	Marche des trains	Position du mécanicien sur la machine	Position des signaux par rapport à la voie		Position de l'aile pour l'agent qui doit l'observer
			Double voie	Simple voie	
Allemagne	à droite	à droite	à droite	à droite	à droite
Belgique	à gauche	à droite	à gauche	à gauche	à gauche
		ou			
France	à gauche	à gauche	à gauche	à gauche	à gauche
		ou			
Italie	à gauche	à droite	à gauche	à droite	à gauche
Suisse	à gauche	à droite	à gauche	à droite	à droite

D'après M. Morisson, l'ingénieur des signaux du New-York, New-Haven and Hartford RRd., le système le plus rationnel au point de vue de l'économie de la place et de la bonne visibilité consiste à placer l'aile du côté de la voie intéressée : à gauche pour les mâts placés à droite, et à droite pour les mâts placés à gauche (1) (fig. 224).

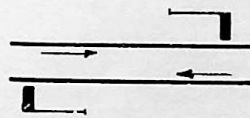


FIG. 224.

## V. — DISPOSITIFS IMPOSANT L'ARRÊT AUX TRAINS.

Dans certains cas, on a recours à des dispositifs solidaires du signal d'arrêt, empêchant, indépendamment du personnel du train, la continuation de la marche de ce dernier et évitant les conséquences d'un freinage tardif.

(1) *Bulletin du Congrès*, 1910, p. 4061.

**Catch sidings.** — En Angleterre, on a recours à des voies de sécurité. A une certaine distance en aval du signal, la voie présente une liaison (fig. 225), qui conduit à une voie

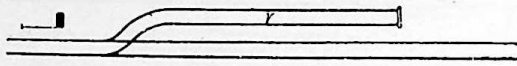


FIG. 225.

V, en forte rampe et terminée en cul-de-sac. Lorsque le signal est fermé, l'aiguille est dirigée sur la « catch sidings » (la voie V), de sorte qu'un train dépassant le signal est dévoyé et a des chances, le machiniste s'aper-

cevant immédiatement de l'erreur, d'être arrêté avant d'arriver au bout de la voie déviée. En tout cas, la possibilité d'un accident sur la voie principale est évitée. Quand on ne dispose pas de l'emplacement voulu pour donner à la « catch siding » un développement convenable, on supplée à l'insuffisance de longueur en la recouvrant de ballast.

**Voie ensablée de Köpcke.** — Le système consiste à dévoyer le train sur une voie ensablée, reliée uniquement par aiguilles (sans pièce de cœur) à la voie principale, de manière qu'entre les axes des rails du même côté, il y ait un écartement qui ne dépasse pas  $400 \text{ m/m}$  (fig. 226). Les rails déviés s'enfoncent progressivement à partir des aiguilles, afin que les champignons puissent en être recouverts de  $40$  à  $45 \text{ m/m}$  de sable (fig. 227).

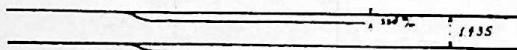


FIG. 226.

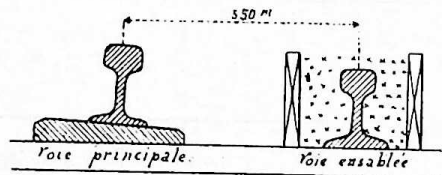


FIG. 227.

A droite et à gauche de chaque rail ensablé sont disposées des longrines (ou des vieux rails) qui constituent comme une auge qui retient le sable.

On donne aux voies ensablées de  $300$  à  $400$  mètres de longueur.



## CHAPITRE XXIV

# L'ORGANISATION DES POSTES DE SÉCURITÉ

---

Aux points principaux des lignes — les gares et les bifurcations — on réunit, dans un poste, les leviers de manœuvre des signaux, des aiguilles, des verrous, etc. Pour assurer la sécurité, on enclenche ces leviers entre eux de telle sorte que lorsque l'agent du poste a manœuvré ceux qui sont nécessaires pour assurer un itinéraire (un passage) déterminé, il ne peut pas manœuvrer ceux qui permettent un itinéraire convergent.

L'organisation d'un poste de sécurité repose sur le principe fondamental que tout itinéraire doit être commandé par un signal, qui ne doit pouvoir être ouvert que lorsque tous les appareils de la voie ont été placés dans la position convenable pour donner cet itinéraire et empêcher toute collision et tout déraillement sur celui-ci. Dès que ce signal est ouvert, tous les appareils sont immobilisés (enclenchés) dans la position où on les a placés et ils ne peuvent être manœuvrés qu'après que l'itinéraire est libéré.

L'organisation d'un poste de sécurité consiste à prévoir tous les itinéraires possibles dans la zone à laquelle ce poste commande, à installer dans celle-ci tous les appareils (signaux, verrous, pédales, etc.) que la sécurité exige et à établir entre les leviers de manœuvre des divers appareils qui se trouvent sur les itinéraires : signaux, aiguilles en pointe, aiguilles en talon, verrous, etc., des enclenchements qui immobilisent ces appareils dans la position convenable.

### I. — THEORIE DES ENCLENCHEMENTS (1).

#### A. — Les notations.

En vertu du principe de sa construction, un levier ne peut occuper normalement que deux positions : celle que l'on appelle sa position normale ou directe, c'est-à-dire la position dans laquelle il se trouve habituellement et celle que l'on appelle sa position renversée ou inverse. Pour les signaux, la position normale est la position d'arrêt et pour les verrous, soit la position du verrou lancé, soit la position du verrou retiré. Quant aux changements de voie, ils sont dirigés normalement du côté qui donne le maximum de sécurité et subsidiairement le moins de manœuvre, savoir : *a*) ceux en voie principale, pris en pointe ou par le talon, sont placés sur la voie principale ; *b*) ceux qui donnent accès à la voie principale sont placés normalement sur la voie opposée ; *c*) ceux des voies convergentes sont dirigés sur la voie la plus parcourue.

---

(1) BRICKA. Cours de Chemins de fer de l'École des Ponts et Chaussées. — MASSIEU : *Annales des Mines*, 10<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> livraisons de 1897. — DESCUBES : *Revue générale des Chemins de fer*, (n<sup>o</sup> de décembre 1898). — PERRIN : *Annales des Mines*, 12<sup>e</sup> livraison de 1905. — ALLÉGRET ; Notice sur les enclenchements, 1920.

Deux systèmes sont adoptés pour représenter la position normale des aiguillages ; ou bien on place un rectangle noirci le long du trait représentant la voie que le train suit lorsque l'aiguillage est dans sa position normale, ou bien on place le signe + (fig. 228).

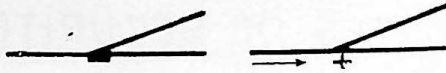


FIG. 228.

Les relations à établir entre les appareils des postes importants comportent de nombreux enclenchements ; pour faciliter l'étude et la vérification de ceux-ci, on emploie des notations qui expriment les solidarités qu'ils réalisent. Dans ces notations, les appareils sont représentés par leurs leviers, qui sont désignés par une lettre ou un numéro, suivi de la lettre N ou *d* pour indiquer la position normale ou R ou *r* pour indiquer la position renversée. Les deux systèmes de notation les plus employés sont celui de M. Cossmann et celui de M. Bricka.

**Notation de M. Cossmann.** (1) — La notation de M. Cossmann représente les enclenchements en considérant la liaison mécanique qui doit exister entre les appareils pour qu'une condition donnée de sécurité soit atteinte.

Pour représenter un enclenchement simple, on inscrit l'appareil enclencheur au-dessus de l'appareil enclenché, en les séparant par un trait comme s'il s'agissait d'une fraction. Ainsi le symbole

$$\frac{\alpha R}{\beta N}$$

signifie que le levier  $\alpha$  dans sa position renversée enclenche (immobilise) le levier  $\beta$  dans sa position normale, ce qui revient à dire que tant que  $\alpha$  est renversé il est impossible de renverser  $\beta$  et que  $\alpha$  n'a pu être renversé que pour autant que  $\beta$  fût normal.

Un même appareil peut entrer à la fois dans plusieurs combinaisons dangereuses. On peut, par exemple, avoir à éviter les combinaisons

$$\begin{array}{l} \alpha N \text{ avec } \beta N, \\ \alpha N \text{ avec } \gamma R, \\ \alpha N \text{ avec } \delta N. \end{array}$$

Les enclenchements qui en résultent

$$\frac{\alpha N}{\beta R} \quad \frac{\alpha N}{\gamma N} \quad \frac{\alpha N}{\delta R}$$

s'écrivent plus simplement

$$\frac{\alpha N}{\beta R, \gamma N, \delta R}$$

**Notation de M. Bricka.** — La notation de M. Bricka représente chaque enclenchement par la combinaison des positions de leviers que chacun d'eux a pour objet de rendre impossible. Elle se borne à inscrire ces positions dans une parenthèse ou une accolade. C'est ainsi que

$$(\alpha R, \beta R)$$

(1) *Revue générale des Chemins de fer*, juillet 1880.

signifie que le levier  $\alpha$  renversé est incompatible avec le levier  $\beta$  renversé, ce qui équivaut aux deux enclenchements réciproques

$$\frac{\alpha R}{\beta N} \quad \text{et} \quad \frac{\beta R}{\alpha N}$$

De même

$$\alpha N \left\{ \begin{array}{l} \beta N \\ \gamma R \\ \delta N \end{array} \right.$$

signifie que  $\alpha$  normal est incompatible avec  $\beta$  normal,  $\gamma$  renversé et  $\delta$  normal et que, par conséquent,

$$\frac{\alpha N}{\beta R, \gamma N \quad \text{et} \quad \delta R}$$

Enfin

$$(\alpha N, \beta R, \gamma N)$$

signifie qu'on ne peut avoir à la fois  $\alpha$  normal,  $\beta$  renversé et  $\gamma$  normal, ce qui revient à dire que

$$\text{si } \alpha N, \quad \frac{\beta R}{\gamma R},$$

$$\text{si } \beta R, \quad \frac{\alpha N}{\gamma R},$$

$$\text{si } \gamma N, \quad \frac{\alpha N}{\beta N}.$$

La notation par incompatibilité est adoptée également par MM. Descubes et Perrin, avec cette différence que le premier remplace les lettres R et N par les signes + et — et que le second indique un levier normal en plaçant seule sur une ligne la lettre qui le représente et un levier renversé en plaçant la lettre sous la barre d'une fraction. Ainsi la relation d'incompatibilité ( $\alpha R, \beta N$ ) s'écrit, dans le système de M. Descubes ( $\alpha^-, \beta^+$ ) et, dans le système de M. Perrin ( $\beta, \bar{\alpha}$ ).

### B. — Enclenchements binaires.

Les enclenchements binaires sont ceux qui ne concernent que deux leviers. On distingue les enclenchements binaires simples et les enclenchements binaires doubles.

**Enclenchements binaires simples.** — L'enclenchement binaire simple réalise entre deux leviers une solidarité telle que, l'un d'eux étant dans une position déterminée, l'autre est également dans une position déterminée et est immobilisé dans cette position. Il s'exprime par  $\frac{\alpha R}{\beta N}$  dans la notation de M. Cossmann. Cet enclenchement est nécessairement réciproque, c'est-à-dire que si un levier  $\alpha$  dans une certaine position enclenche le levier  $\beta$  dans une certaine position, ce dernier dans la position inverse doit enclencher le premier dans la position inverse. De ce que l'on a  $\frac{\alpha R}{\beta N}$ , on doit avoir  $\frac{\beta R}{\alpha N}$ . En effet, si  $\beta R$  n'enclenchait pas  $\alpha N$ , on pourrait renverser  $\alpha$  et l'on aurait simultanément  $\beta R$  et  $\alpha R$ , ce qui n'est pas possible puisque  $\frac{\alpha R}{\beta N}$ .



Les deux enclenchements  $\frac{\alpha R}{\beta \bar{N}}$  et  $\frac{\beta R}{\alpha \bar{N}}$  sont donc équivalents et ils sont représentés, dans le système de M. Bricka, par la seule notation

$$(\alpha R, \beta R).$$

Il n'y a que deux types d'enclenchements binaires simples :

$$(\alpha R, \beta R) \quad \text{et} \quad (\alpha N, \beta R),$$

qui, dans la notation de M. Cossmann, s'expriment par

$$\frac{\alpha R}{\beta N} \quad \text{et} \quad \frac{\alpha N}{\beta N}$$

ou réciproquement

$$\frac{\beta R}{\alpha N} \quad \text{et} \quad \frac{\beta R}{\alpha R}$$

**Enclenchements binaires doubles.** — Dans l'enclenchement binaire double, le levier  $\alpha$  dans une position donnée enclenche le levier  $\beta$  normal ou renversé. C'est le cas de la solidarité entre le levier d'une aiguille prise en pointe et le levier du verrou qui l'immobilise dans l'une ou l'autre de ses positions extrêmes. Si  $\alpha$  est le levier du verrou et  $\beta$  le levier de l'aiguille, on dit que  $\alpha R$  enclenche  $\beta N$  ou  $\beta R$ , ce qui, dans la notation de M. Cossmann, s'écrit

$$\frac{\alpha R}{\beta N \quad \text{ou} \quad R} \tag{1}$$

et ce qui veut dire que  $\beta$ , qu'il soit normal ou renversé, est immobilisé par  $\alpha R$ . Cette combinaison exprime aussi que  $\alpha$  ne peut être renversé si  $\beta$  se trouve dans une position intermédiaire entre  $\beta N$  et  $\beta R$ , ce qui s'exprime par la réciproque de (1) :

$$\frac{\beta \text{ en mouvement}}{\alpha N}$$

Par suite de son emploi spécial, l'enclenchement binaire double est aussi désigné sous le nom d'enclenchement de verrouillage ou d'enclenchement de passage. Dans la notation de M. Bricka, il est représenté sous la forme

$$(\alpha R, \beta \text{ pendant sa course}),$$

ce que l'on énonce :  $\alpha$  renversé incompatible avec le déplacement de  $\beta$ . Les enclenchements binaires doubles sont aussi désignés sous le nom d'enclenchements de mouvement par opposition aux enclenchements binaires simples, qui sont des enclenchements de position.

### C. — Enclenchements conditionnels. *ou multiples*

Pour qu'une combinaison d'un nombre quelconque d'appareils soit irréalisable, il faut et il suffit que, lorsque tous les leviers sauf un quelconque d'entre eux sont dans la position qui correspond à cette combinaison, le dernier soit enclenché dans la position inverse de celle qu'il occupe dans celle-ci. On exprime généralement cette relation par un enclenchement binaire entre deux de ces appareils, subordonné aux positions des autres appareils. Ainsi, pour empêcher la combinaison  $(\alpha N, \beta N, \gamma R, \delta N)$ , on dira que lorsque  $\alpha$  et  $\beta$  sont normaux,  $\gamma R$  enclenche  $\delta R$  et réciproquement. C'est

pour ce motif que l'on désigne généralement les enclenchements multiples sous le nom d'enclenchements conditionnels.

Les enclenchements multiples que l'on rencontre le plus fréquemment sont des enclenchements ternaires, c'est-à-dire des enclenchements entre trois leviers.

**Enclenchements ternaires.** — Les enclenchements conditionnels entre trois leviers ont pour but de subordonner la position d'un des leviers à celle des deux autres, de telle sorte que lorsque ces derniers sont dans une position déterminée, le troisième est immobilisé dans une certaine position et que si l'un des leviers n'est pas dans la position indiquée, le troisième est entièrement libre. Cette définition est traduite, par exemple, par l'incompatibilité

$$(\alpha R, \beta N, \gamma R),$$

qui exprime que si  $\alpha$  est renversé et  $\beta$  normal,  $\gamma$  est immobilisé dans la position  $\gamma N$ , ou que si  $\alpha$  et  $\gamma$  sont renversés,  $\beta$  est immobilisé dans la position  $\beta R$ , ou que si  $\beta$  est normal et  $\gamma$  renversé,  $\alpha$  est immobilisé dans la position  $\alpha N$ , ce qui, dans la notation de M. Cossmann, s'écrit :

$$\begin{array}{l} \frac{\alpha R + \beta N}{\gamma N} \quad \text{ou} \quad \frac{\gamma R}{\alpha N \text{ ou } \beta R} \\ \frac{(\alpha + \gamma) R}{\beta R} \quad \text{ou} \quad \frac{\beta N}{\alpha N \text{ ou } \gamma N} \\ \frac{\beta N + \gamma R}{\alpha N} \quad \text{ou} \quad \frac{\alpha R}{\beta R \text{ ou } \gamma N} \end{array}$$

Les enclenchements ci-dessus peuvent encore s'écrire :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } \alpha R, \quad \frac{\beta N}{\gamma N} \quad \text{et} \quad \frac{\gamma R}{\beta R} \\ \text{Si } \alpha N, \quad \beta = \gamma \quad (\beta \text{ et } \gamma \text{ sont entièrement libres}). \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } \beta N, \quad \frac{\alpha R}{\gamma N} \quad \text{et} \quad \frac{\gamma R}{\alpha N} \\ \text{Si } \beta R, \quad \alpha = \gamma \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } \gamma R, \quad \frac{\alpha R}{\beta R} \quad \text{et} \quad \frac{\beta N}{\alpha N} \\ \text{Si } \gamma N, \quad \alpha = \beta \end{array} \right.$$

Les enclenchements conditionnels s'emploient notamment lorsqu'il est fait usage d'un signal à un levier pour commander plusieurs passages.

Considérons la bifurcation à 3 branches AC, AB et AD (fig. 229), avec les aiguilles  $\beta$  et  $\gamma$  prises en pointe.

Si l'on installe un signal S à leviers multiples 1, 2 et 3, les passages AB et AD donneront lieu aux enclenchements :

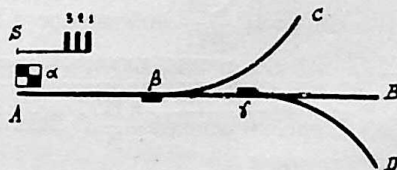


FIG. 229.

$$\begin{array}{l} \text{Passage AB :} \\ \text{Passage AD :} \end{array} \quad \begin{array}{l} \frac{2 R}{\beta N} \\ \frac{3 R}{\beta N} \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{l} \frac{2 R}{\gamma N} \\ \frac{3 R}{\gamma R} \end{array}$$

Avec un signal  $\alpha$  à levier unique, le passage AB ne donnera lieu qu'à un enclenchement ( $\alpha R, \beta N, \gamma R$ ), qui, dans la notation de M. Cossmann, s'écrira : si  $\beta N, \frac{\alpha R}{\gamma N}$  et de même le passage AD ne donnera lieu qu'à un enclenchement : ( $\alpha R, \beta N, \gamma N$ ) ou, dans la notation de M. Cossmann : si  $\beta N, \frac{\alpha R}{\gamma R}$ .

Sous la forme d'enclenchements, les incompatibilités ( $\alpha R, \beta N, \gamma R$ ) et ( $\alpha R, \beta N, \gamma N$ ) équivalent à des enclenchements binaires simples, subordonnés à la position d'un levier ; ce sont donc des enclenchements binaires conditionnels. On voit que si la condition  $\beta N$  disparaît, toute relation cesse entre  $\alpha$  et  $\gamma$ , qui redeviennent entièrement libres.

Les combinaisons d'enclenchements que l'on peut réaliser avec 3 leviers se ramènent aux 3 types d'incompatibilité suivants :

- ( $\alpha N, \beta N, \gamma R$ ) : deux leviers normaux, un levier renversé ;
- ( $\alpha N, \beta R, \gamma R$ ) : un levier normal, deux leviers renversés ;
- ( $\alpha R, \beta R, \gamma R$ ) : trois leviers renversés.

#### D. — Composition des enclenchements. (1)

Les enclenchements étudiés jusqu'à présent sont des *enclenchements directs* : ils sont réalisés directement par les appareils. Mais, dans un même poste, se trouvent réunis différents groupes de leviers et des leviers d'un même groupe peuvent être reliés, par des enclenchements binaires ou multiples, à un ou plusieurs leviers faisant partie d'autres groupes. Il en résulte de nouvelles solidarités et les enclenchements qu'elles déterminent sont nommés des *enclenchements résultants ou indirects*.

**Composition des enclenchements binaires simples.** — Supposons que l'on ait les deux enclenchements binaires simples

$$\frac{\alpha R}{\beta R} \quad \text{et} \quad \frac{\beta R}{\gamma N}$$

Il en résultera l'enclenchement

$$\frac{\alpha R}{\gamma N}$$

En effet,  $\frac{\alpha R}{\beta R}$  indique que  $\alpha R$  immobilise  $\beta$  dans la position renversée ; mais  $\beta R$  exige que  $\gamma$  soit normal ; donc lorsque  $\alpha$  sera renversé  $\gamma$  sera normal.

L'enclenchement  $\frac{\alpha R}{\gamma N}$  s'obtient par une symbolique :  $\frac{\alpha R}{\beta R} \times \frac{\beta R}{\gamma N} = \frac{\alpha R}{\gamma N}$ .

(1) MAISON : Cours d'Exploitation technique des chemins de fer.



Ce principe, qui est connu sous le nom de principe de la *multiplication des enclenchements* s'applique à un nombre quelconque d'enclenchements binaires. Ainsi si l'on a

$$\frac{\alpha R}{\beta N}, \frac{\beta N}{\gamma N}, \frac{\gamma N}{\delta R}, \frac{\delta R}{\varepsilon N},$$

l'enclenchement résultant sera donné par la multiplication symbolique

$$\frac{\alpha R}{\beta N} \times \frac{\beta N}{\gamma N} \times \frac{\gamma N}{\delta R} \times \frac{\delta R}{\varepsilon N} = \frac{\alpha R}{\varepsilon N}.$$

**Composition des enclenchements multiples.** — Il convient de distinguer le cas où les deux enclenchements ont un levier commun et celui où ils ont deux leviers communs.

PREMIER CAS. — *Deux enclenchements ayant un levier commun ont un enclenchement résultant, lorsque le levier commun a la fonction normale dans l'un et la fonction renversée dans l'autre. L'enclenchement résultant est formé par la combinaison de tous les leviers autres que le levier commun, pris avec la position même qu'ils occupent dans chacun des enclenchements composants.*

Les enclenchements  $(\alpha N, \beta R, \gamma N)$  (1)

$(\delta N, \varepsilon N, \gamma R)$  (2)

donnent l'enclenchement résultant

$$(\alpha N, \beta R, \delta N, \varepsilon N).$$

En effet, la combinaison  $(\alpha N, \beta R)$  ne peut être réalisée que si  $\gamma$  est R et la combinaison  $(\delta N, \varepsilon N)$  n'est possible que si  $\gamma$  est N. Les deux combinaisons sont donc incompatibles, ce que l'on peut écrire

$$(\alpha N, \beta R, \delta N, \varepsilon N).$$

Les deux combinaisons n'auraient aucune influence l'une sur l'autre, si le levier commun figurait dans chacune avec la même position, si, par exemple, l'on avait

$$(\alpha N, \beta R, \gamma N)$$

$$(\delta N, \varepsilon N, \gamma N)$$

L'une aussi bien que l'autre étant impossible si  $\gamma$  est normal et toutes deux étant réalisables lorsque  $\gamma$  est renversé, elles ne peuvent influer l'une sur l'autre.

DEUXIÈME CAS. — *Lorsque deux enclenchements ont deux leviers communs, il n'en résulte aucune relation nécessaire entre les autres appareils, si chacun des leviers a le même rôle dans les deux combinaisons. Si l'un des leviers est N dans l'un et R dans l'autre, alors que le second a la même fonction dans les deux, il y a un enclenchement résultant. Si les deux leviers ont des fonctions de position différente dans les deux enclenchements, il y a deux enclenchements de mouvement résultants.*

1° Soient les deux enclenchements

$$(\alpha N, \beta R, \gamma N) \tag{3}$$

$$(\delta N, \beta R, \gamma R) \tag{4}$$

dans lesquels  $\beta$  entre avec les mêmes fonctions et  $\gamma$  avec des fonctions opposées. On ne peut avoir  $\delta N$  et  $\beta R$  que si  $\gamma$  est N ; mais si  $\gamma$  est N, on ne peut avoir simultanément  $\alpha N$  et  $\beta R$ . Par conséquent  $\delta N, \beta R$  et  $\alpha N$  sont incompatibles entre eux et l'enclenchement résultant est

$$(\alpha N, \beta R, \delta N)$$

*Le levier qui figure avec la même position dans les deux enclenchements n'entre qu'une fois, avec cette position, dans l'enclenchement résultant.*

2° Supposons les deux enclenchements

$$(\alpha N, \beta R, \gamma N) \quad (5)$$

$$(\delta N, \beta N, \gamma R) \quad (6)$$

dans lesquels les leviers  $\beta$  et  $\gamma$  entrent tous deux avec des rôles inverses (1).

Supposons que l'on ait  $\alpha N$  et  $\delta N$ . Si  $\gamma N$ , d'après l'enclenchement (5),  $\beta$  sera nécessairement N ; si  $\gamma R$ , d'après l'enclenchement (6),  $\beta$  sera renversé. Le levier  $\beta$  est donc nécessairement immobilisé dans la position N si  $\gamma$  est N, comme il l'est dans la position R si  $\gamma$  est R. Le même raisonnement, mais en inversant les lettres  $\beta$  et  $\gamma$ , montre qu'il en est de même pour  $\gamma$ .

Les deux leviers  $\beta$  et  $\gamma$  sont donc enclenchés N et R par  $\alpha N$  et  $\delta N$  et il y a deux enclenchements de mouvement résultants

$$(\alpha N, \delta N, \beta N \text{ et } R) \quad \text{et} \quad (\alpha N, \delta N, \gamma N \text{ et } R).$$

*Les deux enclenchements résultants sont formés des leviers différents figurant dans les deux enclenchements donnés et comprenant successivement chacun des leviers communs dans la position normale et renversée.*

Les conclusions qui viennent d'être formulées et qui considèrent des enclenchements ordinaires s'appliquent également aux enclenchements de passage. Soient les deux enclenchements

$$(\alpha R, \beta R, \gamma N) \quad (7)$$

$$(\alpha N \text{ et } R, \delta R, \gamma R) \quad (8)$$

En se reportant au raisonnement du 1°, on trouve que l'enclenchement résultant est

$$(\alpha N \text{ et } R, \beta R, \delta R)$$

Admettons que l'on ait  $\beta R$  et  $\delta R$ . Si  $\gamma$  est N,  $\alpha$  est nécessairement N, à cause de l'enclenchement (7) et si  $\gamma$  est R,  $\alpha$  est immobilisé N ou R, d'après la relation (8). Comme  $\gamma$  ne peut être que N ou R, le levier  $\alpha$  est bien immobilisé dans ses deux positions par  $\beta R$  et  $\delta R$ .

**Cas particuliers.** (2) — L'application des règles relatives à la composition des enclenchements binaires donne lieu à quelques cas intéressants, qui demandent à être interprétés.

1° Soient les enclenchements

$$(\alpha N, \beta N)$$

$$(\alpha N, \beta R)$$

L'enclenchement résultant serait  $(\alpha N, \alpha N)$ , c'est-à-dire que  $\alpha N$  serait incompatible avec lui-même. On arrive à cette conclusion, parce que les enclenchements supposés sont impossibles simultanément. En effet, le premier s'écrit  $\frac{\beta N}{\alpha R}$  et le second  $\frac{\beta R}{\alpha R}$ . Dans l'une ou l'autre de ses positions,  $\beta$  enclenche  $\alpha R$ , c'est-à-dire

(1) MAISON : Cours d'Exploitation technique des chemins de fer.

(2) DESCUBES : *Revue générale des Chemins de fer* (n° de novembre 1898. — VICAIRE et MAISON : Cours de chemins de fer, p. 507.

que le levier  $\alpha$  est totalement immobilisé. L'un des deux enclenchements est évidemment de trop.

2° Supposons les enclenchements

$$\begin{aligned} &(\alpha N, \beta R) \\ &(\alpha R, \beta N) \end{aligned}$$

L'application de la règle donnerait deux enclenchements résultants ( $\alpha N$  ou  $R$ ) et ( $\beta N$  ou  $R$ ), ce qui n'a aucun sens.

En appliquant la notation de M. Cossmann, les deux enclenchements s'écrivent

$$\frac{\alpha N}{\beta N} \quad \text{et} \quad \frac{\alpha R}{\beta R}$$

Le levier  $\alpha$  est donc normal ou renversé en même temps que  $\beta$ , c'est-à-dire qu'il n'y a pas lieu à deux leviers : il suffit d'un seul, manœuvrant simultanément les deux appareils.

3° Soient les enclenchements

$$\begin{aligned} &(\alpha N, \beta R) \\ &(\alpha R, \beta N \text{ et } R) \end{aligned}$$

L'enclenchement résultant serait ( $\beta N$  et  $R$ ), ce qui n'a encore aucun sens. Or, les deux enclenchements peuvent s'écrire

$$\frac{\alpha N}{\beta N} \quad \text{et} \quad \frac{\alpha R}{\beta N \text{ et } R}$$

ce qui revient à dire que le levier  $\beta$  est immobilisé.

4° Soit le cas de la composition de deux enclenchements binaires doubles entre les mêmes leviers. Soient, par exemple,

$$\begin{aligned} &(\alpha N, \beta N \text{ et } R) \\ &(\alpha N \text{ et } R, \beta R) \end{aligned}$$

Les règles ne peuvent plus s'appliquer ici, les enclenchements ne renfermant plus un levier commun avec deux positions inverses l'une de l'autre. Si l'on applique la notation de M. Cossmann, on a :

$$\frac{\alpha N}{\beta N \text{ et } R} \quad \text{et} \quad \frac{\beta R}{\alpha N \text{ et } R}$$

Le premier enclenchement montre qu'il faudra renverser  $\alpha$  avant  $\beta$  ; mais quand on aura renversé  $\alpha$ , puis  $\beta$ , le levier  $\alpha$  sera enclenché par  $\beta R$  à cause de la seconde relation. Les deux enclenchements équivalent donc à l'enclenchement binaire  $\frac{\beta R}{\alpha R}$  ou  $\frac{\alpha N}{\beta N}$ , c'est-à-dire ( $\alpha R, \beta R$ ).

#### E. — Réduction des enclenchements.

Les règles de composition ont une très grande importance dans l'étude des projets d'enclenchements. Elles permettent de voir si les enclenchements directs et les enclenchements résultants qui s'en déduisent assurent bien la sécurité de tous les mouve-



ments ; elles donnent, en outre, la possibilité de simplifier les enclenchements multiples et de réduire un groupe d'enclenchements multiples à un seul enclenchement multiple et à une série d'enclenchements binaires.

1<sup>o</sup>) Considérons <sup>(1)</sup> un enclenchement multiple

$$(SR, TN, \alpha R, \beta N, \gamma R, \delta N) \quad (1)$$

et supposons que les appareils  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ , qui y sont compris, entrent en même temps dans une série d'enclenchements binaires avec les fonctions inverses de celles qu'ils ont dans cette combinaison, par exemple :

$$\begin{aligned} (\alpha N, AN) \\ (\beta R, BN) \\ (\gamma N, CR) \\ (\delta R, DR) \end{aligned} \quad (2)$$

En appliquant les règles de la composition, on pourra éliminer  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  entre (1) et le groupe (2), ce qui donnera l'enclenchement résultant

$$(SR, TN, AN, BN, CR, DR) \quad (3)$$

L'enclenchement résultant serait encore simplifié, si deux ou plusieurs des enclenchements (2) comprenaient, comme second terme, le même appareil, avec le même rôle ; si, par exemple, au lieu du groupe (2) on avait le groupe

$$\begin{aligned} (\alpha N, AN) \\ (\beta R, BN) \\ (\gamma N, AN) \\ (\delta R, AN) \end{aligned} \quad (4)$$

L'enclenchement résultant serait

$$(SR, TN, AN, BN) \quad (5)$$

2<sup>o</sup>) Supposons que l'étude des combinaisons à adopter entre les divers leviers dans l'élaboration d'un projet d'enclenchements ait conduit à réaliser les enclenchements

$$\begin{aligned} (SR, AR, BR, CR, DR) \\ (SR, AR, BR, CN, ER) \\ (SR, AR, BR, HR) \\ (SR, AN, LR) \\ (SR, AN, MR) \end{aligned}$$

Ces enclenchements peuvent se réduire à l'enclenchement multiple

$$(SR, \alpha N, \beta N, \gamma N, \delta N)$$

et à une série d'enclenchements binaires

$$\begin{aligned} (\alpha R, AR) \\ (\beta R, AN) \\ (\gamma R, BR) \\ \text{etc.} \end{aligned}$$

(1) BRICKA : Cours de Chemins de fer, t. I, p. 465.

II. — APPLICATION DES ENCLENCHEMENTS DANS L'ORGANISATION DES POSTES DE SÉCURITÉ (1).

1° Classification des enclenchements.

Les enclenchements à réaliser entre le signal d'arrêt et les appareils et signaux d'un itinéraire peuvent se classer en quatre catégories : des enclenchements de continuité, des enclenchements de direction, des enclenchements de circulation et des enclenchements de protection.

1) Les enclenchements de continuité ont pour but d'empêcher que le train soit arrêté par un autre signal lorsque le signal commandant l'itinéraire est effacé. Le type de ces enclenchements est celui qui est réalisé entre le signal d'arrêt absolu et le signal avertisseur; cet enclenchement est de la forme  $(\alpha R, \beta N)$ , c'est-à-dire  $\frac{\alpha R}{\beta R}$  ou  $\frac{\beta N}{\alpha N}$  et a pour but d'empêcher que le signal avertisseur soit ouvert avant le signal d'arrêt absolu. Lorsqu'il existe entre deux signaux un enclenchement de continuité, les appareils enclenchés par l'un le sont également par l'autre. L'enclenchement de continuité étant réalisé, le signal avertisseur ne doit pas être enclenché avec les appareils ; il suffit d'enclencher ceux-ci avec le signal d'arrêt absolu.

2) Les enclenchements de direction sont les enclenchements entre le signal commandant l'itinéraire et les aiguilles prises en pointe qui le suivent. Ils assurent la bonne direction des trains sur les aiguilles en pointe ou tout au moins maintiennent l'immobilisation de ces aiguilles pendant la durée du mouvement.

Lorsque le verrouillage est assuré par un verrou indépendant de l'aiguille, la sécurité est réalisée par un enclenchement entre le signal et le verrou et un enclenchement entre le verrou et l'aiguille.

Par exemple, dans le cas d'un signal à leviers multiples (fig. 230),  $\alpha$  et  $\beta$  étant les leviers du signal,  $a$  celui de l'aiguille et  $v$  celui du verrou, on réalise les enclenchements suivants :

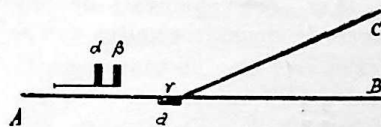


FIG. 230

Pour le passage A B :

$$\frac{\alpha R}{aN} \quad (1)$$

$$\frac{\alpha R}{vN} \quad (2)$$

$$\frac{vN}{aN \text{ et } R} \quad (3)$$

Pour le passage A C :

$$\frac{\beta R}{aR} \quad (1)$$

$$\frac{\beta R}{vN} \quad (2)$$

$$\frac{vN}{aN \text{ et } R} \quad (3)$$

Les enclenchements (2) entre le signal et le verrou sont appelés *enclenchements de verrou* et les enclenchements (3) entre le verrou et l'aiguille sont désignés sous le

(1) BRICKA : Cours de chemins de fer de l'Ecole des Ponts et Chaussées, t. II, p. 332.

nom *d'enclenchements de verrouillage ou de passage*. Les enclenchements

$$\frac{\alpha R}{vN} \quad \text{et} \quad \frac{vN}{aN \text{ et } R}$$

correspondent au cas du *verrou normalement lancé*, c'est-à-dire au cas où le verrou enclenche normalement l'aiguille dans ses deux positions. L'aiguilleur doit, pour manœuvrer l'aiguillage, renverser d'abord le verrou, puis, la manœuvre de l'aiguille étant faite, replacer le levier du verrou dans sa position normale ; il efface ensuite le signal, ce qui enclenche le verrou lancé et par suite l'aiguille.

On peut aussi réaliser les enclenchements

$$\frac{\alpha R}{vR} \quad \text{et} \quad \frac{vR}{aN \text{ et } R}$$

qui sont ceux du *verrou normalement retiré*. Dans ce cas, l'aiguille est normalement libre et il n'est pas nécessaire, pour la déplacer, de manœuvrer préalablement le verrou mais il faut renverser le levier du verrou avant d'ouvrir le signal, dont le levier renversé enclenche le verrou lancé.

Les deux solutions se rencontrent dans la pratique. La première est d'une manœuvre plus longue, mais l'aiguille est toujours verrouillée ; si le signal venait à être franchi à l'arrêt, le train ne serait pas exposé à trouver l'aiguille entrebaillée.

3) **Les enclenchements de circulation** sont les enclenchements que l'on établit entre le signal qui couvre un itinéraire et les changements de voie pris en talon, placés sur cet itinéraire. Ils ont pour but d'éviter les accidents dans le cas d'aiguilles non talonnables. Les enclenchements de circulation forment, avec les enclenchements de direction, les enclenchements de route ou d'itinéraire.

4) **Les enclenchements de protection** ont pour but d'empêcher l'ouverture simultanée de deux itinéraires qui se rencontrent. Les enclenchements (fig. 231) :

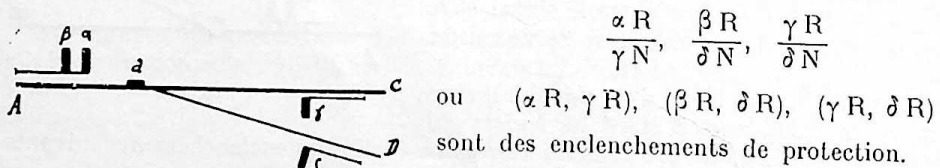


FIG. 231.

L'étude des enclenchements de l'espèce peut être beaucoup simplifiée par les remarques suivantes :

1°) Les enclenchements de protection sont toujours à double effet. L'enclenchement  $\frac{\alpha R}{\gamma N}$ , par exemple, protège aussi bien un mouvement de A vers C contre un mouvement de C vers A, qu'il protège un mouvement de C vers A contre un mouvement de A vers C.

2°) Lorsque deux itinéraires convergent sur un appareil de voie, leur protection réciproque est assurée par l'enclenchement ou les enclenchements de circulation sur l'appareil commun.

Dans l'exemple figure 231, les itinéraires CA et DA, qui convergent sur l'aiguille a, donnent lieu aux enclenchements de circulation

$$\frac{\gamma R}{aN} \quad \text{et} \quad \frac{\delta R}{aR}$$



Du moment qu'on a réalisé ces deux enclenchements, on a réalisé l'enclenchement  $\frac{\gamma R}{\delta N}$ , qui résulte de leur composition et qui est l'enclenchement de protection des deux itinéraires considérés.

Des itinéraires convergents se coupant en un point qui n'est pas un appareil de voie, tels que 1-6 et 3-4 (fig. 232), doivent être protégés l'un contre l'autre par l'enclenchement  $\frac{\alpha R}{\varepsilon N}$  des appareils qui les commandent.

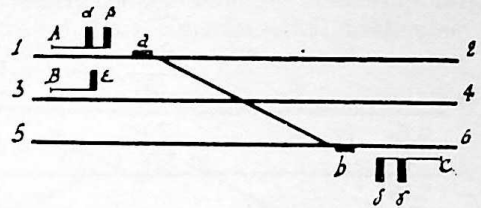


FIG. 232.

2° Réalisation des enclenchements.

La réalisation des enclenchements se fait différemment selon que chacun des itinéraires est commandé par un signal qui lui est propre (système des signaux à leviers multiples) ou qu'un même signal commande à la fois plusieurs itinéraires (système des enclenchements directs).

Système des signaux à leviers multiples. — a) Pour réaliser, dans ce système,

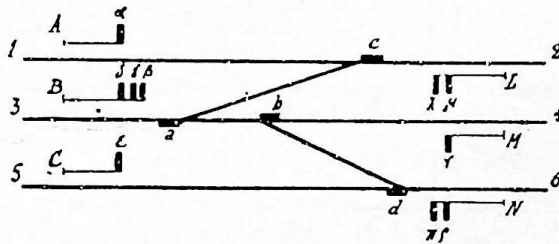


FIG. 233.

les enclenchements de route, on enclenche le levier du signal commandant l'itinéraire non seulement avec les leviers des changements de voie pris en pointe (et le cas échéant avec les leviers des verrous de ceux-ci), mais encore avec les leviers des changements de voie pris en talon, qui se trouvent sur l'itinéraire.

Ainsi, le signal B (fig. 233), qui commande les itinéraires 3-2, 3-4 et 3-6 et qui est manœuvré par les leviers β, γ et δ, donne lieu aux enclenchements d'itinéraire ci-après :

Passage de 3 vers 2 :

$$\frac{\beta R}{aR}, \text{ enclenchement de direction ;}$$

$$\frac{\beta R}{cR}, \text{ enclenchement de circulation.}$$

Passage de 3 vers 4 :

$$\frac{\gamma R}{aN}, \text{ enclenchement de direction ;}$$

$$\frac{\gamma R}{bN}, \text{ enclenchement de direction.}$$

Passage de 3 vers 6 :

$\frac{\delta R}{aN}$ , enclenchement de direction

$\frac{\delta R}{bR}$ , enclenchement de direction ;

$\frac{\delta R}{dR}$ , enclenchement de circulation.

Bien que simples, ces enclenchements n'empêchent pas que d'autres mouvements ne donnant pas lieu à convergence s'effectuent en même temps que ceux commandés par B. L'ouverture du signal B par le levier  $\beta$ , par exemple, n'enclenche que les aiguilles  $a$  et  $c$  et n'empêche pas d'aller de 5 vers 6 ; l'ouverture du signal B par le levier  $\gamma$  n'enclenche que les aiguilles  $a$  et  $b$  et n'empêche pas d'aller de 1 vers 2 et de 5 vers 6 ; enfin l'ouverture du signal B par le levier  $\delta$  n'empêche pas d'aller de 1 vers 2.

Les leviers d'un même signal sont enclenchés entre eux. Cela résulte de la composition des enclenchements. L'enclenchement  $\frac{\gamma R}{aN}$  se compose avec l'enclenchement  $\frac{\beta R}{aR}$  et donne  $\frac{\beta R}{\gamma N}$ , tandis que  $\frac{\beta R}{aR}$  se compose avec  $\frac{\delta R}{aN}$  pour donner  $\frac{\beta R}{\delta N}$ . D'autre part  $\frac{\gamma R}{bN}$  se compose avec  $\frac{\delta R}{bR}$  et donne  $\frac{\gamma R}{\delta N}$ . On ne peut donc renverser à la fois plus d'un des leviers  $\beta, \gamma, \delta$ .

b) En ce qui concerne les enclenchements de protection, les seuls à réaliser sont ceux des itinéraires de même parcours, suivis par des mouvements inverses, comme 1-2 et 2-1, ou des itinéraires convergents ne se coupant pas sur une même aiguille prise par le talon. Ainsi les itinéraires commandés par le signal B donnent lieu aux enclenchements de protection

$$\frac{\beta R}{\mu N}, \quad \frac{\gamma R}{\nu N} \quad \text{et} \quad \frac{\delta R}{\rho N}.$$

Il n'y a pas lieu de protéger les mouvements convergents 3-2 et 1-2, c'est-à-dire de réaliser l'enclenchement  $\frac{\beta R}{\alpha N}$ . Ces mouvements convergent sur l'aiguille  $c$ , mais cette aiguille doit être droite pour le mouvement 1-2 et renversée pour le mouvement 3-2. Il y a forcément incompatibilité entre ces deux mouvements. D'ailleurs  $\frac{\alpha R}{cN}$  et  $\frac{\beta R}{cR}$  ; d'où :  $\frac{\beta R}{\alpha N}$ . Les enclenchements de route  $\frac{\alpha R}{cN}$  et  $\frac{\beta R}{cR}$  dispensent de l'enclenchement de protection  $\frac{\beta R}{\alpha N}$ .

Le système des signaux à leviers multiples ne comporte comme on le voit, que des enclenchements binaires.

**Système des enclenchements directs.** — Lorsque l'on adopte une signalisation dans laquelle un même signal, commandé par un seul levier, donne l'entrée à plusieurs itinéraires, on doit forcément recourir à des enclenchements conditionnels, c'est-à-dire à des enclenchements subordonnés à des conditions spéciales pour chacun d'eux.

Il doit en être ainsi, non seulement, afin que la sécurité soit assurée, mais encore pour que l'indépendance entre les itinéraires qui ne se rencontrent pas soit maintenue. Considérons, par exemple, le signal A, à un levier, commandant les itinéraires 1-2, 1-4 et 1-6 (fig. 234). On voit que, pour l'itinéraire 1-6, l'ouverture du signal A est subordonnée à la position des verrous

de *a* et de *c* et à celle des aiguilles *b* et *d*, alors que ces conditions n'existent pas, sauf celle de la position du verrou de *a*, quand le signal A doit être ouvert pour l'itinéraire 1-2. Si l'ouverture du signal A était subordonnée, dans tous les cas, aux conditions imposées par la sécurité pour l'itinéraire 1-6, les itinéraires 3-4, 3-6, 5-4 et 5-6, qui sont compatibles avec 1-2, seraient impossibles dans le cas où A serait ouvert pour ce dernier itinéraire. Afin que la spécialisation des enclenchements soit assurée, il faut donc que la position du signal commandant un itinéraire déterminé soit subordonnée, par des enclenchements, à la position des verrous des changements de voie pris en pointe et à celle des aiguilles des changements de voie pris en talon qui se trouvent sur cet itinéraire, mais qu'elle soit indépendante de la position des verrous et des aiguilles des autres itinéraires ayant la même origine.

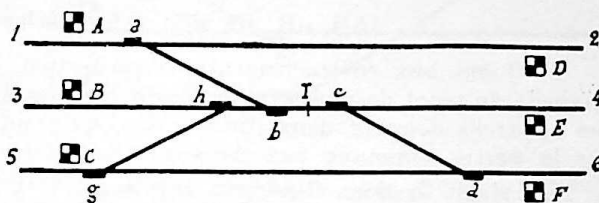


FIG. 234.

*Les enclenchements spécialisés d'un itinéraire ne doivent être subordonnés qu'à la position des aiguilles en pointe se trouvant sur cet itinéraire.*

Considérons, par exemple, l'itinéraire 1 — *a b c d* — 6, commandé par le signal A.

L'enclenchement de circulation sur l'aiguille *b* sera subordonné à la position de l'aiguille en pointe *a* ; on l'écrira :

$$(AR, aR, bN).$$

L'enclenchement de direction avec l'aiguille *c* devrait être subordonné à la position *aR* et *bR* des aiguilles *a* et *b* qui donnent l'itinéraire aboutissant à l'aiguille *c* et l'on devrait l'écrire (*AR, aR, bR, cN* et *R*).

Mais cet enclenchement se compose avec le précédent et donne l'enclenchement suivant, qui le remplace

$$(AR, aR, cN \text{ et } R).$$

Les enclenchements spécialisés de l'itinéraire 1 — *abcd* — 6 ne doivent donc tenir compte que des aiguilles en pointe *a* et *c*.

a) Les enclenchements de route à réaliser pour les différents itinéraires commandés par le signal A sont par suite les suivants :

*Itinéraire 1-2 :*

$$(AR, aN \text{ et } R) \quad (\text{Enclenchement de direction}).$$

*Itinéraire 1-4 :*

$$\begin{aligned} &(AR, aN \text{ et } R) && (\text{Enclenchement de direction}) \\ &(AR, aR, bN) && (\text{Enclenchement de circulation}) \\ &(AR, aR, cN \text{ ou } R) && (\text{Enclenchement de direction}). \end{aligned}$$



*Itinéraire 1-6 :*

(AR, aN et R)	(Enclenchement de direction)
(AR, aR, bN)	(Enclenchement de circulation)
(AR, aR, cN ou R)	(Enclenchement de direction)
(AR, aR, cR, dN)	(Enclenchement de circulation).

b) Quant aux enclenchements de protection, ils s'obtiennent au moyen de la méthode du point de rencontre réel ou fictif, c'est-à-dire en écrivant que les positions des appareils donnant deux itinéraires jusqu'à un point de rencontre réel ou fictif sur la partie commune aux deux s'excluent mutuellement.

S'il s'agit de deux itinéraires inverses 1-4 et 4-1 par exemple, l'enclenchement de protection sera

$$(AR, aR, ER),$$

le point de rencontre fictif étant I.

S'il s'agit de deux itinéraires qui se coupent réellement, 6-1 et 4-1 par exemple, l'enclenchement de protection sera

$$(FR, dR, ER),$$

le point de rencontre fictif étant encore I.

Enfin, s'il s'agit de deux itinéraires de même sens aboutissant à une aiguille commune prise par le talon, l'enclenchement de protection est inutile si l'on a réalisé les enclenchements spécialisés de circulation sur l'aiguille commune aux deux itinéraires. Ainsi les itinéraires de même sens 1-4 et 5-4 aboutissant à l'aiguille commune *b* donnent lieu aux enclenchements de circulation

$$(AR, aR, bN)$$

$$(CR, gR, bR).$$

La composition de ces enclenchements donne

$$(AR, aR, gR, CR),$$

qui est l'enclenchement de protection des deux itinéraires en cause.

On remarquera que dans les deux premiers enclenchements : (AR, aR, ER) et (FR, dR, ER) ne figurent pas les aiguilles *b* et *c* prises en talon. Il est évident que AR et aR suffisent pour aller vers la voie 4, de même que FR et dR, quelles que soient les positions des aiguilles *b* et *c*; si ces aiguilles étaient mal faites, elles seraient forcées et peut-être rompues, mais sans pour cela s'opposer à ce que les trains arrivent sur la voie 4.

La méthode des enclenchements conditionnels permet, avec un signal, tous les enclenchements d'itinéraires et l'on est certain que, lorsque ce signal est ouvert, un des itinéraires qu'il commande est donné et est protégé contre toute convergence. Mais l'aiguilleur n'a pas, en ouvrant le signal, la constatation matérielle que l'itinéraire donné est bien celui qu'il a voulu réaliser. Aucun accident n'en résultera, puisque l'itinéraire ouvert est protégé; mais le convoi mal aiguillé devra revenir sur ses pas. Cet inconvénient est évité avec la méthode des leviers multiples.

Des simplifications peuvent être apportées dans l'établissement des enclenchements directs d'itinéraires, notamment par l'élimination de certaines aiguilles en pointe.

1° On peut supprimer des enclenchements de route et de protection les aiguilles en pointe dont les deux branches donnent des itinéraires incompatibles avec l'itinéraire interdit.

L'enclenchement de circulation de A avec c (fig. 235), qui devrait s'écrire :

$$(AR, aN, cR) \quad (1)$$

a pour but, a étant N, d'interdire l'itinéraire Cc quand A est ouvert ; mais l'itinéraire Aab4, qui résulterait de aR, est aussi incompatible avec Cc. L'itinéraire Cc doit donc être interdit quelle que soit la position de a, quand A est ouvert ; par conséquent, il n'est pas nécessaire que l'aiguille a figure dans l'enclenchement (1) et celui-ci peut être réduit à

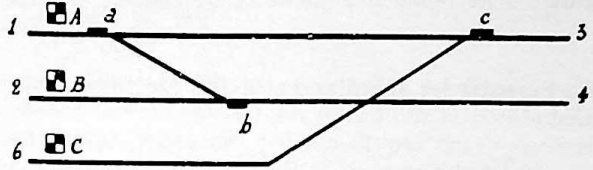


FIG. 235.

$$(AR, cR). \quad (2)$$

Par contre, on ne peut pas supprimer l'aiguille en pointe a de l'enclenchement de circulation (AR, aR, bN) avec l'aiguille b. Il a pour but d'interdire l'itinéraire Bb4 quand a est R ; mais cet itinéraire est possible quand a est N. Par conséquent, si l'on réduisait l'enclenchement à (AR, bN), on aurait un enclenchement qui interdirait Bb4 quand A serait ouvert et a normale, alors que les itinéraires Aa3 et Bb4 sont compatibles.

2° On peut supprimer des enclenchements de route et de protection, les aiguilles en pointe qui doivent toujours être prises dans une seule direction.

Supposons que la voie 4 - d (fig. 236) ne puisse être parcourue que dans le sens

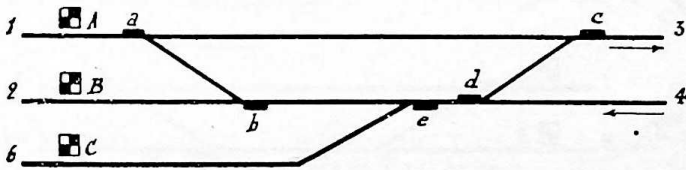


FIG. 236.

de la flèche et que par conséquent l'aiguille en pointe d ne puisse être prise que dans une direction (la direction dc).

On doit nécessairement réaliser entre B et d l'enclenchement de direction

$$(BR, dN).$$

L'enclenchement de circulation de B avec l'aiguille c devrait s'écrire

$$(BR, dR, cN).$$

Mais cet enclenchement se composerait avec le précédent et donnerait l'enclenchement résultant

$$(BR, cN),$$

c'est-à-dire le précédent d'où l'on a supprimé l'aiguille en pointe d.

3° Lorsque deux aiguilles en pointe se suivent, l'enclenchement de direction avec la seconde peut ne pas tenir compte de la première aiguille en pointe, s'il n'y a ni aiguille en talon, ni arrêt de train entre les deux aiguilles.

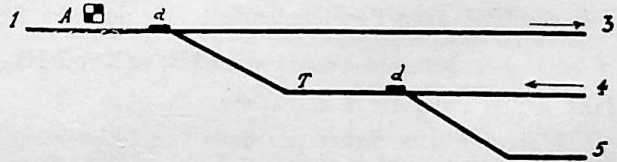


FIG. 237.

L'enclenchement de direction du signal A (fig. 237) avec l'aiguille d devrait s'écrire :

$$(AR, aR, dN)$$

Il a pour but,  $a$  étant R, de donner l'itinéraire 1-5 et d'interdire l'itinéraire 4-d. Mais l'itinéraire 4-d est incompatible également avec  $aN$  ; il est donc possible de supprimer  $a$  de l'enclenchement et de réduire celui-ci à

$$(AR, dN).$$

Si, entre les aiguilles  $a$  et  $d$  (fig. 238), il y avait une aiguille en talon  $b$ , l'enclenchement

$$(AR, aR, dN)$$

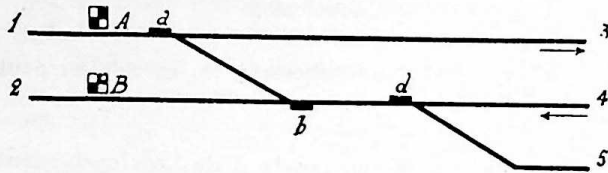


FIG. 238.

devrait bien contenir l'aiguille  $a$ , car l'itinéraire 4-d qu'il interdit est compatible avec  $aN$ .

De même, dans l'exemple précédent, on devrait tenir compte de  $a$ , si entre les aiguilles  $d$  et  $a$  il y avait place pour garer un train, en T par exemple. Dans ce cas, il serait

possible, en effet, de recevoir par 4-d un train en T, pendant qu'on expédierait un train suivant Aa3 par  $aN$ .

4° Lorsque deux aiguilles en pointe se suivent, l'enclenchement de verrouillage du signal avec la seconde aiguille peut ne pas tenir compte de la première, si entre les deux aiguilles il n'y a ni aiguille en talon ni arrêt de train ou si les deux branches des deux aiguilles se coupent.

Supposons que la voie  $d-4$  (fig. 239) puisse être parcourue dans les deux sens. L'enclenchement de A avec  $d$  devrait s'écrire

$$(AR, aR, dN \text{ ou } R) \quad (1)$$

Mais, si  $aN$ , l'aiguille  $d$  doit être immobilisée normale, pour qu'une circulation  $bdc$  ne puisse se faire en même temps qu'une autre suivant Aac.

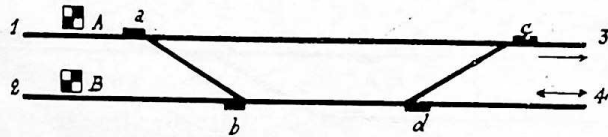


FIG. 239.

L'itinéraire 1-ac-3 donnera lieu à l'enclenchement de circulation

$$(AR, aN, cR) \quad (2)$$

et l'itinéraire 1-abdc-3 à l'enclenchement de circulation

$$(AR, dR, cN). \quad (3)$$

La composition de ces deux enclenchements donnera

$$(AR, aN, dR), \quad (4)$$

qui, combiné avec l'enclenchement (1), donnera finalement

$$(AR, dN \text{ ou } R) \quad (5)$$

dans lequel l'aiguille  $a$  a disparu.

L'aiguille  $a$  ne figure pas dans l'enclenchement de circulation (3), cet enclenchement ayant pour but d'interdire l'itinéraire  $cN$ , quand on a donné l'itinéraire  $dR$ . Or l'itinéraire  $cN$  est incompatible avec les deux mouvements commandés par l'aiguille  $a$



lorsque  $d$  est renversé ; l'aiguille  $a$  ne doit donc pas figurer dans cet enclenchement et l'enclenchement de  $A$  avec  $d$  se réduit à

$$(AR, dN \text{ ou } R).$$

**Comparaison du système des enclenchements directs et de celui des leviers multiples.** — Le système des enclenchements directs ramène au minimum le nombre des leviers pour la commande des signaux et des appareils ; il réduit par conséquent les dépenses d'installation, la durée des manœuvres d'appareils et quelquefois la dépense de personnel. Le système des leviers multiples comporte des enclenchements plus simples et permet à l'aiguilleur de constater matériellement, par le renversement du levier, que l'itinéraire qu'il a donné est bien celui qui devait être réalisé. (Il y a un levier spécialisé par itinéraire et l'aiguilleur, par le numéro du levier qu'il a renversé, a la constatation matérielle de l'itinéraire qu'il a donné. Il n'en est pas de même lorsqu'un même signal avec un levier unique donne plusieurs itinéraires).

On peut réduire la dépense avec les leviers multiples en appliquant les systèmes des leviers directeurs et des leviers trajecteurs, de même qu'on peut simplifier encore les enclenchements directs en faisant usage d'enclenchements partiels.

**Leviers directeurs.** — Considérons (fig. 240) les voies I, II, III, IV, qui se réunissent

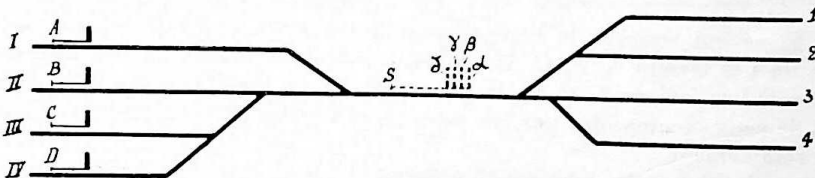


FIG. 240.

sur un tronçon commun, d'où partent les voies 1, 2, 3, 4. Le signal commandant chacune des voies I, II, III, IV, devra être muni de 4 leviers, s'il faut que l'on puisse aller de l'une quelconque de ces voies sur une quelconque des directions 1, 2, 3, 4 ; seize leviers seront donc nécessaires.

Supposons que l'on ait sur le tronçon commun un signal S, muni de quatre leviers  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ , pour chacun desquels on ait réalisé les relations binaires qui conduisent aux directions 1, 2, 3, 4. L'on pourra aller sur l'une quelconque de celles-ci, chacun des signaux A, B, C, D n'étant muni que d'un seul levier, à condition qu'il soit établi entre chacun de ces leviers et les 4 leviers  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ , un enclenchement tel qu'il faille renverser un de ces derniers pour ouvrir le signal A, B, C ou D, dont on veut partir. Le signal S serait donc ouvert chaque fois que le serait un des signaux A, B, C, D et il serait manœuvré par celui des leviers  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  correspondant à celle des voies 1, 2, 3, 4, sur laquelle on voudrait se diriger. Pareil signal ne jouerait aucun rôle par lui-même et servirait uniquement à subordonner les différents itinéraires à la position des leviers qui le manœuvrent lui-même. Il peut donc disparaître et il suffit de garder les leviers  $\alpha, \beta, \gamma$  et  $\delta$ , qui, n'ayant aucun appareil à manœuvrer, prennent le nom de leviers directeurs. Au lieu d'être de  $4 \times 4 = 16$ , le nombre des leviers se trouve réduit à  $4 + 4 = 8$ .

**Leviers trajecteurs.** — Lorsque l'on a un faisceau de voies I, II, III, IV, aboutissant à un tronçon commun (fig. 241), le signal S, commandant le refoulement sur ces voies, devra être muni d'autant de leviers que le faisceau comporte de voies. Ce nombre peut être réduit, lorsqu'on applique le système des leviers trajecteurs.

La possibilité de renverser le levier de l'un des signaux A, B, C, D, résulte de ce

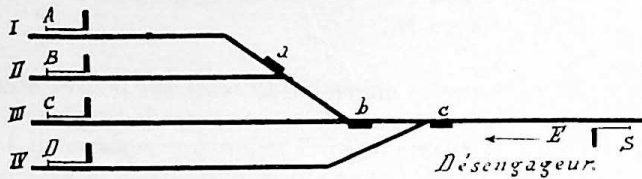


FIG. 241.

que la continuité est établie entre le tronc commun et la voie qui correspond à ce signal et de ce que toutes les autres voies sont fermées. On peut donc ne munir que d'un levier le signal S si l'on réalise la condition que ce signal ne peut être ouvert que si l'on a au

préalable renversé un des leviers A, B, C, D. Il faut de plus que la manœuvre de ce dernier levier n'efface pas le voyant ou n'incline pas le bras du signal, afin qu'un train à l'attente au pied de celui-ci ne parte pas en le voyant se mettre au passage et ne s'engage pas sur la voie à la rencontre du mouvement de refoulement.

Ce double résultat est obtenu : 1° en établissant un désengageur E, pouvant couper la transmission des signaux A, B, C, D et enclenchant à l'arrêt le signal S :  $\frac{EN}{SN}$ ; 2° en enclenchant conditionnellement les leviers A, B, C, D et le levier S, de telle façon que l'on ait  $\frac{(A + B + C + D)N}{SN}$ . Il faudra, pour ouvrir S, que l'on renverse d'abord E, ce qui coupera la transmission des signaux A, B, C, D, ensuite que l'on renverse un des leviers A, B, C, D, ce qui assurera la continuité des aiguilles pour le refoulement. Les leviers A, B, C, D jouent le rôle de directeurs pour les mouvements inverses de ceux commandés par ces signaux et l'on dit que ces leviers sont *trajecteurs* pour le refoulement.

Des enclenchements binaires doubles

$$\frac{AR}{EN \text{ ou } R'} \quad \frac{BR}{EN \text{ ou } R'} \quad \frac{CR}{EN \text{ ou } R'} \quad \frac{DR}{EN \text{ ou } R'}$$

doivent être établis entre les leviers des signaux A, B, C, D et le levier du désengageur. Il faut, en effet, que lorsqu'on exécute un départ de l'une des voies I, II, III, IV, un refoulement partant du tronc commun soit interdit, par conséquent, qu'ayant renversé un des leviers A, B, C, D, on immobilise le désengageur et par suite le signal S. D'autre part, il faut que, le levier du désengageur étant renversé en vue d'un refoulement, le renversement de l'un des leviers A, B, C, D soit possible.

**Enclenchements partiels.** — On peut, dans certains cas, simplifier les enclenchements directs spécialisés en réalisant ce que l'on appelle des enclenchements partiels.

Si l'on a deux enclenchements simultanés, dont l'un comprend, outre un certain nombre d'appareils non communs, tous les appareils du second avec le même rôle, le premier devient inutile par le fait même de l'existence du second, car si la combinaison que celui-ci a pour but d'empêcher est irréalisable, toutes les combinaisons qu'on peut former en y ajoutant d'autres appareils le seront également.

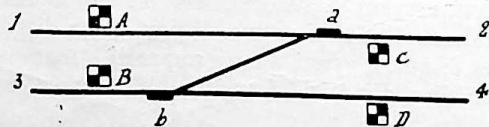


FIG. 242.

Ainsi la combinaison  $(\alpha N, \beta R, \gamma N, \delta R)$  sera forcément réalisée si l'on a  $(\alpha N, \delta R)$ . Considérons les voies 1-2 et 3-4 (fig. 242), reliées par des aiguilles a et b, opposées par le talon et dont les positions simul-

lanées doivent toujours être symétriques. L'itinéraire 3-2 donnera lieu à l'enclenchement de circulation

$$(BR, bR, aN)$$

et l'itinéraire inverse à l'enclenchement

$$(CR, aR, bN)$$

On les rendra tous les deux inutiles en réalisant à la fois les deux enclenchements partiels :

$$(bR, aN) \text{ et } (aR, bN).$$

On peut de même simplifier les enclenchements de protection au moyen d'enclenchements partiels. C'est ainsi qu'on peut remplacer (fig. 243) l'enclenchement complet

$$(AR, aN, bR, BN, cN)$$

par l'enclenchement partiel

$$(bR, cN) \tag{1}$$

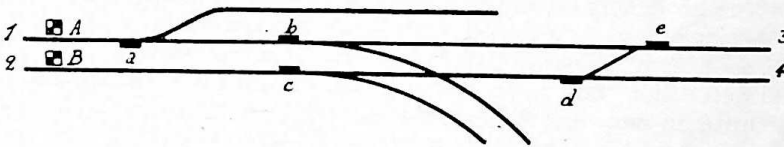


FIG. 243.

Les enclenchements partiels ont toujours un changement de voie pris en pointe comme point de départ de la fraction d'itinéraire considérée ; ce n'est qu'exceptionnellement que ces enclenchements peuvent être employés à la fois sur les deux branches qui se détachent d'un même appareil. Ainsi, si en même temps que l'enclenchement (1), il existait entre  $b$  et  $e$  l'enclenchement

$$(bN, eR) \tag{2}$$

la composition de (1) et (2) donnerait

$$(cN, eR) \tag{3}$$

qui rendrait impossibles les itinéraires 2-3 et 3-2.

**Leviers d'itinéraires.** — D'après ce qui a été dit jusqu'à présent, tout itinéraire est enclenché et protégé par la manœuvre du levier du signal qui le commande. Tant que ce levier n'est pas renversé, c'est-à-dire tant que le signal n'est pas ouvert, les appareils ne sont pas ou ne sont pas tous enclenchés ; une fois le signal remis à l'arrêt, c'est-à-dire son levier replacé dans la position normale, les enclenchements sont rompus et les appareils redevenus libres.

Ce système présente l'inconvénient qu'il laisse au signaleur la faculté de fermer le signal dès que la machine l'a franchi et de « désolidariser » les enclenchements avant que l'itinéraire soit parcouru ; il peut manœuvrer les appareils sous le train ou donner un itinéraire convergent. D'autre part, il n'est pas sans danger de laisser le signal ouvert derrière le train ; un second convoi peut survenir, s'engager dans la même direction que le précédent et le tamponner.



Pour remédier à cet inconvénient, on introduit un organe spécial, le levier d'itinéraire, dont le rôle est d'enclencher, indépendamment du signal, les appareils qui assurent et protègent l'itinéraire. Le levier du signal ne peut être renversé que lorsque le levier d'itinéraire est renversé, renversement qui n'est possible que pour autant que tous les leviers des appareils se trouvent dans la position qu'ils doivent occuper. Par contre, le levier du signal peut être replacé dans sa position normale sans être suivi par le levier d'itinéraire ; ce dernier, bien que le signal soit remis à l'arrêt, continue à maintenir les enclenchements aussi longtemps que le signaleur le laisse dans la position renversée.

Pour empêcher le signaleur de replacer le levier d'itinéraire dans la position neutre avant que le train ait parcouru tout l'itinéraire, on installe à l'extrémité de celui-ci une *pédale de fin d'itinéraire* dont le fonctionnement est tel que le levier d'itinéraire, spontanément enclenché dans la position renversée dès que celle-ci lui est donnée, ne redevient libre que lorsque le dernier véhicule du train a franchi la pédale.

**Postes dépendants.** — Les postes de concentration de leviers installés dans les gares peuvent être autonomes ou dépendants. Dans les premiers, les leviers ne sont immobilisés que par les enclenchements (directs ou indirects) et peuvent être manœuvrés par l'aiguilleur en dehors de toute autre intervention mécanique. Dans les seconds, les leviers de signaux ou les leviers d'itinéraires, dans les exploitations où l'on applique ce système, sont bloqués dans leur position normale et leur renversement n'est possible qu'après l'intervention d'un poste central, qui concentre la direction des manœuvres. Ainsi la sécurité du mouvement des trains dans l'intérieur des gares est assurée d'une manière plus complète.

En général, on fait usage d'appareils de bloc électriques et l'installation comporte, pour chaque levier bloqué, un champ de libération (Freigabefeld), placé au poste directeur et un champ de blocage (Freilegefeld), placé au poste de manœuvre, au-dessus du levier de signal ou d'itinéraire à immobiliser. On distingue essentiellement deux espèces de blocs de station : les blocs de signaux et les blocs de concordance.

**Blocs de signaux.** — Les leviers d'itinéraire et, à leur défaut, les leviers de signaux sont immobilisés dans leur position normale, par le champ de blocage. Ils sont débloqués par le poste directeur et bloqués par le poste de manœuvre dès que celui-ci les a replacés dans la position normale. L'appareil de bloc installé au poste directeur établit également les solidarités indispensables entre les signaux de la gare, en ce que il est impossible au chef de ce poste de libérer simultanément deux signaux commandant des itinéraires convergents.

**Blocs de concordance.** — Lorsque dans une station les aiguilles intéressées dans un itinéraire se trouvent réparties entre plusieurs postes, il faut que celles dont la manœuvre est faite par un autre poste que celui qui manœuvre le signal soient enclenchées dans la position exigée par l'itinéraire, avant que le poste directeur ne puisse libérer le signal. Cette solidarité est réalisée au moyen de deux champs de concordance (cooperatingfields, Zustimmungsfelder) qui se trouvent, l'un dans le poste qui manœuvre les aiguilles et doit autoriser l'itinéraire, d'autre dans le poste directeur. En manœuvrant le champ de concordance, le poste qui a manœuvré les aiguilles bloque son levier d'itinéraire dans la position renversée ; il débloque du même coup le champ de concordance du poste directeur et permet à celui-ci de débloquer le signal. Les blocs de concordance ont donc pour but de faire dépendre l'ouverture d'un signal de la sécurité de l'itinéraire dans la zone de la gare dont les appareils sont manœuvrés par un autre poste que celui qui ouvre le signal.

**Blocs d'itinéraires.** — Indépendamment des deux espèces de blocs de station dont il vient d'être question, on emploie aussi des champs d'itinéraires, dans les cas où l'on n'applique pas de pédales de fin d'itinéraire. Le but est de maintenir le levier d'itinéraire dans la position renversée jusqu'à ce que l'itinéraire soit entièrement parcouru, tout en permettant la fermeture du signal avant que cette condition soit remplie. L'installation comporte deux champs, dont l'un, le champ libérateur, se trouve au poste directeur ou dans tout autre poste d'où il est possible de constater que l'itinéraire est parcouru, et l'autre, le champ bloqueur, au poste qui manœuvre le levier d'itinéraire. En renversant ce dernier, l'aiguilleur le bloque dans la position renversée ; il ne peut le ramener dans la position normale que lorsqu'il est débloqué par le champ libérateur.

### III. — ETUDE D'UN PROJET D'ENCLENCHEMENTS.

L'étude d'un projet d'enclenchements comporte l'établissement : 1<sup>o</sup> du *programme* des solidarités qui doivent exister entre les positions des leviers ; 2<sup>o</sup> du *tableau* des enclenchements qui réalisent ces solidarités.

Ce tableau étant dressé, il convient d'en faire la *vérification*, c'est-à-dire de s'assurer que les enclenchements qui y sont prévus permettent de donner simultanément les passages qui sont simultanément possibles et surtout qu'ils interdisent des passages conduisant à des convergences.

#### A. — Programme d'enclenchements.

Pour l'établissement d'un programme d'enclenchements, on se sert généralement d'un plan schématique, sur lequel on marque : par les signes conventionnels signalés précédemment, la position normale des aiguilles ; par des couleurs spéciales ou des flèches, le sens dans lequel les voies peuvent être parcourues ; par des numéros inscrits dans un ordre méthodique, de gauche à droite, par exemple, les signaux et les appareils à enclencher.

On commence par dresser le tableau des différents itinéraires qui peuvent être réalisés dans l'étendue du poste, ce qui permet de décider si l'on fait l'application du système de l'enclenchement direct des signaux avec les appareils ou si l'on spécialise les itinéraires par l'emploi de leviers multiples. On établit ensuite les enclenchements de verrouillage des aiguilles et, s'il y a lieu, les enclenchements partiels entre les aiguilles. Puis on réalise, pour chacun des itinéraires, les enclenchements de route, c'est-à-dire les enclenchements de direction et de circulation, en s'attachant à les simplifier chaque fois que la chose est possible. On réalise les enclenchements de protection, en tenant compte des observations faites plus haut, notamment de ce que les itinéraires qui ont un appareil commun enclenché par un enclenchement de position sont rendus impossibles simultanément et par suite protégés. Enfin, on établit, s'il y a lieu, les enclenchements de continuité.

A titre d'exemple, nous empruntons au Cours de chemins de fer de Bricka le thème ci-dessous (fig. 244).

La voie A 5 D peut être parcourue dans les deux sens. L'aiguille 3 permet aux trains partant de la voie B d'aller soit vers D, soit vers G, et la voie BD peut être parcourue dans les deux sens. De la voie C on ne peut partir que vers D, mais sur cette voie peuvent arriver des trains venant soit de E, soit de F. Les aiguilles 1-1 sont manœuvrées par un levier unique ; ces aiguilles de même que les aiguilles 3 et 5 sont munies chacune d'un verrou ( $v_1$ ,  $v_3$  et  $v_5$ ) et sont normalement libres.

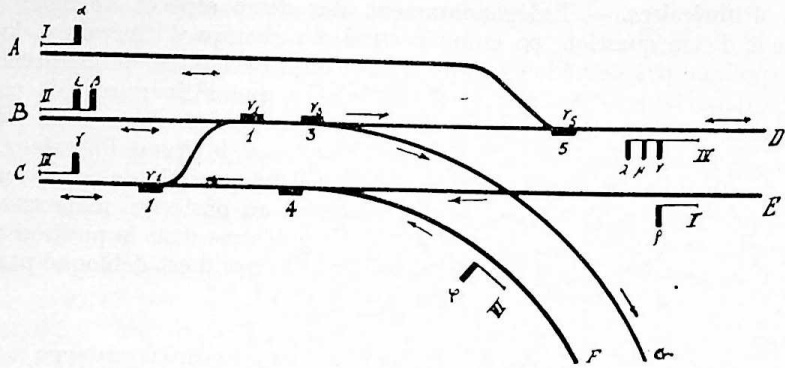


FIG. 244

Le tableau des itinéraires est le suivant en supposant appliqué le système des signaux à leviers multiples.

Numéros d'ordre	Désignation des itinéraires	Signaux	Changements de voie		Itinéraires traversés	Itinéraires simultanés	
			pris en pointe	pris en talon			
1	de A vers D	$\alpha$	—	5 dévié	»	3, 8, 9	Départ des trains et manœuvre de tiroir
2	de B vers D	$\beta$	3 direct	(1-1) direct	»	8, 9	
3	de B vers G	$\varepsilon$	3 dévié	(1-1) direct	8	1, 5, 9	
4	de C vers D	$\gamma$	(1-1) dévié — 3 direct	5 direct	»	»	Départ des trains Manœuvre de tiroir
5	de D vers A	$\nu$	5 dévié	—	»	3, 8, 9	
6	de D vers B	$\mu$	5 direct	3 direct	»	8, 9	Manœuvre de refoulement
7	de D vers C	$\lambda$	(1-1) direct 5 direct (1-1) dévié	3 direct	»	»	
8	de E vers C	$\rho$	—	4 direct — (1-1) direct	3	1, 2, 5, 6	
9	de F vers C	$\varphi$	—	4 dévié (1-1) direct	»	1, 2, 3, 5, 6	Arrivée des trains

Les enclenchements à réaliser sont les suivants :

1. — Enclenchements de verrouillage.

$$\frac{v_1 R}{1 N \text{ ou } R} \tag{1}$$

$$\frac{v_3 R}{3 N \text{ ou } R} \tag{2}$$

$$\frac{v_5 R}{5 N \text{ ou } R} \tag{3}$$



II. — **Enclenchements d'itinéraires.**

a) *Mouvements de gauche à droite.*

Voie A. — Un seul itinéraire se détache de cette voie (vers D)

$$\frac{\alpha R}{5 R} \tag{4}$$

Voie B. — Deux itinéraires : l'un vers D, l'autre vers G.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers D} \\ \frac{\beta R}{1 N} \end{array} \right\} \tag{5}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers D} \\ \frac{\beta R}{3 N} \end{array} \right\} \tag{6}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers D} \\ \frac{\beta R}{v_3 R} \end{array} \right\} \tag{7}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers D} \\ \frac{\beta R}{5 N} \end{array} \right\} \tag{8}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers G} \\ \frac{\varepsilon R}{1 N} \end{array} \right\} \tag{9}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers G} \\ \frac{\varepsilon R}{3 R} \end{array} \right\} \tag{10}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers G} \\ \frac{\varepsilon R}{v_3 R} \end{array} \right\} \tag{11}$$

Voie C. — Un itinéraire : vers D.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers D} \\ \frac{\gamma R}{1 R} \end{array} \right\} \tag{12}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers D} \\ \frac{\gamma R}{v_1 R} \end{array} \right\} \tag{13}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers D} \\ \frac{\gamma R}{3 N} \end{array} \right\} \tag{14}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers D} \\ \frac{\gamma R}{v_3 R} \end{array} \right\} \tag{15}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers D} \\ \frac{\gamma R}{5 N} \end{array} \right\} \tag{16}$$

b) *Mouvements de droite à gauche.*

Voie D. — Trois itinéraires : l'un vers A, l'autre vers B, le troisième vers C.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers A} \\ \frac{\nu R}{5 R} \end{array} \right\} \tag{17}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Itinéraire vers A} \\ \frac{\nu R}{v_5 R} \end{array} \right\} \tag{18}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\mu R}{5 N} \end{array} \right\} \quad (19)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\mu R}{v_5 R} \end{array} \right\} \quad (20)$$

$$\text{Itinéraire vers B} \left. \begin{array}{l} \frac{\mu R}{3 N} \end{array} \right\} \quad (21)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\mu R}{1 N} \end{array} \right\} \quad (22)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\mu R}{v_1 R} \end{array} \right\} \quad (23)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\lambda R}{5 N} \end{array} \right\} \quad (24)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\lambda R}{v_5 R} \end{array} \right\} \quad (25)$$

$$\text{Itinéraire vers C} \left. \begin{array}{l} \frac{\lambda R}{3 N} \end{array} \right\} \quad (26)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\lambda R}{1 R} \end{array} \right\} \quad (27)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\lambda R}{v_1 R} \end{array} \right\} \quad (28)$$

*Voie E.* — Un itinéraire : vers C

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\rho R}{4 N} \end{array} \right\} \quad (29)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\rho R}{1 N} \end{array} \right\} \quad (30)$$

*Voie F.* — Un itinéraire : vers C

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\varphi R}{4 R} \end{array} \right\} \quad (31)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\varphi R}{1 N} \end{array} \right\} \quad (32)$$

### III. — Enclenchements de protection.

a) *Mouvements de gauche à droite.*

*Voie A :*

$$\text{Protection de AD contre DA} \left. \begin{array}{l} \frac{\alpha R}{v N} \end{array} \right\} \quad (33)$$

Voie B :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Protection de l'itinéraire BD contre} \\ \text{les mouvements partant de D} \end{array} \right\} \frac{\beta R}{\nu N} \quad (34)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Protection de l'itinéraire BD contre} \\ \text{les mouvements partant de D} \end{array} \right\} \frac{\beta R}{\mu N} \quad (35)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Protection de l'itinéraire BD contre} \\ \text{les mouvements partant de D} \end{array} \right\} \frac{\beta R}{\lambda N} \quad (36)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Protection du passage B 3 G contre} \\ \text{le passage EC} \end{array} \right\} \frac{\varepsilon R}{\rho N} \quad (37)$$

Voie C :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Protection du passage C 1 D contre} \\ \text{les passages partant de D.} \end{array} \right\} \frac{\gamma R}{\lambda N} \quad (38)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Protection du passage C 1 D contre} \\ \text{les passages partant de D.} \end{array} \right\} \frac{\gamma R}{\mu N} \quad (39)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Protection du passage C 1 D contre} \\ \text{les passages partant de D.} \end{array} \right\} \frac{\gamma R}{\nu N} \quad (40)$$

b) *Mouvements de droite à gauche.*

Il est inutile de suivre les itinéraires de droite à gauche ; ils ne donnent lieu à aucune convergence de mouvements demandant à être rendue impossible, autre que celles que nous avons envisagées de gauche à droite.

IV. — **Enclenchements de continuité.**

Si les signaux V et VI sont précédés chacun d'un signal répétiteur (V' et VI'), on réalisera les enclenchements de continuité :

$$\frac{V' R}{V R} \quad (41)$$

et

$$\frac{VI' R}{VI R} \quad (42)$$

L'application du système des enclenchements directs aurait conduit aux résultats suivants fig. 245 :

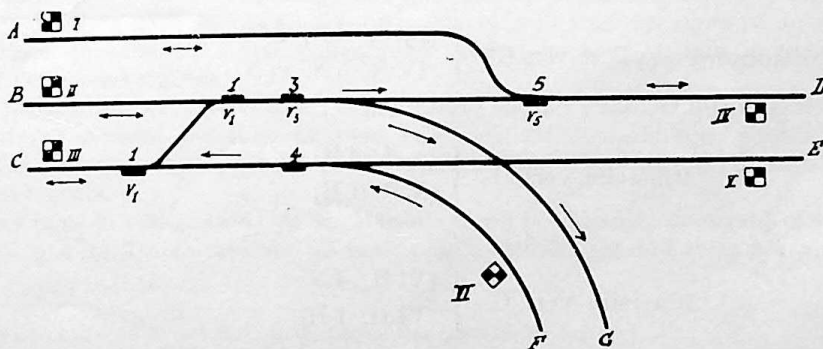


FIG 245.



## I. — ENCLENCHEMENTS DE VERROUILLAGE.

$$(v_1 R, 1 N \text{ ou } R) \quad (1)$$

$$(v_3 R, 3 N \text{ ou } R) \quad (2)$$

$$(v_5 R, 5 N \text{ ou } R) \quad (3)$$

## II. — ENCLENCHEMENTS D'ITINÉRAIRES.

a) *Mouvements de gauche à droite.*

Voie A :

$$(IR, 5 N)$$

Voie B :

$$\text{Itinéraire vers D} \left\{ \begin{array}{l} (II R, 1 R) \quad (5) \\ (II R, v_3 N) \quad (6) \\ (II R, 3 N, 5 R) \quad (7) \end{array} \right.$$

Pour l'itinéraire vers G, l'enclenchement est (II R,  $v_3 N$ ), déjà écrit.

Voie C :

$$\text{Itinéraire vers D} \left\{ \begin{array}{l} (III R, 1 N) \quad (8) \\ (III R, v_1 N) \quad (9) \\ (III R, 3 R) \quad (10) \\ (III R, v_3 N) \quad (11) \\ (III R, 5 R) \quad (12) \end{array} \right.$$

L'enclenchement (10) ne s'écrit pas (III R, 1 R, 3 R), parce que ce dernier enclenchement combiné avec l'enclenchement (8) : (III R, 1 N) donnerait (III R, 3 R), c'est-à-dire l'enclenchement (10).

De même l'enclenchement (12) ne s'écrit pas (III R, 1 R, 3 N, 5 R), parce que en combinant celui-ci avec (8) et (10) on obtient (III R, 5 R).

b) *Mouvements de droite à gauche.*

Voie D :

$$\text{Itinéraire vers A} : (IV R, v_5 N) \quad (13)$$

$$\text{Itinéraire vers B et vers C} \left\{ \begin{array}{l} (IV R, 5 N, 3 R) \quad (14) \\ (IV R, 5 N, v_1 N) \quad (15) \end{array} \right.$$

Voie E :

$$\text{Itinéraire vers C} \left\{ \begin{array}{l} (VR, 4 R) \quad (16) \\ (VR, 1 R) \quad (17) \end{array} \right.$$

Voie F :

$$\text{Itinéraire vers C} \left\{ \begin{array}{l} (VI R, 4 N) \quad (18) \\ (VI R, 1 R) \quad (19) \end{array} \right.$$

## III. — ENCLENCHEMENTS DE PROTECTION.

*Voie A :*

Protection de l'itinéraire AD contre l'itinéraire DA :

(I R, IV R) (20)

*Voie B :*Protection de l'itinéraire BD contre les mouvements partant de D.  
(Point de rencontre fictif entre 5 et IV).

(II R, 3 N, IV R) (21)

Protection de l'itinéraire B 3 G contre l'itinéraire EG.

(II R, 3 R, V R) (22)

*Voie C :*Protection de l'itinéraire C 1 D contre les itinéraires partant de D.  
(Point de rencontre fictif entre 5 et IV)

(III R, VI R) (23)

On n'écrit pas (III R, 1 R, 3 N, VI R) parce que les aiguilles 1 et 3 ne peuvent être empruntées que dans une direction, en partant de III R. C'est d'ailleurs à l'enclenchement (23) que se réduirait l'enclenchement (III R, 1 R, 3 N, VI R) en le combinant avec les enclenchements (8) et (10), c'est-à-dire avec (III R, 1 N) et (III R, 3 R).

## B. — Tableaux d'enclenchement.

Généralement, les enclenchements d'un projet sont présentés sous la forme d'un tableau, au moins pour les enclenchements binaires. Ces tableaux sont de différents types. A titre d'exemple, nous donnons le type du P. L. M., qui indique les leviers enclencheurs dans les deux positions, lorsque dans ces deux positions ils enclenchent d'autres leviers. Sur certains réseaux on traduit les enclenchements par un graphique au lieu de les réunir dans un tableau. (Voir tableau page suivante.)

## C. — Vérification des projets d'enclenchements.

La vérification d'un projet d'enclenchements se fait à deux points de vue : celui de la sécurité, qui est le plus important, et celui de l'exploitation.

La vérification, au point de vue de la sécurité, consiste à s'assurer que, pour chacun des itinéraires prévus, le signal commandant le mouvement ne peut pas être ouvert sans que tous les appareils de l'itinéraire qu'il est nécessaire d'immobiliser soient enclenchés dans la position convenable et que tous les signaux ou appareils susceptibles de conduire à une convergence soient enclenchés dans la position qui interdit cette convergence.

Se plaçant au point de vue de l'exploitation, on doit s'assurer que tous les mouvements simultanément possibles peuvent effectivement être obtenus, c'est-à-dire que les enclenchements ne s'opposent pas à la réalisation simultanée de deux itinéraires non convergents.

Pour faire la vérification, dit M. Maison <sup>(1)</sup>, on prend successivement et méthodiquement tous les itinéraires dans un sens, puis les itinéraires de l'autre sens, en ayant

(1) MAISON. Cours d'exploitation technique des chemins de fer.

TABLEAU D'ENCLÈCHEMENTS, TYPE P. L. M.

Leviers enclencheurs		Leviers enclenchés dans la position		
	position	normale	renversée	normale ou renversée
$\alpha$	renversée	$\nu$	5	
$\beta$	renversée	1-3-5- $\lambda$ - $\mu$ - $\nu$	$v_3$	
$\varepsilon$	renversée	1- $\rho$	3- $v_3$	
$\gamma$	renversée	3-5- $\lambda$ - $\mu$ - $\nu$	1- $v_1$ - $v_3$	
$\lambda$	renversée	5-3- $\beta$ - $\gamma$	$v_5$ -1- $v_1$	
$\mu$	renversée	5-3-1- $\beta$ - $\gamma$	$v_5$ - $v_1$	
$\nu$	renversée	$\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$	5- $v_5$	
$\varphi$	renversée	1	4	
$\rho$	renversée	4-1- $\varepsilon$		
1	} normale	$\gamma$ - $\lambda$		
		$\beta$ -2- $\mu$ -7- $\rho$		
$v_1$	} normale	$\gamma$ - $\lambda$ - $\mu$		
3	} normale	$\varepsilon$		1
		$\beta$ - $\gamma$ - $\lambda$ - $\mu$		
$v_3$	} normale	$\beta$ - $\varepsilon$ - $\gamma$		
4	} normale	$\varphi$		
		$\rho$		
5	} normale	$\alpha$ - $\mu$ - $\nu$		
		$\beta$ - $\gamma$ - $\lambda$ - $\mu$		
$v_5$	} normale	$\lambda$ - $\nu$		
	renversée			5

soin de partir du signal d'arrêt absolu qui commande chacun d'eux, c'est-à-dire en ne tenant pas compte des disques avancés, étant donné que ces appareils sont reliés aux signaux d'arrêt absolu par des enclenchements de continuité convenables. Pour chacun d'eux, on écrit sur une ligne horizontale et en regardant le croquis schématique, successivement dans l'ordre où on les rencontre, tous les signaux ou appareils qui doivent être immobilisés normalement ; puis, sur une ligne parallèle, au-dessous de la précédente et séparés par une barre de fraction, tous les signaux et appareils qui doivent être immobilisés dans la position renversée ; on s'assure ensuite avec le tableau des enclenchements que le signal d'arrêt commandant le mouvement, dans la position d'ouverture, enclenche bien tous les appareils placés en haut et en bas de la barre de fraction.

#### IV. — APPAREILS D'ENCLÈCHEMENT.

Le mécanisme des appareils d'enclenchement doit avoir pour effet d'obliger l'aiguilleur de manœuvrer, dans l'ordre voulu, tous les appareils nécessaires pour le mouvement d'un train ; il doit le mettre dans l'impossibilité d'effacer le signal qui commande ce mouvement, tant que la manœuvre des appareils n'est pas accomplie et, une fois le passage autorisé, de modifier la position des appareils avant que le signal



soit fermé et l'itinéraire parcouru. Toute aiguille doit pouvoir être manœuvrée tant que le signal qui en permet l'accès est fermé, ce qui revient à dire que les leviers des aiguilles non intéressées dans un itinéraire doivent pouvoir être déplacés pendant que cet itinéraire est occupé. Il doit être impossible d'effacer simultanément plusieurs signaux dont la mise au passage en même temps pourrait amener une rencontre de trains ; par contre, des signaux s'adressant à des trains appelés à circuler sans danger l'un à côté de l'autre, doivent pouvoir être mis simultanément au passage.

On distingue les appareils d'enclenchement mécaniques et les appareils d'enclenchement à transport de force.

### 1<sup>o</sup> Appareils d'enclenchement mécaniques.

Dans les appareils d'enclenchement mécaniques, les leviers agissent directement sur les tringles ou les fils qui déterminent la manœuvre des appareils de voie et des signaux et sur les pièces mécaniques qui servent aux enclenchements. D'une manière générale, ces derniers sont réalisés de la manière suivante :

Indépendamment de la transmission de signal, d'aiguille ou de verrou qu'il commande, chaque levier actionne une pièce à laquelle il communique, lorsqu'il passe de l'une de ses positions extrêmes à l'autre, un déplacement horizontal ou un mouvement oscillatoire ; cette pièce est : soit une *barre* ou une *grille de calage* (driving iron, gril, verschlussbalk), soit une *barre d'enclenchement* (lockbarr, verschlussstang). Les leviers qui actionnent des barres d'enclenchement sont des *leviers d'enclenchement* ; les barres sont, en effet, disposées de telle sorte que lorsque leur levier occupe une de ses positions extrêmes (N ou R), elles peuvent empêcher le mouvement de translation ou de bascule de certaines barres ou grilles de calage et immobiliser ainsi les leviers qui actionnent celles-ci. Au lieu d'être déplacées par des leviers de signaux, d'aiguilles ou de verrous, les barres d'enclenchement peuvent aussi être actionnées par des leviers spéciaux, des leviers d'itinéraires notamment.

On peut ramener à deux types les appareils d'enclenchement mécaniques : le type anglais et le type allemand.

#### A) APPAREILS DU TYPE ANGLAIS (1).

Les appareils du type anglais comportent le plus souvent des connexions à tringles pour les aiguilles et à simple fil pour les signaux. Les leviers attaquent les transmissions par l'intermédiaire d'un sabot S à deux branches (fig. 246), dont l'une est reliée à la tringle ou au fil de la connexion et dont l'autre porte un contre-poids. Au niveau de la poignée, le levier est muni d'une clichette à ressort, mobile autour d'un tourillon et qui, lorsqu'elle est ramenée vers la poignée, soulève, par l'intermédiaire d'une baguette, un verrou servant à fixer le levier dans chacune de ses positions extrêmes. Tous les leviers sont placés parallèlement entre eux dans un bâti et le montage se fait dans des conditions telles que l'un quelconque d'entre eux peut être retiré sans que l'on ait à immobiliser aucun autre.

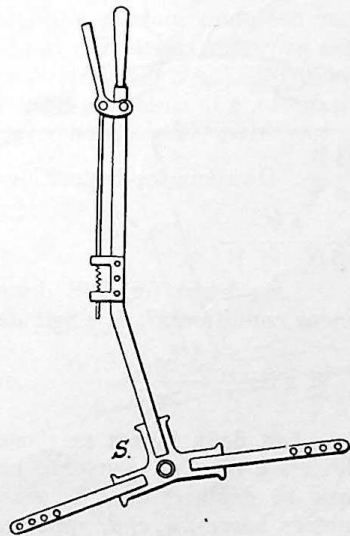
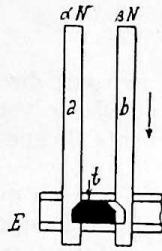


FIG. 246.

(1) Léonard P. LEWIS. *Railway signal engineering*

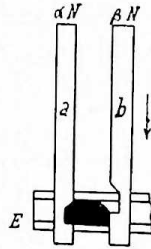
On distingue les appareils d'enclenchement à coins (wedge locking frames) et les appareils d'enclenchement à bascule (rocker locking frames) ; les premiers sont généralement des appareils à *enclenchement direct par les leviers* (lever locking frames) et les seconds des appareils à *enclenchement par les clichelles des leviers* (catch handle locking frames).

**Appareils Stevens.** (1) — Dans les appareils Stevens, les enclenchements sont réalisés au moyen de coins (taquets) et sont produits directement par les leviers. Les barres de calage *a* (fig. 247) sont placées dans le plan de rotation des leviers et portent



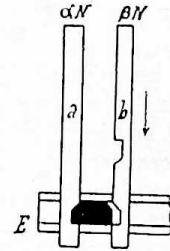
$$\frac{\beta R}{\alpha N} \text{ ou } \frac{\alpha R}{\beta N}$$

FIG. 247 a.



$$\frac{\beta N}{\alpha N} \text{ ou } \frac{\alpha R}{\beta R}$$

FIG. 247 b.



$$\frac{\alpha R}{\beta N \text{ ou } R} \text{ ou } \frac{\beta \text{ en mouvement}}{\alpha N}$$

FIG. 247 c.

sur une de leurs faces ou sur les deux, une entaille à profil trapézoïdal. Normalement à ces barres sont disposées des pièces *E*, en forme de coulisses dans lesquelles sont engagés les coins opérant les enclenchements. Ces coins se terminent latéralement par des plans inclinés à 45 degrés qui leur permettent de se loger dans les encoches des barres de calage. Un taquet *t* étant engagé dans l'encoche de la barre de calage *a* du levier  $\alpha$  (fig. 247 a), le renversement de celui-ci a pour effet de refouler le taquet vers la droite, à la condition toutefois que l'encoche de la barre de calage *b* du levier  $\alpha$  se trouve dans la position convenable. Cette disposition réalise donc la combinaison  $\frac{\beta R}{\alpha N}$ . De même les dispositions des figures 247 b et c réalisent les combinaisons  $\frac{\beta N}{\alpha N}$  et  $\frac{\alpha R}{\beta N \text{ ou } R}$ .

Le schéma fig. 248 donne un exemple d'enclenchement conditionnel. Il s'agit de réaliser la combinaison

$$\text{si } \varepsilon N, \frac{(\beta + \gamma + \delta) N}{\alpha N} \text{ ou } \frac{\alpha R}{\beta R \text{ ou } \gamma R \text{ ou } \delta R}$$

Les deux barres extrêmes *a* et *e*, commandées par les leviers  $\alpha$  et  $\varepsilon$ , ne peuvent, comme des barres ordinaires, que se déplacer dans le sens de leur longueur. Les trois autres barres, *b*, *c*, *d*, appartenant aux leviers  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , sont articulées et peuvent se mouvoir en même temps longitudinalement et latéralement. Quant à la barre transversale dans laquelle glissent les taquets, elle est formée de quatre tronçons, correspondant aux intervalles compris entre les barres de calage.

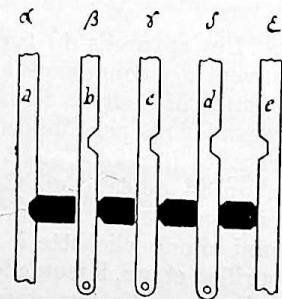


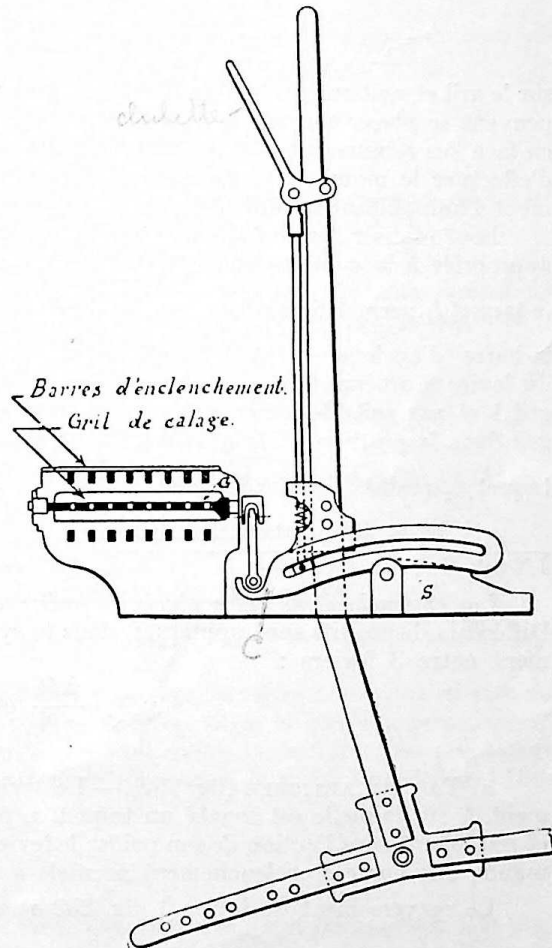
FIG. 248.

(1) DESPRETS. Etude sur les enclenchements du système Stevens (*Annales des Travaux publics de Belgique* (nos d'août 1919 et février 1920).

On voit — la figure représente tous les leviers dans la position normale — que si  $\epsilon$  est normal ( $\beta + \gamma + \delta$ ) N enclenchement  $\alpha$  N, mais que, si  $\epsilon$  est renversé,  $\alpha$  peut l'être également, étant donné que les barres  $b$ ,  $c$  et  $d$  peuvent se déplacer latéralement, à la condition toutefois que l'un des leviers  $\beta$ ,  $\gamma$  ou  $\delta$  soit renversé. S'il en est ainsi, le renversement de  $\alpha$  sera accompagné de l'enclenchement soit de  $\beta$ , soit de  $\gamma$ , soit de  $\delta$ .

**Appareils Saxby et Farmer.** (fig. 249) — Le système Saxby réalise les enclenchements au moyen de barres basculantes et par les clichettes des leviers.

Indépendamment du verrou de fixation, la baguette sur laquelle agit la clichette du levier de manœuvre porte à son extrémité un galet, qui est engagé dans une coulisse pouvant exécuter un mouvement de bascule autour d'un axe retenu par un secteur fixe S. Lorsque l'aiguilleur ramène la clichette contre la poignée, il fait non seulement sortir le verrou du cran qui immobilisait le levier, mais il soulève le galet et, avec lui, l'extrémité de la coulisse. Celle-ci reste immobile pendant le trajet que fait le levier pour arriver à sa position renversée et elle exécute un second mouvement de bascule, dans le même sens que le premier lorsque, l'aiguilleur abandonnant le levier et la clichette, le ressort du galet refoule le verrou dans la seconde encoche du secteur fixe. L'extrémité C de la coulisse est recourbée et agit, par l'intermédiaire d'une bielle, sur la manivelle d'une pièce de fonte qui s'étend dans le plan du levier de manœuvre et tourne de 45 degrés environ, à chaque mouvement de bascule de la coulisse. Cette pièce de fonte, qui porte le nom de



Appareil Saxby et Farmer

Fig. 249.

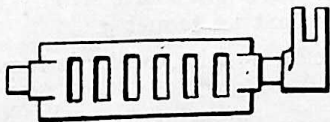


Fig. 250.

gril (fig. 250) et qui est munie de rainures transversales, constitue la pièce de calage du mécanisme d'enclenchement.

Au-dessus ou au-dessous de ceux-ci, des grils 1, 2, 3, ... (fig. 251) se meuvent, normalement à l'axe longitudinal de ceux-ci, des barres d'enclenchement EE', dont le déplacement longitudinal est obtenu par la rotation des grils de ceux des leviers qui font office de leviers enclencheurs ; à cet effet, une pièce de fonte F en forme de fourche est rivée



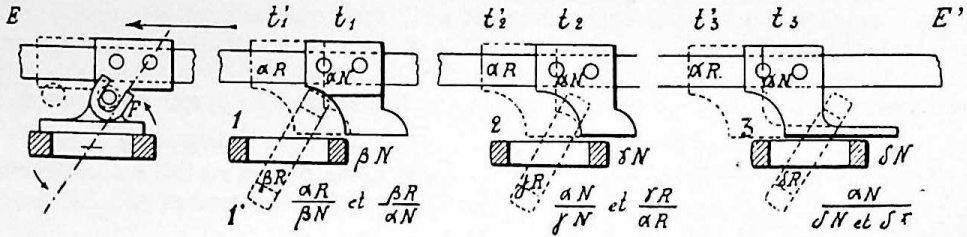


FIG. 251.

sur le gril et agit sur un bouton fixé à la barre. Celle-ci porte des taquets  $l_1, l_2, l_3, \dots$  qui peuvent se placer soit sur le rebord des grils, ce qui empêche ceux-ci de tourner, soit en face des rainures ou complètement en dehors des grils, ce qui permet à ces derniers d'effectuer le mouvement de bascule. L'immobilisation des grils entraîne nécessairement l'immobilisation des leviers.

Pour réaliser des *enclenchements binaires*, il suffit de donner aux taquets une forme appropriée à la combinaison que l'on veut obtenir. Le dessin figure 251 montre que le taquet  $l_1$  permet de réaliser l'enclenchement  $\frac{\alpha R}{\beta N}$  et  $\frac{\beta R}{\alpha N}$ . Le levier  $\alpha$  entraînant la barre d'enclenchement  $EE'$  et le levier  $\beta$  agissant sur le gril 1, le renversement du levier  $\alpha$  amène le taquet dans la position  $l'_1$ , ce qui a pour effet d'immobiliser le gril 1 et par suite le levier  $\beta$ ; par contre, le renversement du levier  $\beta$ , qui amène le gril dans la position 1', immobilise la barre  $EE'$  et par suite le levier  $\alpha$ . De même le taquet  $l_2$  réalise l'enclenchement  $\frac{\alpha N}{\gamma N}$  et  $\frac{\gamma R}{\alpha R}$  et le taquet  $l_3$  l'enclenchement  $\frac{\alpha N}{\delta N}$  et  $\frac{\delta R}{\alpha R}$  pendant sa course.

Les *enclenchements entre plusieurs leviers* exigent un mécanisme plus compliqué. Différents dispositifs sont appliqués, dans le système Saxby, pour réaliser l'enclenchement entre 3 leviers :

$$\text{si } \gamma N, \frac{\beta R}{\alpha N} \text{ ou } \frac{\alpha R}{\beta N}.$$

a) TAQUET ARTICULÉ (fig. 252). — Le levier  $\alpha$  commande une barre d'enclenchement A sur laquelle est monté un taquet  $a$ , pouvant osciller autour d'un tourillon  $o$  et retombant sous l'action de son poids ; le levier  $\beta$  actionne le gril  $b$  et le levier  $\gamma$  commande une barre d'enclenchement normale à A et portant un taquet  $g$ .

Le renversement du levier  $\beta$  (fig. 252 a) a pour effet de faire osciller le taquet  $a$

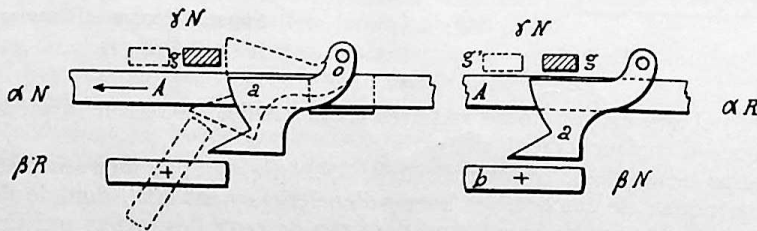


FIG. 252 a.

FIG. 252 b.

faire  
jusque  
213

et d'immobiliser  $\alpha N$ , si  $\gamma$  est normal, donc

$$\text{si } \gamma N, \quad \frac{\beta R}{\alpha N}.$$

D'autre part, le renversement de  $\alpha$  (fig. 252 b) a pour conséquence d'immobiliser  $\beta$  dans sa position normale, d'où :

$$\text{si } \gamma N, \quad \frac{\alpha R}{\beta N}.$$

Enfin, quand  $\gamma$  est renversé,  $g$  vient en  $g'$  et rien ne s'oppose à ce que l'on renverse  $\alpha$  et  $\beta$  (fig. b) ; mais dans ce cas  $\gamma R$  est immobilisé, de sorte que l'on a

$$\frac{\alpha R \text{ et } \beta R}{\gamma R}.$$

Le taquet  $a$  devant retomber par son poids, ce mode d'enclenchement est limité aux barres placées au-dessus des grils.

b) ENCLÈCHEMENT A MARTEAU (fig. 253). — Les leviers  $\alpha$  et  $\gamma$  commandent deux barres  $a$  et  $g$ , portant chacune une saillie munie d'une échancrure trapézoïdale et le levier  $\beta$  actionne un gril  $b$ , pourvu d'un appendice en forme d'agrafe. Entre les barres  $a$  et  $g$  se trouve une barre  $n$ , qui n'est actionnée par aucun levier et qui porte un balancier  $l$  et un taquet  $m$  jouant avec le gril  $b$ . Le balancier  $l$  est muni d'un talon  $t$ , en forme de marteau, qui peut pénétrer dans l'une ou l'autre des échancrures des barres  $a$  et  $g$  ; ces échancrures sont disposées de façon à ne pouvoir être en face l'une de l'autre que si l'un des leviers  $\alpha$  et  $\gamma$  est dans la position renversée et l'autre dans sa position normale. Lorsque  $\alpha$  et  $\gamma$  sont normaux, le talon  $t$  est placé dans l'encoche de la barre  $a$  et si  $\beta$  est normal en même temps, le gril  $b$  immobilise  $\alpha$  (fig. 253 a). On a donc :

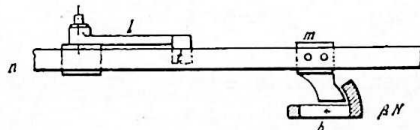


FIG. 253a.

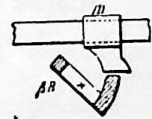


FIG. 253b.

Si,  $\gamma$  étant normal, on renverse  $\beta$ , puis  $\alpha$ , le talon  $m$  vient immobiliser  $\beta R$  (fig. 253 b) ; d'où :

$$\text{si } \gamma N, \quad \frac{\beta N}{\alpha N}.$$

Si,  $\gamma$  étant normal, on renverse  $\beta$ , puis  $\alpha$ , le talon  $m$  vient immobiliser  $\beta R$  (fig. 253 b) ; d'où :

$$\text{si } \gamma N, \quad \frac{\alpha R}{\beta R}.$$

Enfin, si l'on commence par renverser  $\gamma$ , l'échancrure de  $g$  est amenée en face du talon  $t$ . Si alors,  $\beta$  étant renversé, on renverse  $\alpha$ , le balancier  $l$  oscille et le talon  $t$  vient se loger dans l'échancrure de  $g$  en immobilisant  $\gamma$ , de telle sorte que l'on a :

$$\frac{\alpha R \text{ et } \beta R}{\gamma R}.$$

c) ENCLÈCHEMENT A BOÎTE (fig. 254 et 255). — Le levier  $\alpha$  mène le gril  $a$  et les leviers  $\beta$  et  $\gamma$  les barres  $b$  et  $c$ , auxquelles sont fixés les épaulements  $m$  et  $n$ . Sur les barres  $b$  et  $c$  glisse à frottement doux la boîte en fonte  $B$ , munie d'un couvercle et qui peut être entraînée par  $b$  ou par  $c$ , dont les épaulements peuvent agir sur les portées  $x$  et  $y$ . Une pièce  $d$ , taillée en biseau à ses

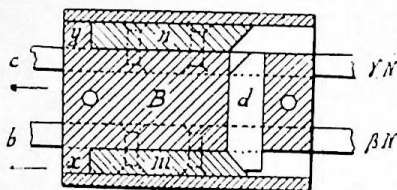


FIG. 254.

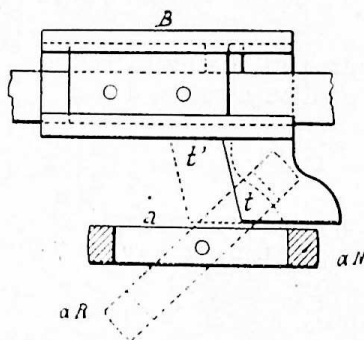


FIG. 255.

deux bouts, est emprisonnée dans la boîte et peut glisser dans une rainure que présente celle-ci. Enfin la boîte porte un taquet ordinaire  $t$ , en relation avec le gril  $a$ .

On voit que

$$\text{si } \gamma N, \quad \frac{\beta N}{\alpha N}.$$

Si l'on renverse  $\beta$ , l'épaulement de la barre  $b$  entraîne la boîte et, avec elle, le taquet  $t$ , qui vient en  $t'$ .

Si alors on renverse  $\alpha$ , on a :

$$\text{si } \gamma N, \quad \frac{\alpha R}{\beta R}.$$

Enfin, si l'on renverse  $\gamma$ ,  $\beta$  restant normal, la pièce  $d$  glisse et se déplace de l'épaulement  $m$  sur l'épaulement  $n$ . Si,  $\gamma$  étant renversé, on renverse  $\beta$ , on aura  $\frac{\beta R}{\gamma R}$ . Mais le renversement de  $\gamma$  a aussi permis le renversement de  $\alpha$ , qui donne  $\frac{\alpha R}{\gamma R}$ . Donc l'on peut écrire

$$\frac{\alpha R \text{ et } \beta R}{\gamma R}.$$

Les appareils Saxby réalisant les enclenchements par les clichettes des leviers, l'aiguilleur ne peut déplacer un levier que pour autant que le galet de la coulisse permette de ramener la clichette contre la manette ; si la clichette ne cède pas, c'est que le levier est enclenché et si, la clichette ayant cédé, le levier ne peut pas être déplacé, c'est qu'il y a un dérangement dans la connexion. On évite ainsi un inconvénient qui se présente dans les appareils Stevens dans lesquels les enclenchements s'établissent entre les leviers. Habités à rencontrer des résistances relativement fortes dans le déplacement des leviers, les aiguilleurs prennent vite l'habitude d'exécuter les manœuvres par des efforts vigoureux et en agissant par à-coups ; il en résulte qu'il leur arrive de détériorer l'appareil quand ils s'efforcent de renverser un levier enclenché qu'ils croient ne pas l'être.



**Construction des appareils.** — Le tableau des enclenchements (voir page 192) sert de guide pour la construction des appareils.

Le choix des leviers enclencheurs se fait d'après les principes suivants : si l'itinéraire est commandé par un signal, le levier de celui-ci est choisi à l'exclusion de tout autre ; s'il n'en est pas ainsi, on choisit un levier d'aiguille ou de verrou devant se trouver dans la position renversée et le choix se porte de préférence sur le levier de verrou du premier aiguillage pris par la pointe.

Lorsque différents itinéraires correspondent à l'ouverture d'un même signal, on peut manœuvrer celui-ci par différents leviers et affecter un levier à chaque itinéraire ou bien le manœuvrer par un seul levier, dont le renversement réalise, pour chaque itinéraire, les enclenchements que ce dernier comporte.

Supposons qu'un même signal, manœuvré par un même levier, commande les trois itinéraires

$$\frac{a. b}{c. d}, \quad \frac{a. d. e}{c. f}, \quad \frac{a. d. f. g}{c. h},$$

les leviers au numérateur devant se trouver dans la position N et ceux au dénominateur dans la position R.

On voit que les leviers *a* et *c* sont enclenchés de la même manière dans les trois itinéraires ; deux taquets permettront d'en réaliser l'enclenchement. Si l'on fait abstraction de ces leviers, les solidarités se ramènent à

$$\frac{b}{d}, \quad \frac{d. e}{f} \quad \text{et} \quad \frac{d. f. g}{h}.$$

Le levier *d* est commun également aux trois itinéraires, mais doit être renversé dans le premier et être normal dans les deux autres. Il donnera lieu à un enclenchement de passage, qui sera réalisé sur un taquet.

Dans le premier itinéraire, le signal ne pourra être effacé que, si *d* étant R, *b* est N ; cet enclenchement conditionnel sera réalisé au moyen d'une boîte. Dans le deuxième et le troisième itinéraires, *d* étant N, le levier *f* devra être R ou N ; cet enclenchement sera réalisé également au moyen d'une boîte. Enfin, le levier *e* du deuxième itinéraire, qui devra être N avec *d*N et *f*R donnera lieu à une boîte d'enclenchement conditionnel et il en sera de même de chacun des leviers *g* et *h* du troisième itinéraire. Il faudra donc en tout 3 taquets et 5 boîtes d'enclenchement conditionnel.

Si plusieurs itinéraires comportent un certain nombre d'enclenchements communs, on peut réduire le nombre de taquets sur les différentes barres d'enclenchement, en réalisant les enclenchements communs par un levier quelconque de l'appareil central.

Supposons les itinéraires  $\frac{a. l. p}{b. n. o}, \quad \frac{c. l. p}{d. n. o} \quad \text{et} \quad \frac{e. l. p}{g. n. o}.$

On peut réaliser isolément les quatre enclenchements communs, en ayant recours à un levier spécial *k*, dont le renversement donnera :  $\frac{l. p}{n. o}.$

Les enclenchements à réaliser seront donc remplacés par

$$\frac{a}{b. k}, \quad \frac{c}{d. k} \quad \text{et} \quad \frac{e}{g. k}$$

et il suffira de 3 taquets pour chacune des barres d'enclenchement. Au lieu d'être de  $6 \times 3 = 18$ , le nombre total des taquets nécessaires sera de  $3 \times 3 + 4 = 13$ .

Les enclenchements d'un itinéraire comprenant un grand nombre de leviers

peuvent être réalisés par différentes barres d'enclenchement. Supposons l'itinéraire

$$\frac{a. b. c. d}{e. f. g. h}$$

Les enclenchements auxquels il donne lieu pourraient être réalisés comme suit :

$$\frac{d}{f} = \frac{d}{g. h}, \quad \frac{c}{e} = \frac{b. c}{f}, \quad \frac{a}{s} = \frac{a}{e};$$

le levier  $fR$  enclencherait  $dN$ ,  $gR$  et  $hR$ , le levier  $eR$  enclencherait  $bN$ ,  $cN$  et  $fR$ , enfin le renversement du levier  $s$  du signal enclencherait  $aN$  et  $eR$ .

#### B) APPAREILS DU TYPE ALLEMAND (1).

Dans le plus grand nombre des appareils allemands, les leviers d'aiguilles et de verrous sont enclenchés par le renversement de leviers d'itinéraires et les leviers de signaux sont immobilisés par des appareils de block.

La commande des signaux et des appareils de voie se faisant par des transmissions à double fil, les leviers de manœuvre sont plus petits que dans les appareils anglais et comportent des détails de construction que l'on ne rencontre pas dans ces derniers.

**Leviers d'aiguilles et de verrous.** — En général, les aiguilles sont talonnables ; il en résulte que les leviers qui les manœuvrent doivent être reliés par des accouplements élastiques aux poulies qui actionnent les transmissions. Le schéma fig. 256 rend compte de la disposition qui est adoptée à cet effet.

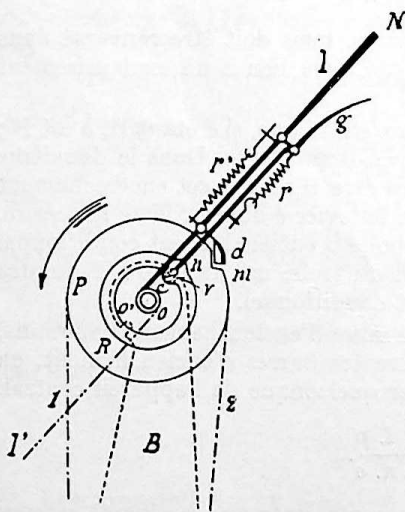


FIG. 256.

La poulie P, à laquelle sont fixés les brins 1 et 2 de la connexion, tourne librement sur l'axe o porté par le bâti B. Autour du même axe tourne le levier de manœuvre l ; celui-ci est muni d'une cliquette g, commandant le verrou v qui, dans les positions N et R du levier, est refoulé par le ressort r dans les crans c et c' de la tête du bâti. La poulie P présente une rainure dans laquelle peut se déplacer le verrou du levier et une encoche m dans laquelle pénètre le doigt d qui la relie par l'intermédiaire du ressort r' au levier. Pour renverser celui-ci, l'aiguilleur ramène la cliquette g contre la poignée l ; le verrou sort du cran c, vient se loger dans l'encoche n et établit la solidarité entre la poulie et le levier. Il suffit ensuite d'amener celui-ci dans la position R, pour obtenir le renversement de l'aiguille.

Toute traction anormale sur l'un des brins de la transmission, provoquée soit par le talonnage de l'aiguille, soit par le compensateur dans le cas de rupture d'un fil, détermine la rupture de l'accouplement élastique constitué par le doigt d et le ressort

(1) SCHUBERT. Die Sicherungswerke im Eisenbahnbetriebe, pp.195 à 246.  
SCHEIBNER. Mittel zur Sicherung des Betriebes, dans Handbuch der Ingenieurwissenschaften, V. Theil. VI Band, pp. 289 à 370 et pp. 482 à 620.

$r'$ , de telle sorte que le levier restant dans la position N ou R dans laquelle il se trouve lorsque l'accident survient, la poulie devenue indépendante du levier exécute le mouvement commandé par la transmission. La présence d'un corps étranger entre l'aiguille et la contre-aiguille romprait, de même, l'accouplement, mais cette fois la poulie resterait fixe et le levier se déplacerait.

La rupture de l'accouplement a pour conséquence d'immobiliser le levier d'itinéraire dans la position qu'il occupait au moment de cette rupture, de mettre en action une sonnerie trembleuse et de faire apparaître un voyant, qui renseignent l'aiguilleur sur l'accident qui vient de se produire.

Les leviers de verrous sont analogues aux leviers d'aiguilles ; comme ceux-ci, ils sont à accouplement élastique, pour parer aux conséquences d'un bris ou d'une tension inégale de la connexion.

**Leviers de signaux.** — La construction des leviers de signaux est plus simple que celle des leviers d'aiguillages. L'accouplement élastique est inutile, une rupture de fil étant suivie du retour du signal à la position d'arrêt. Le levier et la poulie sont simplement calés sur un axe commun.

**Mécanismes d'enclenchement.** — On distingue essentiellement deux catégories de mécanismes d'enclenchement : ceux dans lesquels les leviers d'itinéraires immobilisent les poulies des leviers d'aiguilles et de verrous au moyen de verrous actionnés par des barres d'enclenchement à mouvement rectiligne et ceux dans lesquels les leviers d'itinéraires déplacent des barres d'enclenchement munies de laquets, qui immobilisent des barres de calage mues par les leviers d'aiguilles et de verrous. Dans la première catégorie se classent notamment les appareils Siemens et Halske et, dans la seconde, les appareils Max Judel.

**Appareils Siemens et Halske.** (fig. 257 et 258). — Les barres d'enclenchement 1, 2, 3, ... sont constituées par des lattes en acier et chacune est déplacée par une petite manivelle  $n$ , calée sur un axe  $a$  normal à la latte et mue par une manette d'itinéraire  $i$ . En se déplaçant de droite à gauche, la barre communique un mouvement de rotation à des manivelles  $m_1, m_2, \dots$  calées sur des axes  $b, c, \dots$ , parallèles à l'axe  $a$  et agissant, par l'intermédiaire de pièces  $d$ , sur les verrous  $v_n$  et  $v_r$ , qui immobilisent les poulies des leviers des appareils de voie. Chaque levier d'aiguille ou de verrou comporte deux poulies  $P_n$  et  $P_r$ , l'une pour l'enclenchement du levier dans la position N, l'autre pour l'enclenchement dans la position R.

Les manivelles  $x_1$  (actionnée par la barre 1),  $x_2$  (actionnée par la barre 2)... enclenchent les poulies  $A_1, A_2, \dots$  des leviers de signaux. On voit que lorsque la manette d'itinéraire  $i$  est dans sa position normale, le levier de signal est enclenché et les leviers d'appareils de voie sont libres. Ces derniers

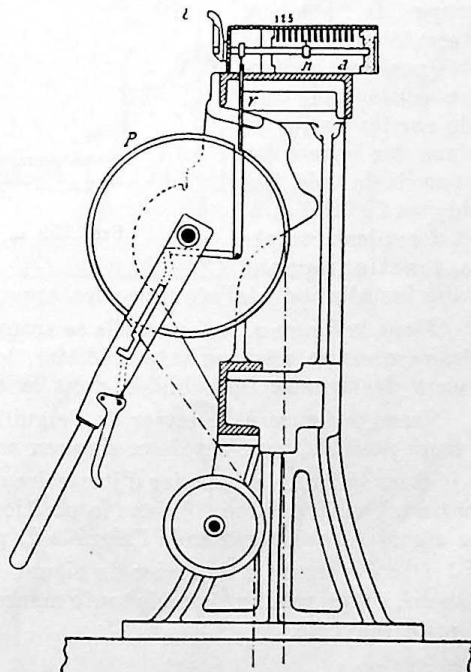


FIG. 257.



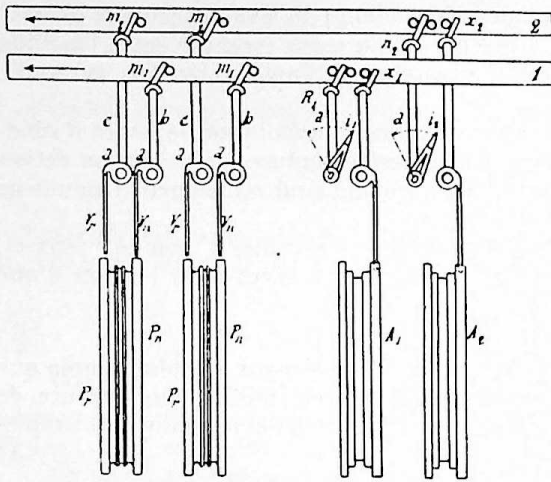


FIG. 258.

d'enclenchement dans l'appareil Judel et dans les appareils similaires. Les leviers des appareils de voie sont libres lorsque le levier d'itinéraire occupe sa position intermédiaire et, dans cette position, ce dernier est à son tour calé par les barres de calage des leviers des appareils de voie. Les schémas fig. 260 a, b, c et d rendent compte du fonctionnement

d'une installation réalisée avec les appareils Judel.

Dans la figure a, les appareils se trouvent dans la position normale: le levier d'itinéraire dans sa position intermédiaire, les leviers des appareils de voie libres et les leviers de signaux immobilisés dans la position d'arrêt.

Dans la figure b, le levier de l'aiguille 2 est renversé; la manœuvre de l'aiguille 1 reste possible, mais les deux signaux sont enclenchés à l'arrêt.

Dans la figure c, le levier d'itinéraire est placé dans la position a: les deux aiguilles sont enclenchées, l'une (1) dans la position N, l'autre (2) dans la position R; le levier du signal A, qui commande l'aiguille 2, peut être renversé.

Dans la figure d, le levier du signal A est renversé: le levier d'itinéraire est enclenché, ce qui rend impossible toute manœuvre des aiguilles tant que le levier du signal A reste renversé.

étant placés dans la position que l'itinéraire exige, l'aiguilleur renverse la manette d'itinéraire et enclenche les appareils. Par le fait même, il libère la manivelle x, ce qui rend possible le renversement du levier du signal.

**Appareils Judel** (fig. 259 a et b). — Avec chaque levier d'aiguille ou de verrou se déplace une barre de calage b qui, selon que le levier est N ou R, occupe la position 1 ou la position 2 et peut être enclenchée par le taquet n ou le taquet r, portés par la barre d'enclenchement e mue par le levier d'itinéraire. Alors que dans l'appareil Siemens, la manette d'itinéraire n'enclenche les leviers des appareils de voie que dans l'une de ses positions, le levier d'itinéraire a deux positions

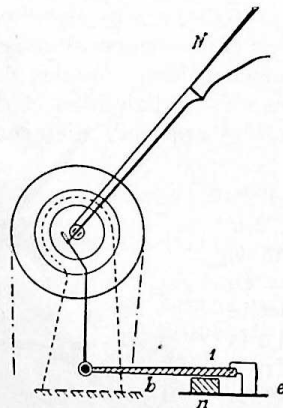


FIG. 259 a.

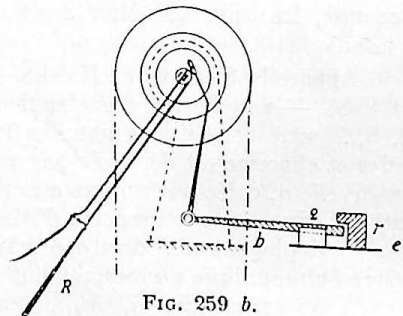


FIG. 259 b.

Leviers d'aiguilles.

Leviers de signaux.

Leviers d'itinéraire.

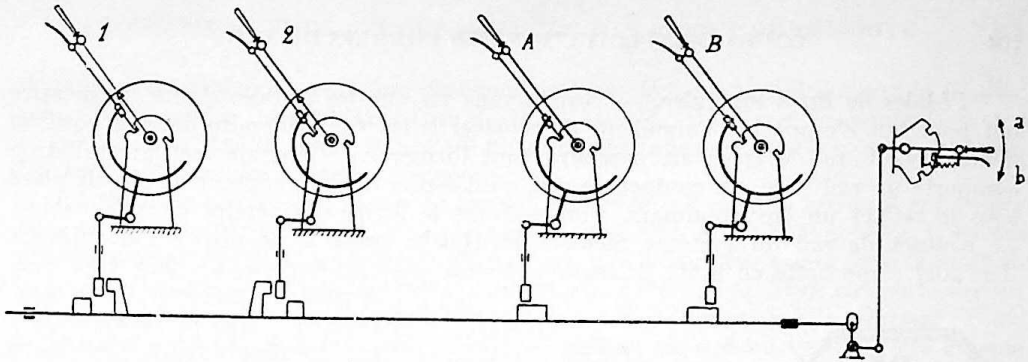


FIG. 260 a.

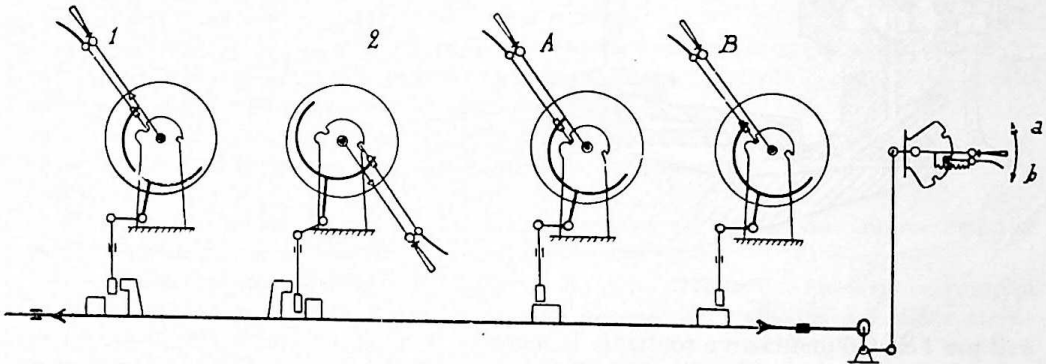


FIG. 260 b.

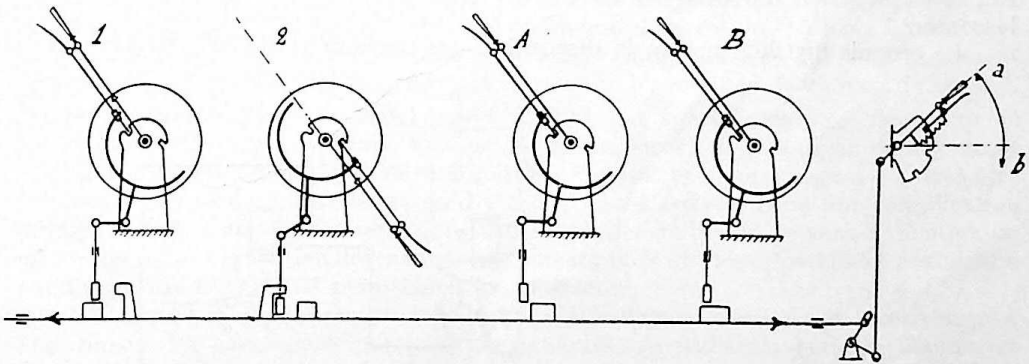


FIG. 260 c.

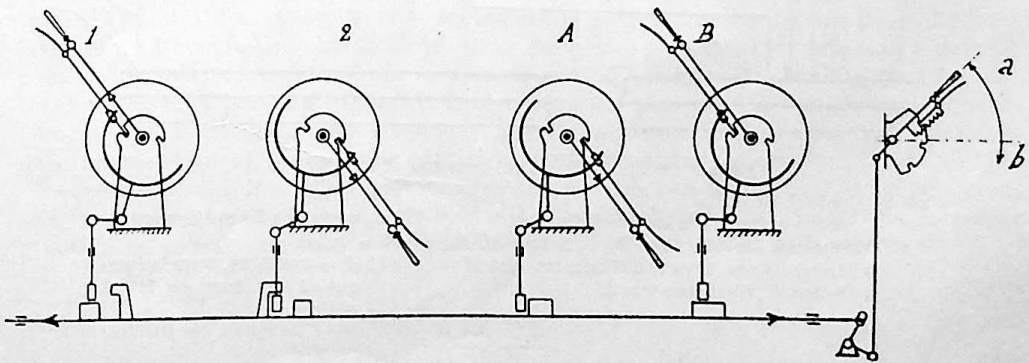


FIG. 260 d.

**Pédales de fin d'itinéraire.** — Nous avons vu que les pédales de fin d'itinéraire ont pour but d'empêcher l'aiguilleur de replacer le levier d'itinéraire dans la position neutre avant que le train ait parcouru tout l'itinéraire. Généralement l'installation comporte un rail isolé, un contact de rail, c'est-à-dire un interrupteur de circuit placé sous le rail et un électro-aimant, immobilisant le levier d'itinéraire dans la cabine. Le contact de rail du système Siemens et Halske présente la disposition suivante (fig. 261) : une boîte en fonte B, remplie de mercure, est fixée, entre deux traverses, au patin du rail isolé. Cette boîte est fermée à sa partie supérieure par un diaphragme flexible en acier, auquel se transmet par l'intermédiaire d'une tige et d'un plateau T, la flexion que subit le rail au passage de chaque roue de véhicule. Un ajutage D met la boîte en communication avec un récipient en forme de coupe, à la partie inférieure duquel vient affleurer le mercure et dans lequel plonge une pièce R, en forme de fourchette, à laquelle est reliée l'âme d'un câble électrique.

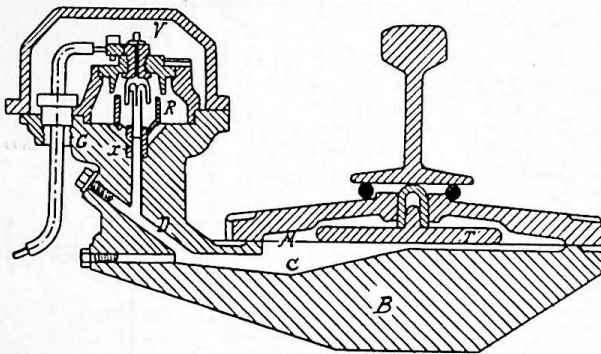
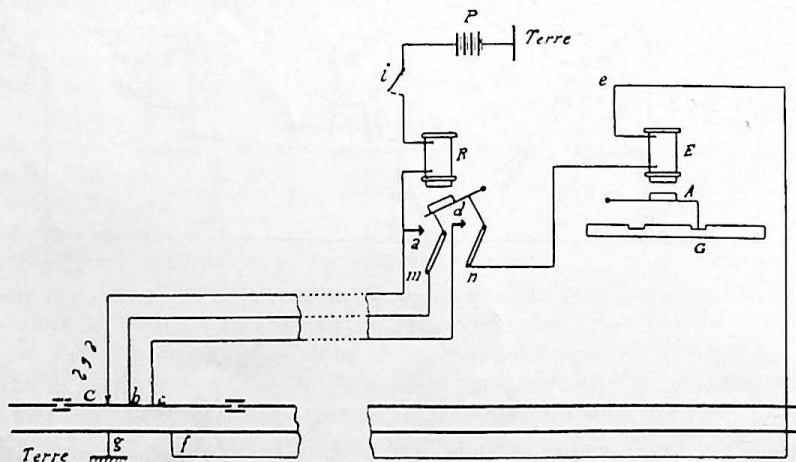


FIG. 261.

Chaque fois que fléchi le rail par l'effet d'une charge roulante, le mercure vient se répandre dans la coupe, se met en contact avec la pièce R et établit un circuit entre le câble électrique et le rail isolé ; ce circuit n'est interrompu que lorsque le dernier véhicule du train a dépassé le contact.

Le croquis fig. 262 montre la disposition des connexions électriques. Le contact

Le croquis fig. 262 montre la disposition des connexions électriques. Le contact



Pédale de fin d'itinéraire. Schéma d'installation.

C = Contact de rail

E = électro-aimant du levier d'itinéraire

A = armature de l'électro P, enclenchant la glissière G du levier d'itinéraire quand l'électro E n'est pas excité

P = pile

i = commutateur d'économie

R = relais

a et d = contacts, fermés lorsque l'armature de R est attirée.

FIG. 262.



de rail *C* étant actionné par la première roue du train, le courant suit d'abord le circuit : pile, *i*, *R*, *C*, essieu, terre. L'armature de *R* est attirée ; elle ferme les contacts *a* et *d* et le courant s'établit par le circuit de moindre résistance : *P*, *i*, *R*, *a*, *m*, *b*, *g*, terre. Le levier d'itinéraire *G* reste enclenché.

Aussitôt que le dernier essieu du train a dégagé le rail isolé, la terre est supprimée en *g* et le courant : pile, *i*, *R*, *a*, *m*, *b*, remonte par *c*, *d*, *n*, *E*, *e*, *f*, *g*, terre. L'électro attire son armature et libère le levier d'itinéraire, que l'aiguilleur remet dans la position normale, ce qui a pour effet d'actionner l'interrupteur d'économie et de couper le circuit.

Pour que la sécurité soit complètement garantie, il faut que le courant circule aussi longtemps que le train passe sur le rail isolé et ne soit interrompu que lorsque le dernier essieu a dégagé celui-ci. Le rail isolé doit donc être continuellement occupé par un essieu, ce qui revient à dire que sa longueur doit être plus grande que l'écartement maximum des essieux du matériel roulant.

La pédale de fin d'itinéraire peut aussi être appliquée à une installation Saxby ou une installation similaire ; dans ce cas on doit établir, dans la cabine, un dispositif supplémentaire tenant lieu de levier d'itinéraire.

## 2° Appareils d'enclenchement à transport de force.

La manœuvre des leviers exclusivement par la main de l'homme donne lieu aux inconvénients ci-après dans les installations importantes :

1° L'effort tant musculaire que nerveux étant relativement considérable, l'emploi d'un personnel nombreux s'impose, d'où une dépense de main-d'œuvre assez élevée et une diminution de la sécurité, à cause de la difficulté d'obtenir une unité d'action parfaite des nombreux agents qui occupent simultanément la cabine.

2° L'utilisation d'une transmission par fils ou par tringles, entre les leviers et les appareils, limite étroitement l'étendue du champ d'opération et oblige à multiplier le nombre des postes. Les installations sont ainsi compliquées, les signaux intéressant plusieurs postes devant être à la fois placés sous la dépendance de chacun de ceux-ci.

3° Les voies d'arrivée et de départ n'étant pas spécialisées dans beaucoup de gares importantes de voyageurs, chaque signal de départ doit pouvoir donner accès à autant d'itinéraires qu'il y a de destinations diverses et chaque signal d'entrée être l'origine d'autant de mouvements qu'il y a de voies d'arrivée. D'où une complication de signaux et d'aiguillages qui, non seulement demande un personnel nombreux, mais exige, dans l'exécution des manœuvres, une rapidité que les appareils à transmission par fils et par tringles ne permettent pas d'obtenir.

Les appareils de manœuvre à transport de force remédient à ces inconvénients. Supprimant les connexions purement mécaniques, ils utilisent, pour la manœuvre des signaux et des aiguilles, de l'énergie en tension (eau sous pression, air comprimé, électricité), qu'une distribution spéciale, actionnée en cabine, conduit à des moteurs installés à côtés des appareils. Non seulement la manœuvre des leviers devient moins fatigante et l'étendue du champ d'opération des postes peut être étendue, mais il devient possible de mettre en action, par le déplacement d'une manette unique, tous les moteurs nécessaires pour un itinéraire. L'aiguilleur n'a plus ainsi à manœuvrer successivement et dans l'ordre voulu les leviers individuels des différents appareils intéressés dans un mouvement, pour ouvrir ensuite le signal commandant celui-ci ; il lui suffit de renverser un seul levier, un *levier trajecteur*, qui met en action soit simultanément, soit successivement, tous les appareils et efface le signal après que le contrôle de retour a notifié en cabine que tous les appareils ont été effectivement manœuvrés (1).

(1) *Bulletin du Congrès*, avril 1904, p. 239.

Deux éléments sont particuliers aux installations à transport de force : les appareils pour la production, l'emmagasinement, la distribution et l'utilisation de l'énergie sous tension et le dispositif de contrôle.

**Production et utilisation de l'énergie.** — Selon la nature du fluide utilisé, l'installation comporte : une pompe aspirante et foulante et un accumulateur dans le cas de l'eau sous pression ; un compresseur, un réservoir et un refroidisseur quand il s'agit d'air comprimé ; une batterie d'accumulateurs quand l'énergie est fournie par le courant électrique.

Les moteurs actionnant les signaux et les aiguilles sont à mouvement rotatif ou à mouvement alternatif.

**Dispositif de contrôle.** — Il est indispensable que l'aiguilleur sache que les moteurs qu'il commande de la cabine obéissent bien à la commande et que les aiguilles notamment parcourent entièrement leur course. Cette information lui est donnée par un *contrôle de retour*.

Le plus grand nombre des systèmes fonctionnent avec le contrôle de retour *impératif*. La manœuvre des leviers ou manettes de commande se fait en deux temps. Le levier ou la manette est arrêté avant la fin de sa course par un verrou de contrôle qui ne le dégage et ne lui permet d'achever sa course qu'après que l'appareil en campagne (aiguille ou signal) est placé dans la position voulue et a actionné sur place un circuit de contrôle (hydraulique, pneumatique ou électrique), qui vient commander ce verrou dans la cabine.

Le système électrique Siemens et Halske applique le contrôle de retour *permanent*. Avec ce système, la manœuvre de la manette se fait en un temps ; il existe une relation électrique constante entre la position de l'appareil en campagne et de son moteur et celle du levier en cabine.

Le contrôle de retour ne s'applique qu'au moteur ; il ne dispense pas de l'application des sécurités (appareils de calage des aiguilles, détecteurs, pédales), en usage avec les appareils à manœuvre purement manuelle.

Les divers systèmes d'enclenchements à manœuvres dynamiques appliquées actuellement sont les suivants :

1° Le système *hydrodynamique* de Bianchi et Servetaz, employé en Italie et sur quelques compagnies françaises.

2° Le système *pneumatique à basse pression* de l'International pneumatic railway signal Co, fonctionnant dans la gare centrale de New-York, dans les gares de Salisbury et de Grateley du London and South Western et dans les gares d'Ermont et de Valenciennes du Nord français.

3° Le système *hydropneumatique* (Auto-combinateur M. D. M., système Aster), installé à la cabine 11 du Landy (Nord).

4° Le système *électropneumatique*, représenté par les appareils Westinghouse, Stahmer, Scheidt et Bachmann. Le système Westinghouse est monté par l'Orléans aux Aubrais et est installé dans beaucoup de gares américaines ; le système Westinghouse-Stahmer fonctionne dans plusieurs gares allemandes et dans celle de Haarlem, en Hollande ; celui de Scheidt et Bachmann est installé dans les gares d'Essen et de Westhofen (Westphalie).

5° Le système *électrique*, représenté : en France, par les appareils Bleyne-Ducousso, Descubes et M. D. M. ; en Angleterre, par les appareils Taylor, Webb et Thompson (Crewe system) et Siemens brothers ; en Allemagne, par les appareils de l'A. E. G., de Max Judel, de Zimmerman et Buchloch et de Siemens et Halske. Ces derniers

fonctionnent, sur le réseau belge, dans les gares d'Anvers (G. C.), Alost, Braine-le-Comte, Bruxelles (N.), Charleroy (S), Gand (S), Louvain, Marchienne-au-Pont et Vilvorde.

### A) SYSTÈME HYDRODYNAMIQUE.

(Bianchi et Servettaz) <sup>(1)</sup>

L'énergie est fournie par l'eau sous 50 atmosphères de pression ; le réseau desservant les moteurs comprend une conduite de pression et une conduite de décharge.

L'eau est emmagasinée, au moyen d'une pompe aspirante et foulante, dans un accumulateur qui est le point de départ de la conduite sous pression. La pompe aspire le liquide d'un vase dans lequel aboutit la conduite de décharge après qu'il a été passé au filtre. Afin d'éviter la congélation, on additionne l'eau de glycérine en hiver.

**Manœuvre des aiguilles.** (fig. 263). — Chaque moteur d'aiguille comporte deux pistons différentiels, dont l'un  $p$ , celui qui a la section la plus petite est en communication constante avec la conduite sous pression B, et dont l'autre P, selon la position du tiroir T, actionné par la manette de manœuvre M, reçoit de l'eau sous pression par la conduite A ou communique avec la conduite de décharge D. La manette de manœuvre se trouvant dans la position normale N, le petit cylindre seul communique avec la source d'énergie et l'aiguille est maintenue dans sa position normale. La manette étant renversée (position R), l'eau sous pression agit sur le grand piston P, détermine le déplacement de l'aiguille et la maintient dans la position renversée ; le retour à la position normale de l'aiguille s'effectue quand on met en décharge, par le tiroir de la manette, la conduite de manœuvre.

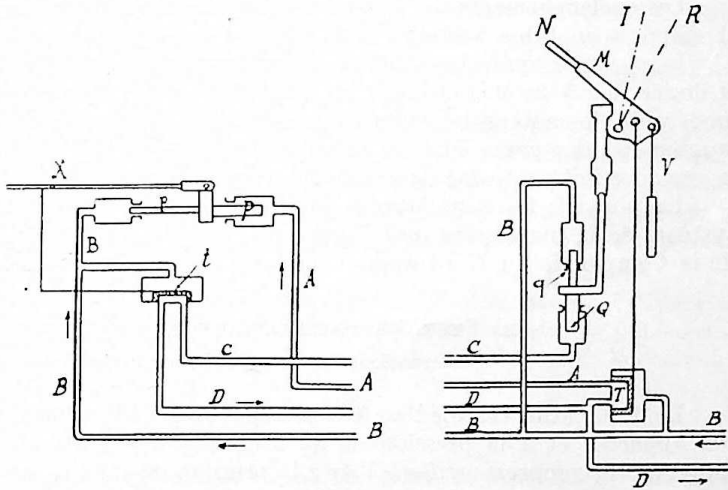


FIG. 263.

Le contrôle est impératif. L'appareil d'enclenchement qui arrête la manette de manœuvre dans la position intermédiaire I, obéit à un couple de pistons différentiels  $q$  et  $Q$ , dont l'un  $q$  est en communication constante avec la conduite de pression B et dont l'autre  $Q$  peut être mis en relation soit avec cette conduite, soit avec la conduite de décharge D. En campagne, un tiroir  $t$ , relié directement à la tige de commande  $X$  de l'aiguille, peut, par l'intermédiaire d'une conduite spéciale  $C$  — la conduite de contrôle — faire communiquer le piston  $Q$  avec la conduite sous pression B ou la conduite de décharge D. La manette de manœuvre ne peut d'abord être renversée que jusque

<sup>(1)</sup> *Revue générale des Chemins de fer*, mai et juin 1907.



dans la position intermédiaire I, dans laquelle elle provoque le déplacement de l'aiguille. Lorsque celle-ci est dûment amenée dans la position renversée, le tiroir *l* détermine le fonctionnement de l'appareil d'enclenchement de contrôle et la manœuvre de la manette peut être achevée. C'est alors seulement que cette dernière, par l'intermédiaire de la tige V, libère les appareils enclenchés avec l'aiguille.

Les aiguilles ne sont pas verrouillées dans leurs positions extrêmes et y sont maintenues uniquement par la pression de l'eau. Celles prises par la pointe sont munies d'une pédale mécanique, manœuvrée par le même appareil que l'aiguillage et ne sont pas talonnables.

**Manœuvre des signaux.** — Les moteurs des signaux sont à simple effet ; le mouvement du piston est provoqué par un tiroir actionné en cabine par la manette de manœuvre ; selon la position de celle-ci, le cylindre communique avec la conduite sous pression ou la conduite de décharge. La remise à l'arrêt du signal se fait par l'action de la pesanteur.

Pour les signaux éloignés du poste, les moteurs sont placés dans la cabine et agissent par l'intermédiaire d'une connexion à simple fil.

**Les enclenchements.** — Les enclenchements entre manettes sont du type Stevens et disposés en table verticale sous les manettes.

Le système hydrodynamique ne convient guère que pour de petites installations. Il donne lieu à un gaspillage d'énergie, dû à ce que, la pression de l'eau n'étant pas modérable, le moteur travaille continuellement à pleine pression, aussi bien lorsque le mouvement a commencé qu'au moment du démarrage. L'eau étant incompressible, la moindre fuite entraîne de grandes pertes de charge.

La plupart des installations du système hydrodynamique sont faites d'après le système de la manœuvre individuelle des aiguilles et des signaux ; certaines cabines de la Compagnie du Nord appliquent la méthode des leviers trajecteurs.

#### B) SYSTÈME PNEUMATIQUE A BASSE PRESSION.

(International pneumatic Railway Signal Co) (1)

Le fluide utilisé est de l'air à la pression de 1 à 1½ atmosphère pour la manœuvre des appareils et à la pression de ½ atmosphère pour la commande des valves des moteurs. Le compresseur foule l'air à la pression de 1 à 1½ atmosphère dans un réservoir qui est en communication directe avec la conduite de manœuvre et qui est relié, par l'intermédiaire d'un réducteur de pression *r*, à la conduite des valves et à la conduite de contrôle.

**Manœuvre des aiguilles.** (fig. 264). — Chaque aiguille est mue par un moteur monocylindrique à double action, auquel aboutissent trois conduites : l'une A, amenant l'air à 1½ atmosphère agissant directement sur le piston, les deux autres, *a* et *b*, amenant l'air à ½ atmosphère, mettant en action les distributeurs *m* et *n*. Ceux-ci sont commandés de la cabine et obéissent à un tiroir M, solidaire de la manette de manœuvre L.

Le contrôle est impératif ; la manette L se manœuvre en deux temps, mais la seconde partie de son déplacement s'effectue sans l'intervention du signaleur. Un tiroir à coquille T, placé en campagne et relié aux lames de l'aiguille, renvoie la pression de l'air dans la cabine par la conduite de contrôle *p* ou par celle *q*, selon que l'aiguille

(1) *Revue générale des Chemins de fer*, numéros de février 1901 et avril 1902.

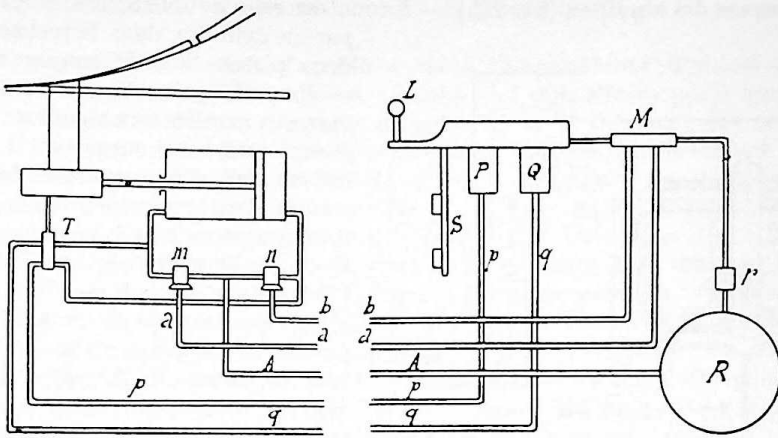


FIG. 264.

est à fond de course dans sa position normale ou dans sa position renversée. Cet air vient agir sur un piston P ou sur un piston Q, dont le déplacement amène à fond de course la manette de manœuvre, ce qui est nécessaire pour libérer les enclenchements réalisés entre les manettes.

L'installation d'un moteur d'aiguille comporte donc 5 tuyaux : un tuyau A, pour le fluide moteur, deux tuyaux *a* et *b* pour la commande des distributeurs et deux tuyaux *p* et *q* pour le contrôle. Pendant l'intervalle des manœuvres, c'est-à-dire quand les manettes sont à fond de course, normales ou renversées, les conduites *a*, *b*, *p*, *q* sont en communication avec l'atmosphère ; il n'y a ainsi aucune dépense d'air comprimé.

**Manœuvre des signaux.** — Le moteur de signal est constitué par un cylindre à double action, comme le moteur d'aiguille. La manœuvre de la manette se fait en un temps pour la mise au passage et en deux temps pour la remise à l'arrêt, le contrôle étant nécessaire dans ce dernier cas.

Le dispositif de contrôle est le même que celui des aiguilles.

**L'appareil central.** — Les manettes L de l'appareil central se meuvent horizontalement ; elles sont enclenchées les unes avec les autres au moyen d'une table verticale S, genre Stevens.

Le système pneumatique présente comme inconvénients qu'il nécessite des moteurs de grandes dimensions (il n'utilise l'air qu'à  $1\frac{1}{2}$  atmosphère de pression) et que son installation demande une tuyauterie compliquée. En outre, les mouvements sont très lents, ce qui est dû à ce que normalement les conduites ne sont pas en pression et qu'elles doivent être remplies au moment de la manœuvre.

### c) SYSTÈME HYDROPNEUMATIQUE.

(Auto-combinateur M. D. M.) <sup>(1)</sup>

L'air comprimé à environ 3 kg. fournit l'énergie pour la manœuvre des aiguilles et des signaux. L'eau, sous pression de 8 kg., sert à actionner les valves d'admission des moteurs et à assurer le contrôle des appareils en campagne.

<sup>(1)</sup> *Revue générale des Chemins de fer*, septembre 1909.  
*Bulletin du Congrès*, 1910, pp.3235, et 1911, p. 1087.

**Manœuvre des aiguilles.** (fig. 265). — Le moteur est à double action. Il est constitué

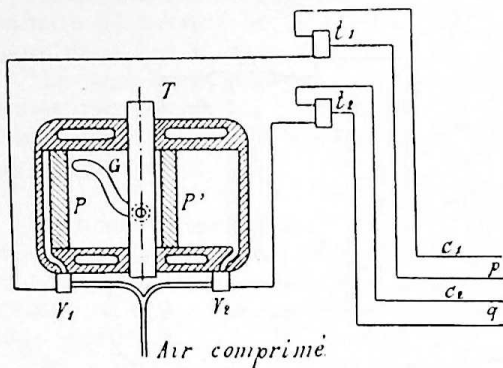


FIG. 265.

par un cylindre, dans lequel se meuvent deux pistons P et P' conjugués par une coulisse G, qui actionne la tringle de manœuvre reliée aux aiguilles; les presse-étoupe sont ainsi supprimés. Le cylindre est entouré d'une chemise formant réservoir d'air comprimé, qui a pour effet d'activer la marche du moteur au moment où la valve de commande agit. L'admission se fait par deux valves  $v_1$  et  $v_2$ , commandées de la cabine par des conduites p et q d'eau sous pression, partant du tableau de distribution.

Le contrôle est réalisé au moyen de valves  $l_1$  et  $l_2$ , sur lesquelles agissent les lames de l'aiguille et qui permettent à l'eau sous pression, qui a agi sur les

appareils de commande du cylindre, de revenir en cabine quand la manœuvre de l'aiguillage a été effectuée correctement. Le retour en cabine de ce courant de contrôle détermine le fonctionnement de la valve de commande du moteur du signal correspondant à l'itinéraire.

**Manœuvre des signaux.** — Le moteur de signal est à simple action. Il est généralement placé au rez-de-chaussée de la cabine ou à proximité de celle-ci et utilise une transmission funiculaire pour actionner le disque ou la palette.

**Appareil central.** — Dans le système M. D. M. (minimum de manœuvre), on marche

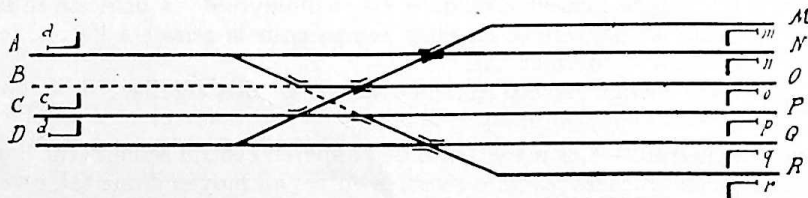


FIG. 266.

généralement par trajecteurs. Le tableau de l'appareil central comporte autant de clefs de manœuvre qu'il y a d'itinéraires et ces clefs sont disposées au centre des carrés d'une table de Pythagore (fig. 267), formée d'autant de colonnes horizontales qu'il y a de provenances et d'autant de colonnes verticales qu'il y a de destinations. Chaque clef, suivant qu'on la place dans la position verticale ou la position horizontale, donne l'itinéraire parcouru d'amont en aval ou d'aval en amont. C'est ainsi que la clef x, suivant qu'elle est horizontale ou verticale, dispose les appareils de voie pour un itinéraire de C vers N ou de N vers C et donne lieu à l'ouverture du signal c ou du signal n (fig. 266), après que les

Voies	M	N	O	P	Q	R
A						
B						
C						
D						

FIG. 267.



appareils intéressés dans l'itinéraire auront été contrôlés dans la position qu'ils doivent occuper <sup>(1)</sup>.

Le mécanisme suivant met l'aiguilleur dans l'impossibilité d'autoriser simultanément des mouvements incompatibles. Chaque clef d'itinéraire porte sur son axe autant de comes que l'itinéraire comporte d'appareils ou de signaux ; ces comes peuvent agir sur des cadres en tôle mince appelés plans, disposés parallèlement à la face de l'auto-combinateur et portant autant de cases en découpure que l'auto-combinateur en possède lui-même. Il y a autant de plans parallèles qu'il y a d'appareils à manœuvrer et chacun de ces plans manœuvre l'appareil de distribution de l'aiguille correspondante. Lorsque l'aiguilleur tourne la clef d'un itinéraire dans un sens, les comes déplacent les plans des appareils de l'itinéraire et le déplacement de ces plans met en jeu les moteurs de ces appareils. Quand les appareils de contrôle des aiguilles ont fonctionné, le moteur du signal se met de lui-même en marche. Si, ensuite, on place la clef dans la position neutre, le signal se remet à l'arrêt, mais les plans correspondant aux aiguilles ne sont pas déplacés et les aiguilles ne changent pas de position. On ne peut donc pas dire que l'aiguille occupe une position normale ou une position renversée, car généralement elle reste, après chaque itinéraire, dans la position où elle a été amenée par celui-ci.

Le plan d'une aiguille ayant été déplacé dans un sens par une clef maintenue dans la position correspondante, si l'on voulait tourner une autre clef dont une des comes déplacerait le plan en sens inverse pour placer l'aiguille dans l'autre position, on en serait empêché par la came de la première clef. L'enclenchement des clefs se trouve donc réalisé de lui-même pour tous les itinéraires qui ont un appareil commun.

#### D) SYSTÈME ÉLECTROPNEUMATIQUE.

(Appareils Westhinghouse) <sup>(2)</sup>

L'énergie est fournie aux moteurs de signaux et d'aiguilles par l'air à la pression de 5 à 6 atmosphères ; pour la commande des distributeurs des moteurs et pour le contrôle, on emploie le courant électrique à la tension de 16 volts.

**Manœuvre des aiguilles.** — Le moteur est constitué par un cylindre à double effet, dont le piston est relié directement aux aiguilles. Selon la position de l'aiguille, l'une des faces du piston est en communication avec l'air comprimé ou avec l'air libre ; la distribution est assurée par des valves commandées par des électro-aimants recevant le courant de la cabine.

Le contrôle est impératif. La manœuvre de la manette se fait en deux temps ; un verrou, commandé par l'aiguille, maintient la manette après la première partie de sa course, jusqu'au moment où le contrôle est parvenu en cabine. Les connexions entre celle-ci et l'appareil en campagne comportent cinq fils (fig. 268 *a*, *b* et *c*) : deux fils 1 et 2 pour la commande des électros N et R actionnant les valves de distribution des moteurs, deux fils 3 et 4 pour le contrôle impératif et un fil 5 pour le retour commun.

Dans la tringle de commande de l'aiguille se trouve intercalée une boîte de contrôle, contenant un commutateur électrique qui est mis en mouvement par la tringle elle-même pendant les douze derniers millimètres de sa course et qui, suivant que l'aiguille est dans la position normale ou la position renversée, occupe la position

<sup>(1)</sup> Il n'y a pas de clefs dans les cases hachurées du tableau, parce que les voies représentées par des traits hachurés sont supposées ne pas être encore établies.

<sup>(2)</sup> *Bulletin du Congrès*, 1896, p. 633 ; 1899, p. 639 ; 1910, p. 3252. — *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*, V Theil, VI Band, Anhang, p. 101.

$b_1 b_2$  de la figure *a* ou la position  $b_1 b_2$  de la figure *c* et dérive le courant par le fil 3 ou le fil 4.

La figure *a* donne le schéma des connexions lorsque la manette est dans sa position normale. Le commutateur  $C_1 C_2$ , mis en action en cabine par la manette, envoie le courant par le fil 1 à l'électro N, qui admet l'air comprimé sur l'une des faces du piston de manœuvre; le courant est dérivé en cabine l'électro *n*, dont l'armature maintient le verrou de la manette.

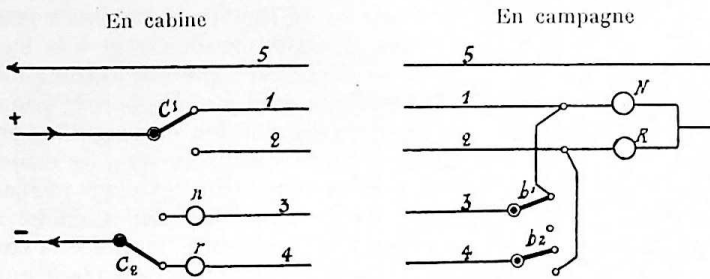


FIG. 268 a. — Position normale.

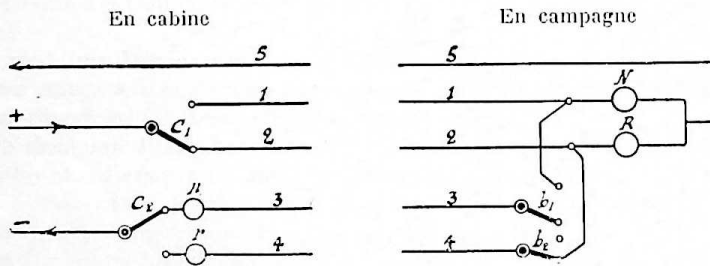


FIG. 268 b. — Aiguille en mouvement.

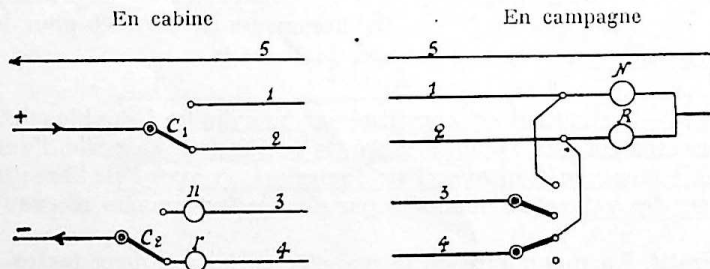


FIG. 168 c. — Position renversée.

excite en cabine l'électro *r*, dont l'armature libère le verrou de la manette et permet à celle-ci d'effectuer la seconde partie de sa course. Ce second mouvement déplace le commutateur  $C_2$  et prépare l'appareil pour la manœuvre inverse de celle qui vient d'être décrite.

Un courant continu existe donc dans celui des fils de manœuvre qui correspond à la position qu'occupent la manette et l'aiguille, de même qu'une pression constante d'air comprimé agit sur la face du piston qui correspond à cette position.

**Manœuvre des signaux.** — Le moteur est constitué par un cylindre à simple action, muni d'une valve à commande électrique analogue à celle du moteur d'aiguille et dont le piston détermine la mise au passage du signal. La fermeture de celui-ci se fait par la pesanteur, dès que l'électro de la valve n'est plus excité.

Considérons ce qui se passe lorsqu'on renverse la manette. La manœuvre se fait en deux temps. Pendant la première période le commutateur  $C_1$  se déplace en cabine (fig. *b*); le courant passe par le fil 2 et excite l'électro R, qui provoque le déplacement du piston de manœuvre. Celui-ci, dans la dernière partie de sa course, détermine le déplacement du commutateur  $b_1 b_2$  de la boîte centrale et le fil 2 se trouve relié au fil 4 (fig. *c*). Dérivé par le fil 4, le courant

excite en cabine l'électro *n*, dont l'armature maintient le verrou de la manette et permet à celle-ci d'effectuer la seconde partie de sa course. Ce second mouvement déplace le commutateur  $C_2$  et prépare l'appareil pour la manœuvre inverse de celle qui vient d'être décrite.

**Appareil central.** — Les manettes de manœuvre des aiguilles et des signaux, disposées les unes à côté des autres, sont enclenchées entre elles au moyen d'une table Stevens verticale.

E) SYSTÈME ÉLECTRIQUE.

a) *Considérations générales* (1).

L'énergie est fournie, en général, par une batterie d'accumulateurs, sous forme de courant à 110 ou 120 volts pour les moteurs et à 25 volts pour le contrôle. On ne gagnerait guère à utiliser, pour les moteurs, un courant de plus haute tension, la durée d'un mouvement étant très courte ; d'un autre côté, les interruptions donneraient lieu à des étincelles plus fortes. Un voltage moindre conduirait, sans qu'il y eût avantage, à des fils de plus grand diamètre et à des moteurs de plus grand volume.

Beaucoup de systèmes (Webb et Thompson, Ducouso et Rodary, Bleynie-Ducouso Descubes, Taylor) utilisent, pour la manœuvre des aiguilles, des moteurs à un inducteur, dont le changement de sens de rotation est obtenu par l'inversion du sens du courant dans l'induit, soit par un commutateur manœuvré par le levier de l'appareil central, soit par un commutateur placé à l'aiguillage. Ce commutateur coupe le courant du moteur, lorsque l'aiguille arrive à fond de course, et prépare les connexions pour la manœuvre inverse. Les systèmes Siemens brothers et Siemens et Halske utilisent des moteurs série à double inducteur, tournant dans l'un ou dans l'autre sens, suivant que l'un ou l'autre des inducteurs est excité par le courant.

Quant à la manœuvre des signaux, elle est effectuée, dans le système Webb et Thompson, par un solénoïde à simple action, qui en provoque l'ouverture, la fermeture se faisant par la pesanteur. Dans les systèmes Ducouso et Rodary, Bleynie-Ducouso, Descubes, Siemens brothers et Taylor, dans lesquels la remise à l'arrêt a lieu également par la gravité, il est fait usage de moteurs série à un seul sens de marche. Enfin, le système Siemens et Halske applique à la manœuvre des signaux les mêmes moteurs qu'à la manœuvre des aiguilles.

Dans les systèmes Ducouso et Rodary, Bleynie-Ducouso, Descubes, Webb et Thompson, Siemens brothers et Taylor, le contrôle est impératif. La première partie de la manœuvre de la manette entraîne le déplacement, en cabine, d'un commutateur, qui envoie le courant de 120 volts au moteur et provoque le déplacement de l'aiguille. Arrivée à fond de course, celle-ci détermine le fonctionnement d'un commutateur, qui établit un circuit électrique venant, en cabine, exciter un électro dont l'armature libère la manette de manœuvre et lui permet d'effectuer la seconde partie de sa course. Cette dernière, outre qu'elle libère les enclenchements, prépare le mouvement en sens inverse de l'appareil.

Dans le système Siemens et Halske et dans le système M. D. M., le contrôle est permanent. Il en résulte que la manœuvre est plus simple et plus rapide, l'aiguilleur pouvant du premier coup mettre le levier dans sa position définitive. En outre, avec le contrôle continu, il est possible d'obtenir la fermeture automatique du signal en cas d'interruption du courant de contrôle, c'est-à-dire en cas de dérangement ou de talonnement d'une aiguille placée dans l'itinéraire, ce qui constitue un accroissement de sécurité.

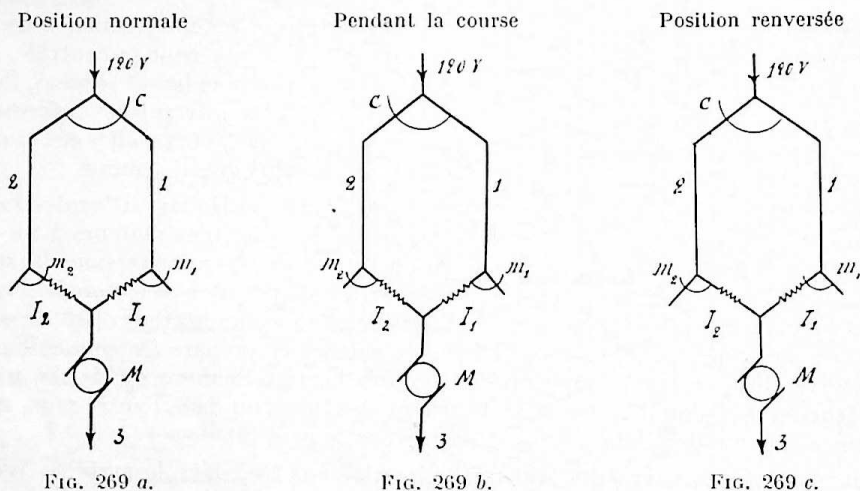
(1) *Bulletin du Congrès*. 1910. pp. 3255 à 3265.



b) Le système Siemens et Halske <sup>(1)</sup>.

L'électricité, fournie par une batterie d'accumulateurs, est à la tension de 120 volts pour les moteurs et à celle de 25 volts pour le contrôle.

**Manœuvre des aiguilles.** — (fig. 269 a, b et c). Le moteur M à courant continu, est à deux inducteurs, l'un  $I_1$  pour la rotation dans un sens, l'autre  $I_2$  pour la rotation



dans l'autre sens ; ces inducteurs reçoivent le courant respectivement par les fils 1 et 2, et ont un fil de retour commun 3.

La manette de manœuvre peut occuper deux positions extrêmes, l'une à droite, qui est sa position normale et qui correspond à la position normale de l'aiguille, l'autre à gauche, qui est la position renversée et qui répond à la position renversée de l'aiguille.

Avec la manette se déplace un *commutateur de manœuvre C*, qui établit la communication entre la source d'énergie et l'un ou l'autre des deux fils 1 et 2 aboutissant au moteur. Entre l'extrémité, en campagne, de chacun de ces fils et l'inducteur auquel il conduit, est intercalé un *interrupteur de moteur  $m_1$  ou  $m_2$* , manœuvré par l'aiguille elle-même et disposé de telle sorte qu'il coupe le circuit de manœuvre 1 ou 2 aussitôt que le moteur doit être arrêté, c'est-à-dire que l'aiguille, parvenue à fond de course, occupe la position correspondante à celle de la manette.

Les trois schémas fig. 269 a, b et c, représentent les positions du commutateur de manœuvre et des interrupteurs de moteur : a) lorsque l'aiguille se trouve dans la position normale (position normale de la manette) ; b) pendant qu'elle parcourt sa course (manette en mouvement) ; c) lorsqu'elle se trouve dans la position renversée (position renversée de la manette).

*Fig. a.* — On voit que lorsque la manette est placée dans la position normale, le commutateur de manœuvre C coupe le circuit 1 et laisse passer le courant par le circuit 2, mais que ce dernier est coupé par l'interrupteur de moteur  $m_2$ , de telle sorte qu'aucun des inducteurs n'est alimenté et que le moteur reste immobile, ce qui doit être.

<sup>(1)</sup> *Bulletin du Congrès des Chemins de fer*, 1895, p. 2499 ; 1904, p. 239.  
Handbüch der Ingenieurwissenschaften, V. Theil, VI Band, Anhang, p. 11.

*Fig. b.* — Le renversement de la manette étant suivi du renversement du commutateur de manœuvre, le circuit 2 est coupé et le courant trouve ouvert le circuit 1 sur toute sa longueur. Le courant vient alimenter le moteur, qui se met à tourner et provoque le déplacement de l'aiguille.

*Fig. c.* — Arrivée à fond de course, l'aiguille provoque le déplacement brusque de l'interrupteur  $m_1$ , ce qui détermine l'arrêt du moteur. A ce moment, l'interrupteur  $m_2$  n'occupe plus la position qu'il avait dans la figure *a* et il ne coupe plus le circuit 2 ; les organes (en campagne) sont disposés maintenant en vue de la marche en sens inverse et il suffira, lorsqu'il s'agira de ramener l'aiguille dans sa position normale, de ramener à droite la manette de manœuvre et, avec elle, le commutateur *C*.

Le déplacement du commutateur  $m_2$  s'effectue (*fig. b*) dès la mise en mouvement du moteur, de telle sorte que, pendant la course de celui-ci les deux inducteurs sont reliés aux fils qui y aboutissent. Cette disposition a pour avantage que l'aiguille est forcée de suivre tous les mouvements en avant et en arrière du levier de manœuvre, sans pouvoir s'arrêter d'elle-même dans une position intermédiaire. Elle permet de ramener l'aiguille en arrière, lorsque dans sa course elle est arrêtée par un obstacle.

Le contrôle s'établit par l'intervention des interrupteurs de moteur qui, dès que l'aiguille arrive à fond de course, font office de commutateurs et dérivent le courant par des fils spéciaux, de manière à lui faire exciter en cabine un *électro-aimant de contrôle*. L'armature de cet électro, lorsque celui-ci est traversé par le courant de contrôle, détermine la fermeture des contacts commandant les circuits de manœuvre des signaux. On ne peut ouvrir un signal sans que toutes les conditions soient réalisées pour le maintien du courant de contrôle ; dès que celui-ci est coupé, les signaux se mettent à l'arrêt.

Les figures 270*a*, *b* et *c* ci-dessous reproduisent les figures 269*a*, *b* et *c* complétées par les connexions de contrôle  $\mathcal{Z}_1$  et  $\mathcal{Z}_2$  et par l'électro de contrôle *E*. Aussi longtemps que la manette de manœuvre ne se trouve pas (*fig. b*) dans l'une ou l'autre des positions extrêmes, le circuit de manœuvre seul est établi et les circuits de contrôle sont coupés.

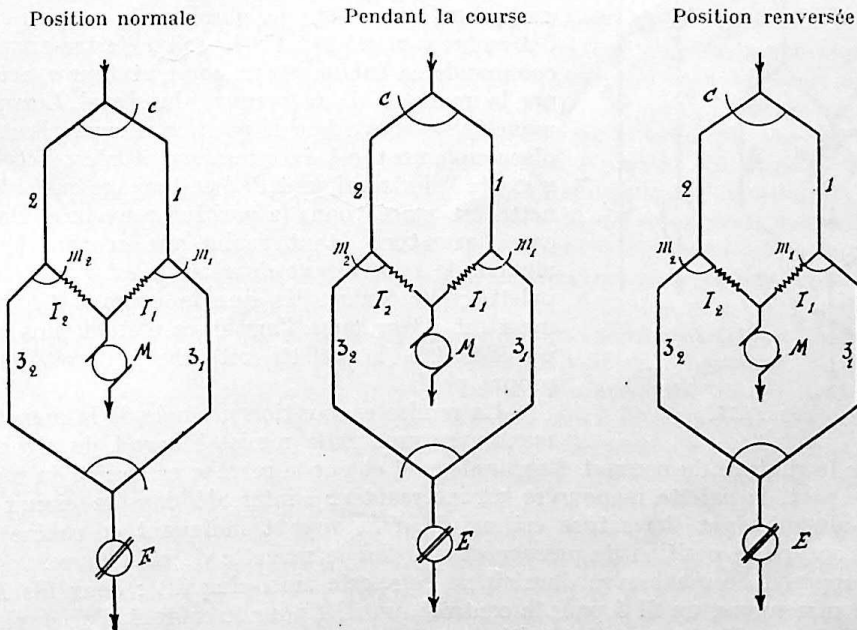


FIG. 270*a*.

FIG. 270*b*.

FIG. 270*c*.

Lorsque, au contraire, la manette est placée soit dans la position normale (fig. a), soit dans la position renversée (fig. c), le circuit de manœuvre est coupé, mais le circuit de contrôle est établi. Chacun des fils de contrôle est à la terre dès qu'il ne doit pas être parcouru par un courant. Cette disposition est voulue, afin d'éviter qu'un mélange de fils ne mette l'aiguille en mouvement ou ne fausse l'indication de contrôle.

Dans le but d'économiser le courant, un commutateur d'économie, manœuvré par la manette, réduit automatiquement le courant de manœuvre de 120 volts à une tension de 25 volts, dès que le courant de contrôle est établi.

Dans le système Siemens et Halske, il ne suffit pas, pour que le contrôle s'établisse, que les aiguilles aient suivi le mouvement de la manette de manœuvre ; il faut encore que l'une d'elles soit collée contre le rail et que l'autre ait repris sa position à l'écartement voulu du rail. A cet effet, chaque aiguille est munie d'un détecteur, constitué par une tringle placée à sa pointe, qui se déplace avec elle et ferme le courant de contrôle lorsqu'elle occupe la position voulue.

Lorsque les aiguilles sont munies d'appareils de calage, ceux-ci sont réalisés sous forme de pédales électriques. A cet effet, l'installation comporte, outre le courant de 120 volts pour les moteurs et celui de 25 volts pour le contrôle, un courant de 6 volts pour les rails isolés, qui sont reliés par fil spécial à la cabine. Un aiguillage muni d'une pédale électrique comporte donc six fils : deux (120 V) pour le moteur, deux (25 V) pour le contrôle, un (6 V) pour le rail isolé et un pour le retour.

**Manœuvre des signaux (fig. 271).** — L'appareil de manœuvre d'un signal est analogue à celui d'une aiguille. Il se compose d'un moteur à double enroulement, dont l'un des inducteurs ( $I_2$ ) donne la rotation pour l'ouverture du signal et l'autre ( $I_1$ ) la rotation pour la remise à l'arrêt. Le contrôle s'établit comme dans la manœuvre d'une aiguille.

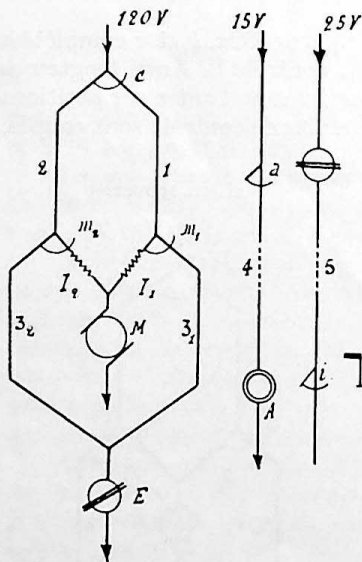


FIG. 271.

Le moteur n'attaque pas directement la tige qui manœuvre l'aile du sémaphore, mais agit sur elle par un embrayage électrique, placé sur le mât du signal. Cet embrayage est constitué par un électro-aimant  $A$ , commandé en cabine par un commutateur  $a$ , actionné par la manette de manœuvre du signal. Lorsque la manette se trouve dans la position normale, le courant d'accouplement est interrompu ; il n'est rétabli et n'excite l'électro-aimant de l'embrayage que si la manette est placée dans la position renversée. Dans ce cas, l'armature étant maintenue contre l'électro-aimant, le mouvement du moteur est transmis à la palette ; par contre, dès que le courant d'accouplement est interrompu, l'armature n'étant plus attirée par l'électro, la palette retombe à l'arrêt par son propre poids.

La remise en position normale de la manette de manœuvre produit la remise à l'arrêt du signal à la fois par la rupture du courant d'accouplement et par la marche en arrière du moteur. D'autre part, la palette manœuvre un interrupteur  $i$  intercalé dans le circuit d'un électro-aimant, dont l'armature est munie d'un voyant indiquant en cabine si la palette occupe la position de passage et a obéi à la manette de manœuvre.

L'appareil de manœuvre d'un signal comporte ainsi cinq fils : deux fils 1 et 2 pour la manœuvre, un fil 3 pour le contrôle, un fil 4 pour le courant d'accouplement, et un fil 5 pour l'indicateur de position de l'aile.



Le courant d'accouplement permet de réaliser des enclenchements électriques entre les aiguilles et les signaux correspondants. Ces enclenchements : 1° empêchent l'ouverture d'un signal, à moins que toutes les aiguilles qu'il commande ne se trouvent dans la position qu'elles doivent occuper ; 2° provoquent la fermeture d'un signal en cas de talonnement ou de modification dans la position des aiguilles. A cet effet, le circuit d'accouplement comporte des contacts placés dans l'appareil central sous la dépendance des courants de contrôle des aiguilles intéressées dans l'itinéraire.

**Appareil central.** — L'appareil central comprend essentiellement trois espèces de manettes : des manettes pour la manœuvre des aiguilles, des manettes pour la manœuvre des signaux et des manettes d'itinéraire. Les manettes d'aiguilles sont enclenchées mécaniquement avec les manettes d'itinéraires qui, à leur tour, enclenchent mécaniquement les manettes de signaux. La manette d'itinéraire, qui est verticale dans sa position neutre, ne peut être renversée que pour autant que les manettes des aiguilles se trouvent dans la position qui réalise l'itinéraire. De son côté, la manette du signal ne peut être manœuvrée pour donner la voie libre, que si la manette d'itinéraire est renversée, c'est-à-dire que si les manettes d'itinéraire sont enclenchées. Le renversement de la manette de signal réalise l'enclenchement mécanique de la manette d'itinéraire. Enfin, la manette d'itinéraire peut aussi être immobilisée dans sa position renversée par une pédale de fin d'itinéraire.

### c) *Le système M. D. M.*

Le système M. D. M. à commande et transmission purement électriques est basé, comme celui à commande hydro-pneumatique, sur le principe des leviers d'itinéraire. On y retrouve la disposition des plans parallèles commandant chacun une aiguille et réalisant automatiquement l'enclenchement deux à deux de tous les itinéraires incompatibles.

**Appareil central.** — L'appareil central ou combinateur se présente sous la forme d'un pupitre sur le devant duquel sont rangés les leviers d'itinéraire normalement en position verticale. Chaque levier commande un itinéraire et en autorise le parcours dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'on le tire à soi ou qu'on le porte en avant.

Les leviers actionnent par pignons et crémaillères chacun un axe horizontal traversant le combinateur et portant des cames qui déplacent les plans d'aiguilles disposés parallèlement à l'intérieur de l'appareil. Chaque plan d'aiguille agit en se déplaçant à droite ou à gauche sur un commutateur à ressort qui lance le courant dans le sens voulu pour commander l'aiguille. Les axes à cames actionnent à leur tour chacun un axe vertical portant un tambour sur lequel se trouvent les contacts des commutateurs de commande des signaux.

Les leviers peuvent se manœuvrer en un seul temps ou en deux temps. En portant le levier à fond, on commande tous les appareils de voie de l'itinéraire et le signal qui autorise le parcours ; si l'on arrête le levier au premier cran, les aiguillages sont seuls commandés, le signal reste fermé et ne s'ouvrira que si l'on achève le déplacement du levier. On peut donc préparer un itinéraire, en se réservant de pouvoir le détruire sans y avoir donné accès. On peut aussi prévoir un troisième temps en donnant au levier une course supplémentaire pour l'ouverture d'un signal à distance.

L'avant du combinateur porte aussi des leviers individuels d'aiguilles agissant directement sur les plans d'aiguilles. Ils permettent de manœuvrer les aiguilles isolément, mais sans enclenchement. Toutefois, lorsqu'un itinéraire est tracé, les plans d'aiguilles sont immobilisés et leurs leviers de commande individuelle sont enclenchés.

Le courant utilisé dans les circuits de commande et de contrôle est du courant continu à 110 volts.

**Commande d'une aiguille.** — L'installation comprend pour chaque aiguille : en campagne, un moteur d'aiguille à double inducteur, un commutateur de moteur et un commutateur de pointe d'aiguille ; en cabine, un commutateur de commande, manœuvré par un plan d'aiguille qui sert aussi à réaliser les enclenchements entre itinéraires et un contrôleur d'aiguille combiné avec un répéteur de la position de l'aiguillage.

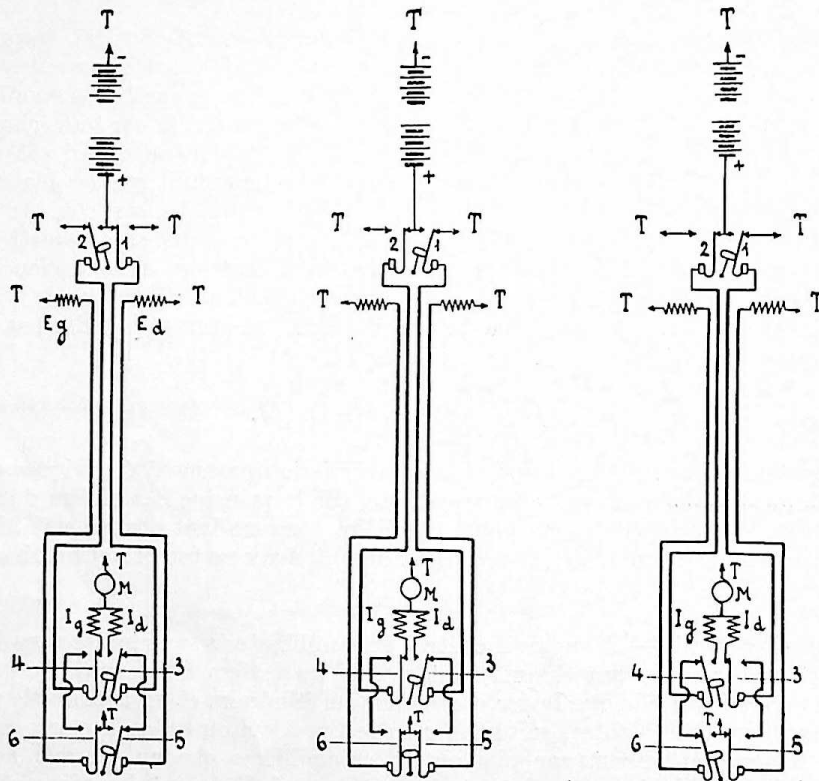


Schéma de commande et de contrôle d'un aiguillage.

FIG. 272a.

FIG. 272b

FIG. 272c

Les appareils en campagne sont reliés à l'appareil central en cabine par un câble à 4 fils, soit 2 fils pour chaque sens de rotation du moteur, un fil pour le courant du moteur (avec retour par la terre) et un fil pour le retour du courant de contrôle.

Le schéma des connexions est indiqué sur les figures 272 a, b, c.

Dans la figure a, les appareils sont immobiles, l'aiguille est supposée placée à droite. Le commutateur du plan d'aiguille met la lame élastique 1 en contact avec le pôle + de la batterie dont le pôle — est à la terre. Le courant passe par le ressort 3 du commutateur du moteur et le ressort 5 du commutateur de pointe d'aiguille et revient en cabine exciter l'électro  $E_d$  du contrôleur d'aiguille mis d'autre part à la terre.

Dans la figure b, le plan d'aiguille a été déplacé à gauche par le renversement du levier d'itinéraire et a mis le ressort 2 du commutateur en contact avec le pôle positif de la batterie, en coupant et mettant à la terre par le ressort 1 le circuit de contrôle de droite. Le courant passe dans l'inducteur  $I_g$ , puis dans l'induit M et le moteur renverse l'aiguille. Dès que l'aiguille se déplace, le circuit de contrôle de droite est coupé

et mis à la terre une nouvelle fois par le ressort 5 du commutateur de pointe et lorsque l'aiguille est appliquée à gauche elle établit par le ressort 6 la continuité du circuit de contrôle de gauche.

En fin de course, le moteur renverse brusquement les contacts des ressorts 3 et 4 du commutateur du moteur, coupant le courant du moteur qui est mis à la terre et fermant le circuit de contrôle de gauche dont le courant revient en cabine exciter l'électro  $E_g$  du contrôleur d'aiguille. Les appareils occupent alors la position de la figure 272c, symétrique de celle de la figure 272a.

Lorsqu'on ramène le levier d'itinéraire dans la position verticale, l'axe portant les cames qui ont déplacé les plans d'aiguille libère ces plans, mais les abandonne dans la position où il les a placés ; les aiguillages restent dirigés sur le dernier itinéraire tracé. Les plans étant libérés, on peut alors tracer un nouvel itinéraire en renversant un autre levier ; les plans et les aiguillages qu'ils commandent sont simplement immobilisés dans la position occupée, si c'est celle qui convient au nouvel itinéraire ; les autres sont seuls renversés.

On voit que les aiguillages n'ont pas de position normale et qu'ils sont laissés indifféremment dirigés à gauche ou à droite. Le courant de contrôle de pointes est constamment établi ; la consommation est de 0,05 ampère sous une tension de 110 volts.

Le moteur commande l'aiguillage par l'intermédiaire d'un dispositif à friction composé d'une vis creuse qui se déplace dans le sens de sa longueur perpendiculairement à la voie et contenant des segments élastiques dans lesquels passe la tige attachée aux aiguilles. Le moteur effectue toujours son mouvement complètement, renversant le commutateur qui prépare le circuit pour le mouvement suivant dans l'autre sens. Lorsqu'il y a discordance entre la position du moteur et celle de l'aiguillage, soit parce qu'un obstacle a empêché le déplacement de celui-ci, soit par suite d'un talonnage, le courant de contrôle ne peut revenir en cabine, ce dont le signaleur est prévenu, et il faut rétablir la concordance en renversant le moteur.

**Contrôleur d'aiguille** (fig. 273). — Un contrôleur d'aiguille comprend un relais à deux électros  $E_d$  et  $E_g$  agissant sur des armatures attachées à un balancier. Suivant que l'un ou l'autre électro est excité, le balancier s'incline à droite ou à gauche, établissant le contact D ou le contact G, fermant le circuit AB ou le circuit AC. Des connexions électriques réunissent en série les différents contrôleurs des aiguilles d'un itinéraire et ce circuit est intercalé dans le circuit d'ouverture du signal de telle sorte que ce dernier ne peut être continu que si toutes les aiguilles occupent la position voulue et collent bien contre les rails contre-aiguille.

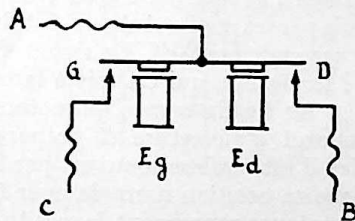


FIG. 273.

Si un aiguillage n'a pas effectué son mouvement complètement, le courant de contrôle ne s'établit ni à droite ni à gauche (voir fig. 272b) ; le balancier du contrôleur d'aiguille reste dans sa position horizontale et ferme alors un autre circuit non indiqué sur la figure qui fait fonctionner un ronfleur.

Le balancier du relais actionne aussi en s'inclinant de petits voyants qui se présentent devant deux petites fenêtres montrant la direction donnée par l'aiguillage. Si aucun courant de contrôle ne passe (balancier horizontal, aiguille entrebaillée), des voyants rouges apparaissent devant les lucarnes.

Pour contrôler un itinéraire AB (fig. 274a), par exemple, on montera les contrôleurs des aiguilles 1 et 2, comme le montre la figure 274b. Le circuit du signal est relié aux points B et A ; il ne peut être fermé que si le contrôleur de l'aiguille 2 donne le



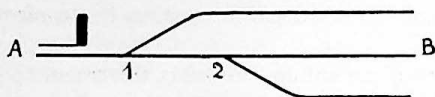


Fig. 274a.

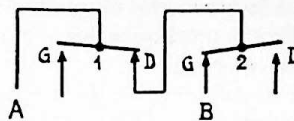


Fig. 274b.

contact en G et celui de l'aiguille 1 le contact en D, ce qui ne sera réalisé que si l'aiguille 2 donne la voie gauche et l'aiguille 1 la voie droite.

**Commande d'un signal.** — L'installation comprend pour chaque signal : en campagne, un moteur de signal à double inducteur agissant sur l'aile par l'intermédiaire d'un mécanisme d'accouplement électromagnétique, un commutateur de moteur et un commutateur de contrôle de fermeture du signal ; en cabine, un certain nombre de commutateurs manœuvrés par le levier d'itinéraire et un électro de contrôle actionnant un voyant répétiteur de la position du signal. Le moteur est relié à la cabine par un câble à 4 fils, un pour le courant de fermeture (retour par la terre), un pour le courant de contrôle de fermeture, un pour le courant d'ouverture et un pour le courant d'accouplement.

Le schéma des connexions est indiqué sur les figures 275 a, b, c.

Dans la figure 275a, le signal est fermé. Le courant de la batterie est dirigé par le commutateur 2 vers le moteur où il passe par le ressort 7 du commutateur de moteur, le ressort 8 du commutateur de contrôle de fermeture pour revenir en cabine exciter l'électro de contrôle E qui agit sur le répétiteur de la position du signal. Le commutateur 4 met à la terre le circuit d'ouverture du signal et le commutateur 6 coupe le circuit de l'électro d'accouplement E'.

Lorsqu'on renverse le levier d'itinéraire (fig. 275b), le commutateur 2 coupe le circuit du courant de contrôle de fermeture qui est en outre mis à la terre par le commutateur 3. Le courant de la batterie est lancé par le commutateur 1 dans le circuit BA passant, comme on l'a vu plus haut, par tous les contrôleurs des aiguilles intéressées, puis par les commutateurs 5 et 6 dans le fil d'ouverture du signal et dans le fil de l'électro d'accouplement E'. Le signal s'ouvre et coupe par le ressort 8 le circuit de contrôle de fermeture, qui est mis à la terre.

En fin de course, le moteur renverse les contacts des ressorts 7 et 9, coupant le courant d'ouverture et préparant le circuit du courant de fermeture (fig. 275c). Le signal est maintenu ouvert par l'électro d'accouplement E'. Lorsqu'on ramène le levier dans sa position normale pour fermer le signal et libérer les plans d'aiguilles, les commutateurs reprennent la position de la figure 275a ; le courant d'accouplement étant coupé, le signal se ferme par l'action de la gravité et par la rotation du moteur qui tourne en sens inverse. En fin de course, le moteur renverse les contacts 7 et 9 de son commutateur, ce qui coupe le courant et ferme le circuit de contrôle par le ressort 8, à condition que le signal soit effectivement retombé à l'arrêt.

Si le signal se réferme pour une cause quelconque lorsque le moteur est dans la position signal ouvert, le courant de l'électro E s'établit par le ressort 9 et le ressort 8 ; le répétiteur du signal en cabine est donc toujours en concordance avec la position réelle du signal.

Le même moteur peut commander plusieurs ailes de signal ; le mécanisme d'accouplement comporte alors autant d'électros qu'il y a de signaux à manœuvrer.

**Protection des itinéraires pendant leur occupation.** — Pour empêcher qu'une aiguille ne puisse être renversée sous un train, on munit le plan de cette aiguille dans

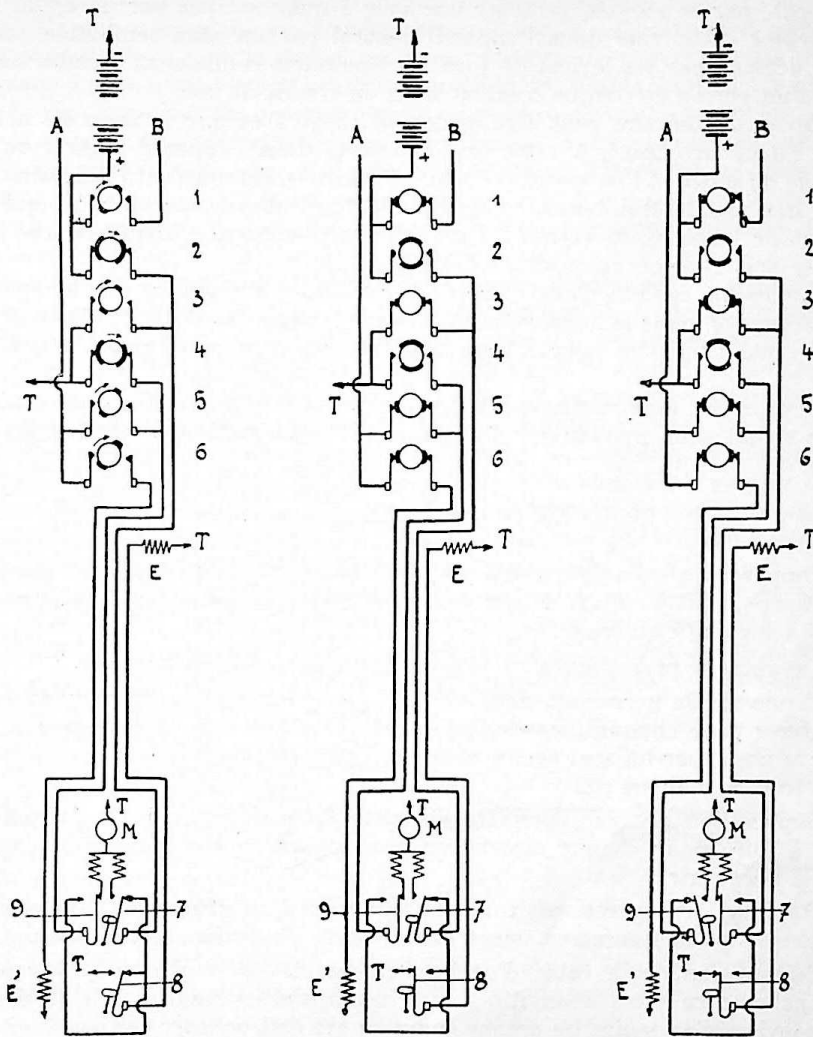


Schéma de commande et de contrôle d'un signal.

FIG. 275a.

FIG. 275b.

FIG. 275c.

l'appareil central d'un verrou de calage électrique appelé *verrou de plan*, qui immobilise l'aiguille dans ses deux positions extrêmes aussi longtemps qu'un train se trouve sur l'aiguille. Cet appareil présente une butée devant un levier solidaire du plan d'aiguille et en empêche le déplacement, à moins que la butée ne soit écartée par l'action d'un électro-aimant. Celui-ci est excité par un courant à 110 volts passant dans un relais intercalé dans un circuit local de faible voltage comprenant un rail isolé d'une certaine longueur, situé en avant des pointes d'aiguilles. Si un essieu se trouve sur le rail isolé, le courant local est dérivé vers la terre et le relais du circuit de l'électro du verrou reste ouvert.

Le circuit du rail isolé débite en permanence, mais l'électro du verrou n'est mis en circuit que par un commencement de déplacement du plan d'aiguille.

On peut, par ce moyen, protéger une voie à quai occupée par un train. Il suffit de représenter cette voie dans l'appareil central par un plan semblable aux plans d'aiguille déplacé par les leviers de tous les itinéraires conduisant à cette voie et de le munir d'un verrou électrique combiné avec un circuit de voie.

Un levier d'itinéraire peut être enclenché jusqu'à ce que le train ait achevé de parcourir l'itinéraire tracé. A cette fin, on affecte dans l'appareil central un plan à chaque voie de sortie et l'on munit ces plans de verrous. En quittant l'itinéraire, le train passe sur une pédale établissant un circuit local ; celui-ci ferme un relais qui permet au courant de l'électro du verrou de s'établir en permanence jusqu'à ce que le levier d'itinéraire soit ramené en position normale.

Il est possible également de n'enclencher le levier d'itinéraire que lorsque l'itinéraire a été engagé, pour le libérer ensuite lorsque le train est sorti. On place alors dans l'appareil central un plan pour chaque voie d'entrée et un plan pour chaque voie de sortie.

Les leviers d'itinéraire peuvent toujours être déplacés de l'angle nécessaire pour fermer le signal sans manœuvrer les aiguilles, c'est-à-dire sans détruire les enclenchements.

#### F) LEVIERS D'ITINÉRAIRES.

Les appareils allemands et anglais, tout au moins ceux employés jusqu'en ces derniers temps, sont à leviers de manœuvre individuelle tandis que les appareils français sont à leviers d'itinéraire.

Les avantages revendiqués en faveur des leviers d'itinéraire sont :

1° Economie de personnel, due à la réduction considérable du nombre de leviers à manœuvrer pour chaque passage, de sorte qu'il est généralement possible de faire desservir le poste par un seul agent, alors que les cabines à leviers individuels exigent deux ou trois aiguilleurs ;

2° Suppression presque complète de toute fatigue cérébrale de l'aiguilleur, qui n'a plus à faire pour chaque circulation à autoriser qu'une manœuvre très simple et facile à découvrir ;

3° Rapidité des opérations, tous les appareils d'un itinéraire étant manœuvrés simultanément et non successivement comme avec les leviers individuels ;

4° Suppression de la table d'enclenchement et des études qui s'y rapportent, les enclenchements entre deux itinéraires incompatibles résultant de la commande par leurs leviers d'au moins un organe commun qui doit occuper des positions inverses dans les deux itinéraires.

On leur a reproché la complication de l'agencement de l'appareil central et de se prêter malaisément à la commande individuelle d'un appareil en cas de dérangement ou pour les besoins de l'entretien.

Il est à remarquer qu'un poste commande souvent à des itinéraires dont le nombre est supérieur à celui des appareils à manœuvrer (aiguilles et signaux) et, dans ce cas, l'application pure et simple du principe du levier d'itinéraire conduirait à installer plus de leviers que dans un poste à leviers individuels.

Mais différents moyens ont été employés pour réduire le nombre des leviers d'itinéraire.

Dans les premières applications du système Bleynie-Ducouso (poste n° 1 de Bordeaux Saint-Jean) <sup>(1)</sup>, la formation de tout itinéraire comporte la manœuvre d'un

<sup>(1)</sup> *Revue Générale des Chemins de fer*, octobre 1903.



levier d'itinéraire et d'une manette ; le levier prépare l'itinéraire et le renversement de la manette ouvre le signal. Si l'itinéraire est double, c'est-à-dire doit pouvoir être parcouru dans les deux sens, la manette a deux positions de renversement, correspondant chacune à un sens de circulation. Pour un itinéraire simple, la manette n'a qu'une position de renversement. Ce système permet de réduire de moitié (pour les itinéraires doubles) le nombre de leviers d'itinéraire, mais il exige la manœuvre de deux organes. En outre, un même levier peut être affecté à plusieurs itinéraires incompatibles en lui adjoignant autant de manettes spécialisées qu'il y a d'itinéraires à commander par ce levier. Inversement, une même manette peut servir pour plusieurs itinéraires incompatibles commandés chacun par un levier distinct.

Dans le système Descubes <sup>(1)</sup> il y a deux leviers à manœuvrer pour former un itinéraire, un levier de provenance et un levier de destination. Le levier de destination se manœuvre le premier ; il n'agit sur aucun appareil de voie et ne fait que préparer les courants de contrôle ; sa manœuvre n'a pour but que de permettre le déplacement du levier de provenance. C'est ce dernier qui agit sur les appareils et détermine l'ouverture du signal commandant le mouvement. Il y a donc un nombre de leviers égal à la somme du nombre de provenances et du nombre de destinations, tandis qu'en affectant un levier à chaque itinéraire double (deux sens de circulation), le nombre de leviers est égal au produit du nombre de destinations par le nombre de provenances.

L'installation à transmission par l'air comprimé réalisée par la Compagnie du Nord dans la gare d'Ermont applique la méthode des trajecteurs <sup>(2)</sup>. Chaque itinéraire est divisé, quand on le peut, en un itinéraire de *provenance* et un itinéraire de *destination* aboutissant sur un tronc commun. Pour donner passage à un mouvement, l'aiguilleur doit manœuvrer trois manettes, l'une correspondant à la provenance du mouvement, la voie A par exemple (fig. 276), la seconde à la destination, la voie B par exemple, et une troisième, dite *inverseur* servant à ouvrir le signal. Les enclenchements sont tels que la manœuvre de l'inverseur n'est possible que lorsque celle des trajecteurs qui l'a précédée a produit la mise en position convenable de tous les appareils

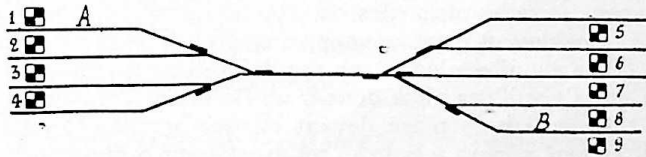


FIG. 276.

de voie (aiguilles, verrous, pédales), qui sont situés sur le trajet à emprunter par le mouvement. L'installation comporte en outre des *enclenchements de transit* qui empêchent l'aiguilleur de déplacer ses manettes, une fois le mouvement engagé, avant que la dernière roue ait dépassé le dernier appareil intéressé.

Les installations les plus récentes ne comportent que la manœuvre d'un seul organe pour la formation d'un itinéraire. Il en est ainsi dans les installations à combinateurs mécaniques Bleyne-Ducousso pour postes de circulation <sup>(3)</sup>, où l'aiguilleur tire sur une poignée pour préparer l'itinéraire et l'incline ensuite en un deuxième temps à gauche ou à droite pour ouvrir le signal qui doit en autoriser le parcours. De même dans le système M. D. M. à transmission électrique, l'aiguilleur manœuvre un seul levier qui prépare l'itinéraire et ouvre le signal d'entrée à l'une ou à l'autre des extrémités suivant qu'on le porte en avant ou qu'on le tire à soi.

(1) Brochure sur le système Descubes, publiée par la Compagnie de l'Est à l'occasion de l'Exposition de Nancy de 1909.

(2) DESPONS : Description des enclenchements d'Ermont. *Revue Générale des Chemins de fer*, octobre 1904.

(3) *Revue Générale des Chemins de fer*, février 1920.

Actuellement les appareils centraux à leviers d'itinéraire comportent généralement des dispositions accessoires permettant de manœuvrer isolément les différents aiguillages, dans des circonstances exceptionnelles. Cette commande individuelle se fait d'ailleurs en laissant subsister les enclenchements avec les itinéraires, car elle met en jeu dans l'appareil central la pièce (le plan d'aiguille dans le système M. D. M.) dont le déplacement provoque le renversement de l'aiguille. Ce déplacement n'est pas possible si un levier est renversé pour un itinéraire empruntant l'aiguille dans la position où elle se trouve et, dès que ce déplacement est opéré, les leviers de tous les itinéraires empruntant l'aiguille dans sa position primitive sont immobilisés.

### G) POSTES DE TRIAGE.

La concentration dans un appareil central de la manœuvre par fluide des aiguillages d'un triage est également avantageuse en ce qu'elle permet d'accélérer les manœuvres, de faciliter le travail des aiguilleurs et de réduire les dépenses de personnel.

Des installations ont été réalisées dans les deux systèmes : leviers d'itinéraire et leviers de commande individuelle.

Au poste n° 6 de Bordeaux-Saint-Jean <sup>(1)</sup>, commandant un triage de 31 voies, les appareils Bleynie-Ducouso fonctionnent par leviers d'itinéraire. Ils comportent des dispositions particulières indiquées par la nature des manœuvres à effectuer. La succession rapide des rames de wagons exige que l'on puisse relever un levier avant que l'itinéraire soit complètement parcouru, afin de permettre de donner passage aux wagons à diriger sur une autre voie. Cette condition peut être réalisée parce que les manœuvres de triage ne s'effectuent pas sous le couvert de signaux dont l'ouverture enclencherait l'itinéraire complet. Le redressement d'un levier ne peut avoir pour effet de déplacer les aiguilles, celles-ci devant rester en place jusqu'après le passage des wagons pour lesquels elles ont été orientées. Mais, dès que les premières aiguilles ont été franchies, on peut donner un nouvel itinéraire pour un nouveau lot de wagons.

Les aiguilles n'ont donc pas de position normale. Elles restent immobiles jusqu'à ce que l'aiguilleur ait à donner un itinéraire qui comporte leur renversement.

Un rail isolé placé devant chaque aiguillage empêche de le renverser lorsqu'il est engagé par un wagon et un avertisseur optique indique le moment où l'aiguillage est abordé, puis franchi.

Les aiguilles sont munies d'un calage à ressort système Perdrizet, qui permet aux trains entiers sortant du triage d'aborder éventuellement les aiguilles par le talon sans les détériorer, lorsqu'elles ne sont pas dirigées convenablement.

Dans l'appareil central, le couvercle porte un tracé schématique des voies dans lequel l'extrémité de chaque voie aboutit à la poignée qui sert à commander les aiguilles conduisant à cette voie. Dans ce schéma, les aiguillages sont remplacés par des lucarnes devant lesquelles apparaissent des voyants montrant la direction réellement donnée par les aiguilles. Chaque poignée tire sur un cadre métallique portant autant de taquets qu'il y a d'aiguilles dans l'itinéraire. Ces taquets font basculer autour de leur axe des barres placées transversalement et correspondant chacune à une aiguille. En repoussant la poignée, on libère les barres d'aiguille, mais en les abandonnant dans leur position. Si l'on tire sur une autre poignée donnant un itinéraire incompatible avec le premier, les barres d'aiguille repoussent le cadre et la poignée de celui-ci dans leur position normale. Pour chaque rame de wagons qui se présente, l'aiguilleur n'a donc qu'à tirer la poignée de la voie sur laquelle il doit la diriger, après s'être assuré que la rame précédente a dégagé la dernière aiguille commune aux deux itinéraires.

(1) *Revue Générale des Chemins de fer*, janvier 1908.

A la gare de Lille-la-Délivrance, la Compagnie du Nord a appliqué les appareils M. D. M. avec commande individuelle des aiguillages à deux cabines commandant un faisceau de 36 voies. L'une de ces cabines est placée à la jonction d'un faisceau de débranchement de 12 voies et du faisceau de 36 voies qui sont reliés par 3 voies et une double bretelle. Le nombre de wagons à manœuvrer normalement est de 2.400 et peut atteindre 3.000 par jour. La vitesse a atteint jusque 250 wagons par heure.

Les aiguilles sont mues par des moteurs à mouvement rapide ( $\frac{4}{5}$  de seconde au maximum). Le moteur agit pendant la première partie du mouvement sur un ressort qui se détend ensuite pour caler l'aiguille.

Dans les installations de peu d'importance, on peut disposer les manettes de commande sur une table représentant le schéma des voies. A Lille, pour éviter l'emploi d'une table de dimensions excessives, on a utilisé un tableau schématique de dimensions réduites pour le rendre maniable, sur lequel chaque aiguille est représentée par un carré encadrant un numéro reproduit sur sa manette de commande. Ce tableau est tracé de manière à montrer la direction donnée par les aiguilles lorsque leur manette est dans la position normale. Les manettes sont numérotées et groupées de manière à trouver facilement celles conduisant sur des voies voisines.

La position des aiguilles est répétée en cabine et l'aiguilleur a sous les yeux une indication permanente : un voyant blanc signifie que l'aiguille occupe bien la position correspondante à celle de la manette ; un voyant rouge accompagné du bruit d'un ronfleur indique que l'aiguille se déplace ou qu'elle n'est pas en concordance avec la manette ou que le courant de commande (110 volts) n'a pas été coupé. Le courant de contrôle est à 6 ou 7 volts.

Il n'y a d'autres enclenchements que des enclenchements simples du type Stevens matérialisant l'obligation de manœuvrer dans un ordre déterminé les aiguillages d'appareils de voie à trois directions.

### 3<sup>o</sup> Comparaison des appareils à commande manuelle et des appareils à commande dynamique

Au point de vue de la dépense d'installation, le système de la commande dynamique donne lieu, sans compter l'usine de force, à une dépense de 30 à 50 % plus élevée que le système de la manœuvre manuelle. Pour les grandes installations, il faut compter 1100 à 1600 francs (1) par aiguillage ou par signal quand il s'agit d'appareils centraux à manœuvre manuelle ; ces prix non compris l'usine (20.000 francs et plus) sont de 1700 à 2800 francs dans les installations du système Siemens et Halske. (2)

Il résulte de ces chiffres que si l'on tient compte des dépenses d'intérêt et d'amortissement, on ne peut pas dire que le prix de revient de la manœuvre soit moins élevé dans les cabines à fluide que dans celles à commande manuelle. Si, dans les grandes installations, il est possible de réduire le personnel occupé directement à la manœuvre des leviers, on est astreint, par contre, à des frais d'entretien plus élevés.

La simple considération économique ne contribuerait donc guère à l'extension des installations de manœuvre à transport de force. Mais celles-ci présentent, relativement

(1) Le prix moyen se décompose comme suit :

Appareil central .....	fr. 620,00
Transmissions .....	» 350,00
Appareils de manœuvre .....	» 400,00

fr. 1370,00

(2) Prix d'avant la guerre.



à la manœuvre manuelle, des avantages d'un autre ordre dont l'importance va grandissant à mesure que grandit l'intensité du trafic. Elles permettent une meilleure concentration des leviers et, par suite, une plus grande célérité dans la manœuvre et dans certains cas une plus grande sécurité, tout en facilitant la tâche du personnel. Elles permettent en même temps de réaliser facilement un programme de sécurité complet comprenant la libération des itinéraires par les trains, le contrôle de la position correcte des aiguillages, la remise à l'arrêt des signaux après le passage des trains et cette remise à l'arrêt dans le cas d'un itinéraire déjà établi.

#### 4° Enclenchements économiques (1)

Dans les petites gares et dans des installations provisoires, où les aiguilles sont manœuvrées sur place, on emploie des enclenchements économiques, qu'on applique directement sur les leviers et qui ont la forme de serrures dont il est impossible mécaniquement de faire fonctionner les clefs si ce n'est dans des conditions déterminées. Parmi les appareils de ce genre, on peut citer les serrures Annett, Klaus et Bouré.

**Serrures Bouré (2).** — Les appareils (signaux, aiguilles, taquets) que l'on désire enclencher sont munis chacun d'une serrure qui les immobilise normalement dans leur position directe. Pour leur donner la position renversée il faut libérer la serrure, ce qui ne peut se faire qu'avec le concours d'une clef spéciale qui ne peut ensuite être retirée de la serrure que pour autant que l'appareil ait repris sa position normale. Il y a autant de clefs que d'appareils enclenchés. Normalement, elles sont introduites dans une serrure centrale, placée dans un des bureaux de la gare et combinée de telle sorte qu'on ne peut en retirer une qu'en immobilisant toutes celles qui entrent dans la combinaison d'enclenchements assurant la sécurité.

Ainsi, par exemple, lorsque les clefs des signaux A et B (fig. 277) couvrant une voie

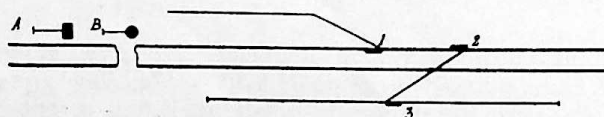


FIG. 277.

principale sont retirées de la serrure centrale et que, par conséquent, ces signaux peuvent être effacés, les clefs de tous les appareils (1, 2, 3) en relation avec cette voie restent emprisonnés dans la serrure centrale, de sorte que ces appareils sont

enclenchés dans la position qui assure la circulation sur la voie principale.

Inversement, lorsque les clefs 1, 2, 3 sont retirées de la serrure centrale celles des signaux y restent emprisonnées, et comme des serrures des leviers de signaux on n'a pu retirer les clefs qu'après que ces signaux ont été mis à voie fermée, la gare est couverte et les manœuvres intérieures peuvent s'accomplir en toute sécurité.

L'inconvénient du système est qu'il nécessite pour les manœuvres des allées et venues longues et fatigantes entre la serrure centrale et les appareils enclenchés.

**Serrures électriques.** — Afin d'éviter les allées et venues entre les serrures placées aux appareils et la serrure centrale, différents systèmes laissent les clefs à demeure dans

(1) GALINE : Exploitation technique des chemins de fer, p. 359. — Handbuch der Ingenieurwissenschaften, V. Theil, VI, Band., p. 742.

(2) *Annales des Mines*, 1899, 3<sup>e</sup> livraison. — *Revue Générale des Chemins de fer*, n° de juin 1899.

les serrures et en permettent ou en interdisent la manœuvre par un dispositif d'enclenchement électrique.

Dans le dispositif appliqué par l'Etat belge, chaque levier de signal ou d'aiguille est muni d'une broche qui l'immobilise ou le laisse libre suivant qu'elle est engagée ou non dans la serrure d'enclenchement. Celle-ci fonctionne au moyen d'une clef, qui se manœuvre à la main pour le calage de la broche, c'est-à-dire l'enclenchement du levier dans sa position directe, et dont la manœuvre pour le dégagement de la broche, c'est-à-dire le renversement du levier, nécessite l'intervention d'un courant électrique fourni par une batterie Leclanché, qui ne débite qu'à chaque manœuvre. Un bouton, faisant partie de la serrure, permet de provoquer le passage du courant, mais celui-ci

ne circule que pour autant que certaines serrures intercalées dans le circuit soient fermées. C'est ainsi que les serrures des leviers des aiguilles 1, 2, 5, 6, 7 et 8 (fig. 278) ne peuvent être ouvertes

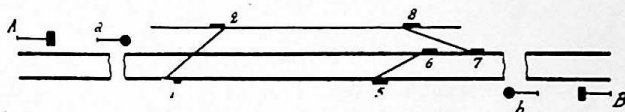


FIG. 278.

que pour autant que celles des signaux A, a, B, b soient fermées.

Un appareil du même genre, celui du système Jullien, fonctionne sur les chemins de fer français (*Revue Générale des Chemins de fer*, août 1919).

## CHAPITRE XXV

# LE FREINAGE DES TRAINS

### I. — LE FREINAGE A MAIN

Le freinage à main des trains conserve toute son importance, en Europe, pour les trains de marchandises et les trains mixtes, qui ne sont freinés par le frein continu que dans des cas tout à fait exceptionnels. Il doit être envisagé également pour les trains de voyageurs proprement dits, qui sont freinés à main chaque fois que le frein continu vient à manquer.

#### 1<sup>o</sup> Le coefficient de freinage

Le nombre de freins gardés à placer dans un train d'un tonnage déterminé doit être suffisant : *a*) pour permettre de l'arrêter, à la vitesse moyenne qu'il peut prendre, sur la distance du parcours d'arrêt qui sépare le signal d'arrêt absolu du point protégé par ce signal (ou sur la distance du point de visibilité du signal au point qu'il protège) ; *b*) pour empêcher qu'en cas de rupture d'attelage sur une voie de déclivité donnée, une rame détachée du train ne se mette en marche sous l'action de la gravité et ne parte à la dérive.

L'effort retardateur des freins à sabot étant proportionnel au poids des wagons freinés, le problème revient à déterminer, en fonction de la vitesse, de la déclivité et de la longueur d'arrêt, le poids à enrayer du train, étant donné son poids total, moteur compris. Cette détermination se fait au moyen du *coefficient de freinage*, c'est-à-dire de l'expression du rapport entre le poids enrayable et le poids total.

**Coefficient de freinage des Compagnies françaises** (formule de Bricka). — La formule adoptée par les Compagnies françaises est celle qui a été proposée par M. Bricka, d'après les travaux de M. Massieu (1). Soient :

*r* le rayon de roulement des véhicules freinés ;

*P* le poids total du train, exprimé en kgs ;

*P'* le poids des parties tournantes (en pratique  $P' = 0,16 P$  environ) ;

*p* le poids total enrayable du train (soit par les freins du train et du tender, soit par la contre-vapeur) ;

*p'* le poids enrayable des parties tournantes (en pratique,  $p' = 0,16 p$ ) ;

*V* la vitesse du train en kilomètres à l'heure ;

$v = \frac{V}{3.6}$  sa vitesse en mètres à la seconde ;

(1) *Annales des Mines*, 3<sup>e</sup> livraison de 1891.

Consulter également : *Annales des Ponts et Chaussées*, 2<sup>e</sup> semestre 1874, article de M. Thoyot, et *Revue des Chemins de fer*, décembre 1888, article de M. Pol Lefèvre.



$\omega = \frac{v}{r}$  la vitesse angulaire de rotation ;

$r'$ , le rayon de giration (on admet, en pratique,  $\frac{r'^2}{r^2} = 0,5$ ) ;

$f'$  le coefficient de résistance au roulement ;

$\varphi$  le coefficient de frottement sur rails des roues enrayées ;

$L$  la longueur d'arrêt en mètres ;

$i$  la déclivité moyenne de la voie, en millimètres par mètre, sur la longueur  $L$  ( $i$  est positive sur les pentes et négative sur les rampes).

Le coefficient de freinage est  $\lambda = \frac{p}{P}$ .

Au moment où les freins entrent en action, la force d'inertie du train est :

$$\frac{PV^2}{2g} + \frac{P' - p'}{2g} \omega^2 r'^2$$

( $P' - p'$  = parties tournantes restant en mouvement).

En remplaçant  $\omega$  par  $\frac{v}{r}$  et  $\frac{r'^2}{r^2}$  par 0,5, on a :

$$\left\{ P + 0,5 (P' - p') \right\} \frac{v^2}{2g}$$

Les forces extérieures agissant sur le train comprennent :

la résistance au roulement =  $(P - p) f'$  ;

la résistance au glissement des parties enrayées =  $p \varphi$  ;

la résistance propre de la machine =  $k$  (kgs) ;

la composante de la pesanteur =  $\frac{P i}{1000}$ .

La résultante de ces forces, le train se trouvant sur une pente, est :

$$(P - p) f' + p \varphi + k - \frac{P i}{1000}$$

Son travail, sur le parcours d'arrêt  $L$ , devra être égal à la force vive que possédait le train lorsque les freins ont été serrés. D'où :

$$\left\{ (P - p) f' + p \varphi + k - \frac{P i}{1000} \right\} L = \left\{ P + 0,5 (P' - p') \right\} \frac{v^2}{2g}$$

et, en remplaçant  $P'$  par 0,16  $P$ ,  $p'$  par 0,16  $p$  et en divisant par  $P$  :

$$\left\{ \left(1 - \frac{p}{P}\right) f' + \varphi \frac{p}{P} + \frac{k}{P} - \frac{i}{1000} \right\} L = \left\{ 1 + 0,08 \left(1 - \frac{p}{P}\right) \right\} \frac{v^2}{2g}$$

D'où, la valeur du coefficient de freinage :

$$\frac{p}{P} = \frac{1,08 \frac{v^2}{2gL} + \frac{i}{1000} - f' - \frac{k}{P}}{\varphi - f' + 0,08 \frac{v^2}{2gL}}$$

Et, en remplaçant  $v$  par sa valeur  $\frac{V}{3,6}$  et  $g$  par 9,81 :

$$\frac{p}{P} = \frac{4,24 \frac{V^2}{L} + i - 1000 f' - 1000 \frac{k}{P}}{1000 \varphi - 1000 f' + 0,32 \frac{V^2}{L}} \quad (1)$$

D'après M. Massieu, le coefficient  $f'$  peut être exprimé par

$$f' = 0,003 + \frac{0,0006}{1000} V^2.$$

La formule suppose les freins serrés jusqu'au calage des roues et envisage, par conséquent, le cas où les wagons freinés donnent le moindre effort retardateur. Elle admet, d'autre part, que  $\varphi$ , le coefficient de glissement des roues sur les rails, reste constant. Ce coefficient varie avec la vitesse de marche et surtout avec les circonstances atmosphériques ; il descend jusque 0,03 sur des rails très glissants et pour de grandes vitesses, alors qu'il s'élève jusque 0,25 lorsque le rail est bon et la vitesse presque nulle. M. Massieu a adopté la valeur moyenne :

$$\varphi = 0,104$$

qui est généralement dépassée en service.

Quant à  $\frac{k}{P}$ , il résulte des constatations de la pratique que ce rapport est sensiblement le même pour toutes les locomotives et peut aussi être pris égal à  $\frac{k}{P} = 0,0006$ .

Le rapport étant égal à zéro dans le cas d'une rame lancée sans machine, on écrit :

$$\frac{k}{P} = 0,0006 \varepsilon,$$

$\varepsilon$  pouvant être égal à 1 ou à 0 selon les circonstances.

Les coefficients  $f$  et  $\varphi$  et le rapport  $\frac{k}{P}$  étant remplacés par leurs valeurs, la formule du coefficient de freinage devient :

$$\frac{p}{P} = \frac{\left(\frac{4,24}{L} - 0,0006\right) V^2 + i - 3 - 0,6 \varepsilon}{104 - 3 - V^2 \left(0,0006 - \frac{0,32}{L}\right)}$$

et, en égalant à 1 le terme en  $V^2$  du dénominateur (1) :

$$\frac{p}{P} = \frac{\left(\frac{4,24}{L} - 0,0006\right) V^2 + i - 3 - 0,6 \varepsilon}{100} \quad (2)$$

(1) Pour  $L = 800$  et  $V = 70$  kilomètres, ce qui correspond aux conditions limites des trains de marchandises, on a :  $V^2 \left(0,0006 - \frac{0,32}{L}\right) = 0,98$ .

En adoptant cette formule, en 1901, le Comité de l'exploitation technique des compagnies françaises attribua à  $\varphi$  la valeur de 0,10 au lieu de 0,104. De plus, il fut d'avis que, dans le cas général d'un train complet (rame de wagons + locomotive en tête), il n'y a pas lieu de tenir compte de la résistance propre ( $k$ ) de la machine, étant donné que la formule part de l'hypothèse que les freins sont serrés jusqu'au calage des roues et que l'effort retardateur est exprimé, non par  $fQ \leq pa$  (1), mais par  $\varphi p$  ( $p$  étant le poids adhérent dans le cas de la locomotive). Pour la même raison, il n'y a pas lieu de tenir compte de l'action de la contre-vapeur dans l'expression du coefficient de freinage. Cette action, comme celle des autres résistances passives, tant des wagons que de la locomotive, vient s'ajouter à l'action des freins pour déterminer un effort retardateur se rapprochant autant que possible du maximum  $pa$  qui peut être atteint, mais il n'y a pas lieu d'en faire état dans l'expression du coefficient de freinage, qui part de l'hypothèse que celui-ci est obtenu par le glissement sur les rails des roues freinées et calées. D'après ces considérations, la formule fondamentale du freinage est la suivante :

$$\lambda = \frac{p}{P} = \frac{\left(\frac{4,24}{L} - 0,0006\right) V^2 + i - 3}{1000 \varphi} \quad (3)$$

La formule (2), avec  $\varepsilon = 1$ , ne serait d'application que dans le cas d'un train dont les freins des wagons seuls seraient serrés et dont les roues de la locomotive ne seraient enrayerées ni par les freins à sabot, ni par la contre-vapeur.

Les conditions d'application de la formule (3) ont été modifiées en 1910 (circulaire du 4 janvier). En vue d'éviter les emballements qui pourraient se produire sur les fortes pentes dans le cas où, par suite d'un accident, l'effort retardateur sur lequel on compte viendrait à diminuer, il a été décidé que l'on continuerait à prendre :

$$\varphi = 0,100$$

pour les pentes inférieures à 15 millimètres par mètre, et que l'on déterminerait  $\varphi$  par la formule :

$$\varphi = 0,100 - 0,00133 (i - 15),$$

pour les pentes de 15 millimètres et au-dessus ( $i$  exprimé en millimètres par mètre).

**Coefficient de freinage des administrations allemandes.** — Les administrations allemandes appliquent le coefficient :

$$\lambda = \frac{p}{P} = \frac{1}{a - f'} \left( \frac{4,25}{L} V^2 + i - f' \right) + 0,012 i V,$$

formule dans laquelle :

$P$  représente la charge remorquée, en tonnes. (La locomotive avec son tender est considérée comme assurant son propre freinage ; elle n'intervient pas dans le freinage des autres véhicules du train) ;

$p$  le poids freiné, en tonnes ;

$a$  le coefficient d'adhérence ;

$f'$  le coefficient de résistance au roulement ;

$V$  la vitesse, en kilomètres par heure ;

$L$  le parcours d'arrêt, en mètres.

(1) Voir page 395, chap. XVIII.



On admet que le freinage se fait à la limite du roulement, c'est-à-dire que l'effort retardateur des blocs est représenté par :

$$Q f = p a,$$

$f$  étant le coefficient de frottement des blocs sur les bandages.

La résistance du train depuis le moment du serrage des freins est :

$$p a + f' (P - p)$$

et le travail de cette résistance pendant le parcours d'arrêt est exprimé par :

$$L \{ p a + f' (P - p) \}.$$

Ce travail doit être égal à la somme de :

1° La force vive dont était animé le train au moment de l'application des freins, soit :

$$\frac{M v^2}{2} + \sum \frac{I \omega^2}{2},$$

$$M = \frac{P \times 1000}{g} = P \times 100 \text{ étant la masse de la rame remorquée ;}$$

$$v = \frac{V}{3,6}, \text{ la vitesse en mètres par seconde ;}$$

$I$ , le moment d'inertie polaire des masses tournantes ;  
 $\omega$ , la vitesse angulaire des masses tournantes.

On admet que  $\sum \frac{I \omega^2}{2}$  peut être égale à 0,10  $\frac{M v^2}{2}$ , d'où :

$$\frac{M v^2}{2} + \sum \frac{I \omega^2}{2} = 1,10 \frac{M v^2}{2} = \frac{110 P}{2} \left( \frac{V}{3,6} \right)^2 = 4,25 P V^2.$$

2° Le travail de la pesanteur pendant le parcours d'arrêt :

$$i \times P \times L.$$

On peut donc écrire :

$$L \{ p a + f' (P - p) \} = 4,25 P V^2 + i L P$$

D'où :

$$\frac{p}{P} = \frac{1}{a - f'} \left( \frac{4,25 V^2}{L} + i - f' \right)$$

Cette expression du coefficient de freinage ne tient pas compte de ce qu'il arrive fréquemment que les trains roulent plus vite sur les pentes que ne le prescrit l'horaire et qu'il est rare, surtout avec les trains longs, que tous les freins soient serrés simultanément ; de plus, il se présente que des roues sont calées, ce qui, pour le véhicule en cause, abaisse le freinage à  $p\varphi < p a$ . Pour tenir compte de ces faits, on ajoute à l'expression  $\frac{p}{P}$  un facteur variable avec la pente et la vitesse et exprimé par :

$$u = 0,012 i V.$$

La formule de  $\lambda$  devient ainsi :

$$\lambda = \frac{1}{a - f'} \left( \frac{4,25 V^2}{L} + i - f' \right) + 0,012 i V. \quad (4)$$

Les administrations qui utilisent ces formules adoptent pour  $a$  et  $f'$  des valeurs déterminées ; par exemple :

$$a = 160 \quad \text{et} \quad f' = 2,4 + 0,0002 V^2.$$

**Freinage dans le cas de marche en dérive.**— Deux cas sont à considérer : *a*) celui d'une rame en stationnement sur une pente ; *b*) celui d'une rame se détachant d'un train, en cas de rupture d'attelage sur une rampe.

*Premier cas.* — Le freinage nécessaire se déduit de la formule (3), dans laquelle on annule le terme en  $V$  et attribue à  $\varphi$  une valeur  $\varphi_1$  convenable, ce qui donne :

$$\lambda_1 = \frac{p}{P} = \frac{i-3}{1000 \varphi_1} \quad (5)$$

( $P$  = poids de la rame,  $p$  = poids freiné nécessaire).

La condition du problème étant que la rame se trouve au repos, M. Bricka a estimé que la valeur de  $\varphi_1$  peut être plus grande que celle de  $\varphi = 0,104$  et il a proposé  $\varphi_1 = \frac{1}{7}$ , ce qui donne sensiblement 140 pour 1000  $\varphi_1$ .

Le coefficient de freinage à appliquer pour obtenir l'arrêt pour la dérive est donc :

$$\lambda_1 = \frac{p}{P} = \frac{i-3}{140}.$$

Il est à remarquer que, la rame étant arrêtée, et les freins serrés, l'effort retardateur de ceux-ci est égal à  $pa$ ,  $a$ , le coefficient d'adhérence, c'est-à-dire le coefficient de frottement à la vitesse nulle, pouvant aller jusqu'à 0,25. La valeur  $\varphi_1 = 0,140$  est donc largement suffisante, à moins que l'on ne se trouve dans le cas d'un rail excessivement mauvais.

*Deuxième cas.* — La formule (5) serait également applicable ici si l'on pouvait admettre que les garde-frein se rendent compte de la rupture d'attelage dès l'instant où elle se produit et que les sabots soient appliqués au même moment. Or, les garde-frein peuvent ne s'apercevoir de la dérive qu'au bout d'un certain temps et il faut 18 secondes, en général, pour obtenir l'application des sabots. On ne peut donc pas admettre que, dans tous les cas, la vitesse de la rame soit nulle au moment où l'action des freins se produit et il faut considérer qu'elle a parcouru un chemin  $l$  et acquis une vitesse  $V'$  au moment du serrage des freins. C'est afin de tenir compte de ces faits que, pour une rame se détachant d'un train, en cas de rupture d'attelages sur une pente, on applique la formule de la dérive :

$$\lambda_1 = \frac{p}{P} = \frac{i-3}{1000 \varphi_1},$$

en attribuant à  $\varphi_1$  les valeurs suivantes :

$$\varphi_1 = 0,140$$

sur les pentes ne dépassant 5 millimètres par mètre ;

$$\varphi_1 = 0,140 - 0,008 (i - 5)$$

sur les pentes de 5 à 10 millimètres par mètre ;

$$\varphi_1 = 0,100 - 0,001 (i - 10)$$

sur les pentes supérieures à 10 millimètres par mètre.

M. Maison fait remarquer qu'en supposant un retard de 40 secondes dans le serrage des freins d'une rame détachée d'un train, l'arrêt par un freinage selon ces formules serait obtenu seulement au bout d'un parcours total de :

160 mètres sur les pentes de 5 m/m		
495	»	10 »
752	»	15 »
931	»	20 »
1032	»	25 »
1175	»	33 »

Il conclut que les formules sont loin de donner « une sécurité surabondante ».

Les coefficients  $\varphi$  et  $\varphi_1$  des formules (3) et (5) des Compagnies françaises supposent que les timoneries permettent, pour un effort normal des garde-frein fixé à 30 kgs, d'exercer sur les sabots une pression égale aux  $\frac{2}{3}$  du poids maximum  $p$  des wagons (voir chapitre XVIII, page 399).

## 2° Le règlement de freinage

Les deux parties essentielles d'un règlement de freinage sont les tableaux de freinage et les règles relatives à la répartition des poids freinés dans le train.

### a) Les tableaux de freinage

Les gares doivent, en composant les trains, tenir compte des nécessités du freinage. A cet effet, elles disposent de tableaux qui fixent, pour les différentes catégories de trains (trains de marchandises, trains mixtes, trains de voyageurs), par sections de lignes et, le cas échéant, par catégories de machines, le poids à freiner exprimé en % de la charge remorquée.

Pour l'établissement de ces tableaux, on partage les lignes en sections comportant des déclivités comprises entre des limites déterminées (par exemple : 0 à 4 m/m, 4 à 8, 8 à 12, 12 à 15, 15 à 18, 18 à 21, 21 et au delà) et on détermine pour chacune de ces sections et pour chacune des catégories de trains, les règles du freinage, en envisageant la double fonction des freins : arrêter les trains en marche et empêcher les dérives. La base du freinage pour l'arrêt s'obtient en partant de la valeur de  $\lambda$  correspondant au maximum de la déclivité moyenne sur le parcours d'arrêt et à la vitesse maximum que peuvent y prendre les trains, en s'assurant que la base ainsi obtenue reste au-dessus de celle qui correspond à une pente moindre de la même section, parcourue à une vitesse plus grande. Le freinage pour la dérive s'évalue d'après la valeur de  $\lambda_1$  pour la contre-pente maximum de la section et en supposant que la rupture d'attelage se produise au point le plus défavorable, soit derrière le tender, soit derrière le fourgon suivant immédiatement celui-ci. On adopte celui des deux freinages, arrêt de marche, arrêt de dérive, qui est le plus élevé.

**Tableaux de freinage des Compagnies françaises.** — Les Compagnies françaises font entrer la locomotive et le tender dans le calcul du freinage du train remorqué (1).

(1) La question est controversée. Le Comité de l'exploitation technique des Compagnies considère que la méthode suivie jusqu'à présent doit être maintenue. M. Bernheim, ingénieur en chef du contrôle technique, est d'avis qu'il ne doit pas être tenu compte des moyens d'arrêt de la locomotive dans le calcul du freinage du train et qu'il y a lieu de les considérer comme réserve destinée à augmenter la sécurité. (*Annales des Mines. Bulletin du Congrès.*)

Le règlement du freinage de la Compagnie du Nord est établi d'après les considérations suivantes. Soient :

$P$  le poids total du train ;

$M$  le poids de la machine et du tender ;

$C$  la charge remorquée : ( $C = P - M$ ) ;

$p$  le poids total freiné ;

$p_m$  le poids freiné de la machine et du tender ;

$p_c$  le poids freiné dans le train remorqué : ( $p_c = p - p_m$ ).

Les locomotives sont classées en un certain nombre de groupes présentant sensiblement les mêmes conditions de freinage.

On commence par déterminer, au moyen des formules (3) et (5), les valeurs de  $\lambda$  et de  $\lambda_1$  pour la section considérée, c'est-à-dire en donnant à  $i$  la valeur de la pente maximum de cette section, en faisant  $V$  égal à la vitesse maximum admise sur cette pente et en égalant  $L$  à 1000 mètres.

En ce qui concerne l'arrêt de marche, la valeur ainsi obtenue pour  $\lambda$  permettra d'établir la relation suivante :

$$p_m + p_c = \lambda (M + C)$$

Le poids freiné de la machine étant toujours supérieur à  $\lambda M$ , la différence  $p_m - \lambda M$ , que l'on appelle le *freinage disponible de la machine*, est reporté sur le poids freiné nécessaire pour l'enrayage de la charge remorquée. Si l'on désigne par  $C_0$  la charge que le freinage disponible est capable d'arrêter, on peut écrire :

$$p_m = \lambda (M + C_0).$$

D'où :

$$p_c = \lambda (C - C_0) \quad (6)$$

$$\frac{p_c}{C} = \lambda \left(1 - \frac{C_0}{C}\right) \quad (7)$$

Au point de vue de la *dérive*, le cas le plus fâcheux est celui où le train ayant un fourgon en tête, la rupture d'attelage se produit derrière celui-ci ; ce fourgon ayant un frein gardé, la rame détachée a ce frein de moins que le train tout entier. Si  $a$  est le poids du fourgon de tête, le poids de la rame détachée sera  $C - a$ . On doit donc avoir :

$$\lambda_1 = \frac{p_c - a}{C - a}$$

D'où :

$$p_c = \lambda_1 C + (1 - \lambda_1) a \quad (8)$$

$$\frac{p_c}{C} = \lambda_1 + (1 - \lambda_1) \frac{a}{C} \quad (9)$$

Le poids à freiner devant satisfaire aux deux conditions représentées par les équations (6) et (8), on lui assigne la plus grande des valeurs données par elles.

De l'équation (7) on déduit que le coefficient de freinage  $\frac{p_c}{C}$  du train est d'autant plus grand que la charge  $C$  est plus grande pour une machine donnée, ce qui revient à dire que l'influence du freinage disponible se fait sentir d'autant moins, au point de



vue de la charge remorquée, que celle-ci est plus grande et se rapproche davantage de la charge limite de la machine. Aussi, à la Compagnie du Nord, détermine-t-on, pour tous les cas, le coefficient de freinage d'après la charge limite. Ce coefficient se déduit donc des équations (7) et (9) dans lesquelles C représente la charge limite de la machine.

Les équations (6) et (8) représentent l'une et l'autre une droite, que l'on peut tracer en prenant  $p_c$ , le poids freiné dans le train remorqué, comme ordonnée, et C, la charge remorquée, pour abscisse. La droite AB (fig. 279), ayant  $\lambda$  comme coefficient angulaire et passant par le point A de l'axe des abscisses, dont l'abscisse OA est égale à  $C_0$ , sera la droite des arrêts (équation 6) ; la droite MN, ayant  $\lambda_1$  pour coefficient angulaire et passant par le point M de l'axe des ordonnées, dont l'ordonnée  $OM = (1 - \lambda_1) a$ , sera la droite des dérivées (équation 8). Le poids  $p_c$  à freiner pour une charge donnée  $C = OC$  sera représentée par la plus grande des ordonnées CD ou CD', et le coefficient

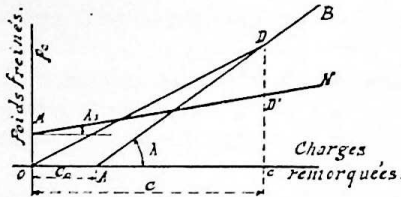


FIG. 279.

de freinage  $\frac{p_c}{C}$  du train sera le coefficient angulaire de la droite OD. On voit que ce coefficient devient d'autant plus grand que la charge remorquée C devient plus grande, c'est-à-dire se rapproche davantage de la charge limite de la machine qui remorque le train.

La méthode de la Compagnie du Nord, qui consiste à déterminer dans tous les cas le coefficient de freinage d'après la charge limite de la machine, est incontestablement avantageuse au point de vue de la sécurité. Elle est de nature à occasionner des dépenses un peu exagérées lorsque des trains de charges très différentes peuvent devoir être expédiés par les mêmes machines. La Compagnie de l'Est a tenu compte de cet inconvénient, en adoptant, comme ligne de freinage, une ligne en escaliers, enveloppant complètement la droite des arrêts et la droite des dérivées.

Considérons une série de machines dont la charge limite est de 600 tonnes, pour un profil-type comprenant des pentes de 6 à 7 m/m. Sur les pentes de l'espèce la vitesse maximum admise par la Compagnie est de 45 kilomètres par heure. La longueur L du parcours d'arrêt est fixée à 1000 mètres.

On trace (fig. 280), pour ces valeurs de  $i$ , V et L, la droite AB des arrêts et la droite MN des dérivées. On pourrait prendre comme ligne de freinage la ligne MPB et dresser un tableau donnant, pour chaque charge à remorquer C, le poids freiné  $p_c$  correspondant. Pour simplifier le tableau, on adopte des coupures variant, pour les charges à freiner, de 100 en 100 tonnes et, pour les poids freinés, de 5 en 5 tonnes, ce qui permet de tracer une ligne à échelons  $ab, cd, ef, \dots$  enveloppant la ligne MPB. On voit que si l'on avait adopté un coefficient de freinage unique, correspondant à la charge limite (600 tonnes) de la machine, ce coefficient aurait été déterminé par la ligne OB, avec un minimum de poids freiné représenté par la ligne MQ.

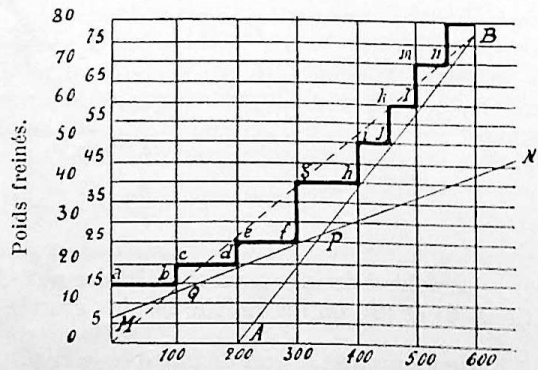


FIG. 280.

Le tableau de freinage déduit de la ligne *ab, cd, ef, ...* sera le suivant :

Charges remorquées	Poids freinés
1 à 100 tonnes .....	15 tonnes
100 à 200 » .....	20 »
200 à 300 » .....	25 »
300 à 400 » .....	40 »
400 à 450 » .....	50 »
450 à 500 » .....	60 »
500 à 550 » .....	70 »
550 à 600 » .....	80 »

Les locomotives de la Compagnie de l'Est sont réparties en 20 catégories et les pentes et rampes de son réseau sont sériées en 10 profils-types, allant du profil correspondant à une voie en palier ou avec des rampes de 3 m/m jusqu'au profil comprenant des rampes de 16 à 23 m/m. Les vitesses maxima admises à la descente des pentes sont les suivantes :

Profils-types Déclivités	A et B 0 à 4 m/m	C et D 4 à 7 m/m	E et F 7 à 10 m/m	G et H 10 à 15 m/m	I et K 15 à 23 m/m
Vitesses	50	45	40	30	35

Le poids freiné  $p_m$  des machines, servant à la détermination de la charge initiale  $C_0$ , comporte le poids de la machine qui porte sur les essieux moteurs, freinés ou non au sabot, et sur les roues porteuses freinées. Le mécanicien peut, en effet, faire usage de la contre-vapeur et celle-ci permet sensiblement le même effort que si tous les essieux accouplés étaient freinés au sabot (voir chapitre XVIII, page 393). Toutefois, pour qu'il en soit ainsi, il faut que la pression de la vapeur atteigne celle du timbre de la chaudière et que l'état d'entretien de la machine soit parfait. Comme ces conditions favorables peuvent faire défaut dans la pratique, la circulaire du 4 janvier 1910 a décidé que l'assimilation du frein à contre-vapeur au frein à sabot ne peut être admise que sur les lignes à courtes et faibles déclivités, c'est-à-dire en dents de scie. Sur les lignes à longues et fortes déclivités, la contre-vapeur, pour les machines non freinées au sabot, peut être considérée comme un moyen d'enrayage suffisant pour arrêter les machines elles-mêmes, mais on ne peut en faire état dans le calcul du freinage du train remorqué.

**Tableaux de freinage des administrations allemandes.** — Les administrations allemandes ne faisant pas intervenir le poids freiné de la locomotive pour la détermination du freinage du train, les tableaux n'ont pas à tenir compte des types des locomotives ; ils sont établis d'après la formule (4), page 232. Le tableau suivant est en vigueur sur les chemins de fer de l'Etat prussien. (Ordonnance du 18 novembre 1912). Ce tableau est établi pour un parcours d'arrêt de 700 mètres. Pour le calcul du poids freiné, on considère la vitesse maxima permise sur la section à parcourir et la pente maxima d'au moins 1000 mètres de longueur. L'essieu d'un wagon vide n'est compté que pour un demi-essieu.

Inclinaisons		Nombre d'essieux à freiner sur 100									
		V = 15 km.	V = 20 km.	V = 25 km.	V = 30 km.	V = 35 km.	V = 40 km.	V = 45 km.	V = 50 km.	V = 55 km.	V = 60 km.
	<i>m/m.</i>										
1 : ∞	0	6	6	6	6	6	7	10	13	17	21
1 : 1000	1	6	6	6	6	6	8	11	15	19	23
1 : 500	2	6	6	6	6	7	10	13	16	20	24
1 : 333	3	6	6	6	6	9	11	15	18	22	26
1 : 250	4	6	6	6	7	10	13	16	20	24	28
1 : 200	5	6	6	6	9	11	14	18	22	26	30
1 : 166	6	7	7	7	10	13	16	19	23	28	—
1 : 143	7	8	8	8	11	14	17	21	25	30	—
1 : 125	8	9	9	9	12	15	19	23	27	32	—
1 : 100	10	10	10	12	14	18	22	26	31	—	—
1 : 83	12	12	12	14	17	20	25	29	34	—	—
1 : 71	14	14	14	16	19	23	28	32	38	—	—
1 : 62	16	16	16	18	22	26	30	35	41	—	—
1 : 55	18	18	18	20	24	28	33	39	—	—	—
1 : 50	20	20	20	22	26	31	36	42	—	—	—
1 : 45	22	22	22	24	29	34	39	—	—	—	—
1 : 40	25	25	25	27	32	38	44	—	—	—	—

### 3) Répartition du poids freiné dans le train

Le poids freiné doit être réparti dans le train de telle manière qu'en cas de rupture d'attelage en un point quelconque, la partie détachée ait un poids freiné suffisant pour être arrêtée. On s'astreint toujours à avoir dans le train deux freins gardés, au moins, même si le freinage réglementaire n'exigeait qu'un wagon. L'un de ces freins est placé en tête ; c'est le fourgon de tête, dans les compagnies qui placent un fourgon en tête de leurs trains de marchandises ; l'autre est placé en queue : c'est le fourgon de queue, lorsqu'il y en a un. Si la déclivité n'est pas trop forte, le frein d'arrière peut n'être pas le dernier véhicule, mais l'un des cinq derniers. Cette tolérance n'est admise, en Allemagne, que sur les rampes de 5 ‰ ou moins ; sur les sections à déclivités de plus de 5 ‰, sur une longueur de 1000 mètres ou plus, le dernier véhicule doit être un frein gardé.

La plupart des règlements stipulent que la moitié au moins du poids freiné doit se trouver sur la moitié arrière du train. En France, la circulaire ministérielle du 4 janvier 1910 dispose que les règlements des compagnies doivent fixer la répartition des freins dans les trains.

## II. — LE FREINAGE CONTINU

D'une manière générale, le freinage par un frein continu devrait satisfaire aux conditions suivantes :

1° Les sabots de tous les véhicules du train devraient s'appliquer simultanément et l'effort de freinage devrait être tel que les roues ne seraient jamais calées, mais toujours sur le point de l'être.

2° L'effort de freinage sur chaque essieu devrait être proportionné à la charge de celui-ci, de telle sorte que l'on aurait pour les différents essieux du train :

$$\frac{fP}{Q} = \frac{fP'}{Q'} = \frac{fP''}{Q''} = \dots$$

( $fP$  = effort retardateur,  $Q$  = charge de l'essieu).

3° L'action du frein devrait être modérable dans les limites les plus étendues.

L'utilisation de triples valves à action rapide permet d'obtenir, aussi bien avec les freins à air comprimé qu'avec les freins à vide, le freinage simultané de tous les véhicules, lorsque le nombre de ceux-ci, ainsi que c'est le cas des trains de voyageurs, ne dépasse pas 25 à 30. Il n'en est pas de même avec les trains longs, tels que les trains de marchandises, du moins en Europe. Différents appareils, notamment la valve régulatrice automatique Westinghouse (1) et les sabots Maximus (2), ont été préconisés pour obtenir le freinage à la limite du roulement des roues ; ces appareils n'ont pas donné le résultat désiré.

C'est surtout au matériel à marchandises, dont le poids sur rail peut varier de 1 à 3, suivant que le wagon est vide ou chargé, que l'effort retardateur du véhicule freiné devrait se proportionner à sa charge. On voit, en effet, que si le mécanicien règle la pression de freinage comme si tous les wagons du train étaient vides, l'effort retardateur sur les wagons chargés au maximum ne sera pas en rapport avec leur poids, de même que s'il freine en supposant tous les wagons chargés, il déterminera le calage des roues des wagons vides. Différents dispositifs ont été imaginés pour résoudre cette difficulté. Le frein Sauvage (3) utilise deux cylindres qui fonctionnent ensemble lorsque le wagon est chargé et dont l'un agit seul lorsque le wagon est vide ; l'agent chargé de la conduite du train manœuvre un robinet qui conjugue ou isole ces cylindres. Le frein Chapsal-Saillot (4) fait intervenir la flexion des ressorts de suspension qui, à l'aide d'un jeu de diaphragmes, fait varier la pression proportionnellement à la charge sur l'essieu. Aucun de ces systèmes n'a abouti à un résultat satisfaisant.

Enfin, la modérabilité, principalement au desserrage, est indispensable pour le freinage sur les longues pentes. Elle est réalisée directement avec les freins différentiels, mais nécessite des dispositifs spéciaux avec les freins à distributeur.

### 1° Le freinage continu des trains de marchandises (5)

Sans tenir compte du manque, jusqu'à présent, d'un dispositif pratique pour proportionner l'effort retardateur à la charge du véhicule, l'application du frein continu aux trains de marchandises rencontre, comme difficultés techniques, la grande longueur des trains, qui peut aller jusque 80 véhicules, et le mode d'attelage lâche uniformément employé en Europe. Le frein continu n'ayant pas une instantanéité d'action absolue, les freins des wagons de tête se serrent plus promptement que ceux des véhicules d'arrière et, inversement, ces derniers se desserrent moins vite que les premiers. Il en résulte,

(1) Voir catalogues Westinghouse.

(2) Frein MAXIMUS : *Engineering*, 1906. — *Génie Civil*, 1907. — *Chronique industrielle*, 1907.

(3) *Bulletin du Congrès des Chemins de fer*, 1907.

(4) DANTIN : Le nouveau frein continu pneumatique, système Chapsal et Saillot. *Génie Civil*, 1907

(5) HUBERTI et DOYEN : Le frein continu et les trains de marchandises. *Bulletin du Congrès des Chemins de fer*, 1907.

DOYEN : Les freins continus aux trains de marchandises, *Bulletin du Congrès des Chemins de fer*. 1908.



à cause du système d'attelage, que, pendant le serrage, les wagons de queue se lancent sur ceux de tête, en comprimant les ressorts de choc et en déterminant des secousses violentes, secousses qui se renouvellent pendant le desserrage, lorsque les ressorts comprimés reprennent leur tension initiale. Cet inconvénient, qui n'existe pas aux Etats-Unis, à cause de la rigidité quasi complète de l'attelage, a une importance d'autant plus grande en Europe qu'une bonne partie du matériel y est encore munie de l'attelage continu, dont les ressorts de traction, accouplés en parallèle, ne peuvent absorber qu'une très faible fraction de la force vive restituée par les ressorts de choc. Ces réactions peuvent provoquer des ruptures d'attelages qui constituent une entrave et un danger pour l'exploitation et qui peuvent donner lieu à des dérives plus dangereuses encore.

Aux Etats-Unis, l'application de triples valves à action rapide permet de freiner, sans inconvénient, des trains de marchandises dont la composition atteint parfois 100 wagons de grande capacité et dont la charge dépasse 3000 tonnes. Sur le continent européen, des appareils spéciaux et des modes de freinage particuliers ont dû être préconisés.

**Frein Westinghouse.** — La Société Westinghouse cherche la solution uniquement dans une propagation accélérée de la dépression. Elle applique une triple valve spéciale dite « modèle perfectionné, type 1911 » (1), qui donne le résultat poursuivi avec le serrage modéré, tandis qu'avec la triple valve à action rapide, il faut un serrage d'urgence. Le principe est le même que pour cette dernière : produire, dans la conduite générale, à l'endroit de chaque véhicule, une dépression locale, ayant pour effet de provoquer la mise en action des triples valves des véhicules suivants.

**Frein Hardy (2).** — La Compagnie du frein à vide poursuit, comme la Société Westinghouse, une accélération du serrage à partir de la tête du train par l'application de *valves à action rapide*, mais elle réalise simultanément un serrage en sens inverse au moyen d'une *valve amovible*, ajoutée au véhicule extrême. Les valves à action rapide sont combinées de telle sorte que le freinage de tête en queue se propage plus lentement que l'onde motrice ; celle-ci parvient ainsi à la valve amovible avant que les freins de la partie de queue aient été influencés et il se produit un serrage se propageant de l'arrière vers l'avant du train. Les freins des wagons d'arrière sont appliqués avant ceux du milieu et peu après ceux de tête ; la compression du train et les réactions sur lesattelages sont évitées.

**Système Sabouret (3).** — Le système Sabouret est applicable aussi bien avec le frein à vide qu'avec le frein à air comprimé. Il consiste à freiner d'abord quelques wagons de la tête du train, puis la rame qui les suit, en séparant les deux opérations par un intervalle suffisant pour que le train accomplisse son tassement sur la tête et acquière la rigidité d'un train américain.

L'application se fait de la manière suivante à un train de 80 wagons. La machine est munie du frein modérable seul et le tender du frein modérable combiné avec l'automatique. On laisse en service trois ou quatre freins au plus dans la rame de tête com-

(1) Catalogue Westinghouse.

(2) *Bulletin du Congrès*, octobre 1907, p. 962. — Brochure de la Compagnie du frein à vide. Le frein à vide automatique à action rapide pour trains de marchandises et ses résultats pratiques.

(3) SABOURET : Nouvelle méthode de freinage continu des longs trains de marchandises. *Génie Civil*, 1911.

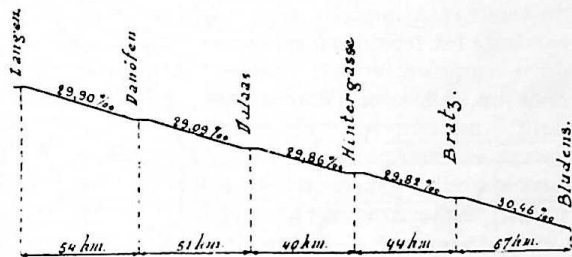
SABOURET : Nouveau système de freinage continu des trains de marchandises. *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, février 1912.

prenant quinze wagons. Au quinzième attelage, on intercale entre les deux accouplements du frein une boîte portative dite « double valve », qui produit deux effets distincts ; elle permet au mécanicien : 1° de charger le train entier ; 2° de freiner la rame de tête seule, puis, à sa volonté, la rame de queue. Un dispositif particulier retarde automatiquement de 10 secondes l'échappement de la double valve qui commande le freinage de la rame de queue.

D'un seul coup de robinet, le mécanicien produit trois effets : il freine brusquement à l'automatique le tender et les quatre wagons de la rame de tête ; il freine lentement, grâce à un appareil modérateur, la machine au modérable ; il freine la rame de queue avec un décalage de 10 secondes.

2° Le freinage continu sur longues pentes

Sur les pentes longues et fortes (Arlberg : 256 kilomètres, avec pentes de 28.9 à 30,46 ‰), le freinage doit permettre de maintenir la vitesse à un taux déterminé (25 kilomètres par exemple), sans que le train dépasse une certaine accélération, (Vmax = 35 kilomètres, sur l'Arlberg), soit qu'il descende une longue section d'une déclivité déterminée, soit que l'inclinaison se modifie, qu'il passe, par exemple, d'une section moins inclinée à une section qui l'est davantage ou de pente en palier. La solution du problème se trouve dans la modérabilité au desserrage.



Ligne de l'Arlberg. Profil.  
FIG. 281.

**Freins différentiels.** — Les freins différentiels, soit à air comprimé (Carpenter), soit à vide, conviennent spécialement pour le freinage continu sur les pentes. Des résultats remarquables ont été donnés par le frein Hardy, au cours d'expériences, en 1907, sur la ligne de l'Arlberg (1).

**Freins à distributeur.** — Les freins à distributeur n'étant pas modérables au desserrage, un artifice est nécessaire pour résoudre le problème du freinage continu. Deux systèmes sont appliqués avec le frein Westinghouse : le système Henry et le système à robinet de graduation.

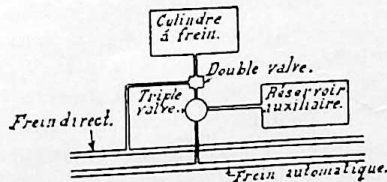


FIG. 282.

**Frein Henry** (2) (fig. 282). — Le système résulte d'une combinaison du Westinghouse automatique avec le Westinghouse direct. Le montage comporte deux conduites générales, l'une pour le frein direct, l'autre pour le frein automatique, à chacune desquelles correspond un robinet du mécanicien sur la locomotive. L'équipement d'une voiture ne comporte qu'un cylindre qui le relie à la triple valve du

(1) Bulletin du Congrès international des Chemins de fer, octobre 1907, janvier et septembre 1908.  
(2) Catalogue Westinghouse.

frein automatique est insérée une « double valve » qui a pour effet d'isoler les deux freins l'un de l'autre. Si le frein direct fonctionne, la double valve ferme le branchement de l'automatique et réciproquement ; de plus, si, par suite d'une rupture de la conduite automatique, le frein automatique vient à fonctionner intempestivement, le mécanicien peut, en envoyant de l'air dans la conduite modérable, manœuvrer la double valve, vider les réservoirs auxiliaires et annuler ainsi le frein automatique ; il n'a plus alors qu'à desserrer le frein direct pour remettre immédiatement son train en mouvement.

Sur les pentes, le mécanicien freine au moyen du frein à action directe, qui est modérable, ainsi qu'on le sait. Le système Henry est appliqué sur le P. L. M. (ligne du Mont-Cenis), le Gothard, les Chemins de fer fédéraux suisses, l'Etat italien et l'Etat badois. L'Etat hongrois se borne à freiner la locomotive à l'action directe, le tender et le reste du train étant freinés à l'automatique.

**Frein Westinghouse à robinet de graduation** <sup>(1)</sup>. — L'équipement comporte une seconde conduite générale, régnant, comme la conduite principale, d'un bout à l'autre du train et à laquelle sont reliés les orifices d'échappement des triples valves. Cette conduite est fermée en queue du train et aboutit, sur la locomotive, à un second robinet du mécanicien, appelé « robinet de graduation », qui permet de la mettre en communication soit avec l'atmosphère, soit avec le réservoir principal. Suivant la manière dont il manœuvre ce robinet, le mécanicien met les orifices d'échappement des triples valves en communication avec l'extérieur, ce qui les place dans leur état normal, ou envoie de l'air comprimé du réservoir principal dans les cylindres à frein, en le faisant passer par la conduite secondaire et les échappements des triples valves.

Au moment d'aborder la pente, le mécanicien fait un premier serrage par l'automatique, puis, à l'aide du robinet de graduation, il coupe la communication de la conduite secondaire avec l'atmosphère. Il ramène ensuite la poignée du robinet de l'automatique dans la position de desserrage, puis dans celle de marche, ce qui remet le frein automatique en pleine charge. A partir de ce moment, il ne se sert plus que du robinet de graduation, qui lui permet d'augmenter ou de diminuer, comme il l'entend, la pression dans les cylindres à frein.

---

<sup>(1)</sup> *Bulletin du Congrès*, janvier 1912.

## CHAPITRE XXVI

# LE MOUVEMENT DES TRAINS

### I. — L'EXPÉDITION DES TRAINS

**Le service du mouvement dans les gares** <sup>(1)</sup>. — Ce service comprend la formation et le déplacement, l'expédition et la réception des trains. Dans les grandes gares, il est dirigé par un ou plusieurs agents, qui s'en occupent soit pour les trains d'une direction déterminée, soit pour une section déterminée de la gare ; ces agents sont spécialisés pour ce service et n'interviennent pas dans le service général de surveillance, c'est-à-dire le service des quais, des hangars à marchandises, des manœuvres (sauf qu'aucune manœuvre intéressant le mouvement des trains ne peut être faite sans leur intervention).

C'est le *tableau d'affectation des voies* qui sert de base au mouvement des trains dans une gare. Il mentionne, sous forme de nomenclature ou de graphique, tous les trains qui, de minuit à minuit, entrent dans la gare et en sortent ; il indique, pour chacun d'eux, l'heure d'arrivée et l'heure de départ, la voie sur laquelle il doit être reçu et expédié, l'itinéraire qu'il doit suivre pour son entrée, sa sortie et, le cas échéant, son déplacement. Pour la confection de ce tableau, on part de ce principe que le nombre d'entrées et de sorties pouvant s'effectuer simultanément doit être le plus grand possible.

De plus en plus, on adopte, pour ce tableau, la forme graphique ; la figure 283 reproduit un type en usage sur un grand nombre de réseaux.

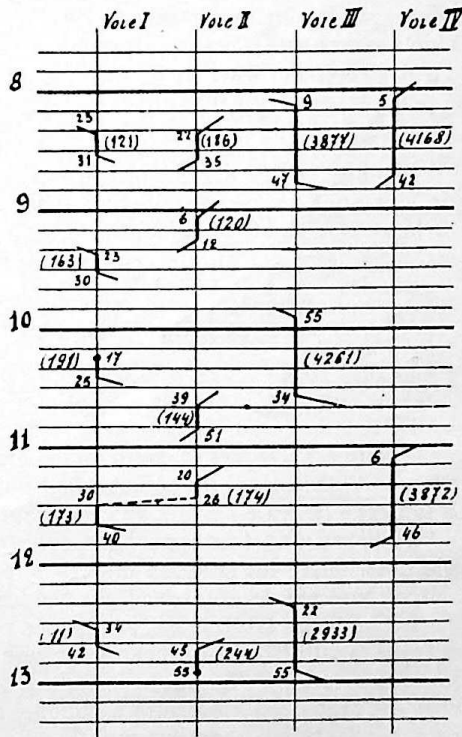


FIG. 283.

<sup>(1)</sup> Les opérations qui s'effectuent dans une gare constituent trois services essentiels : 1° le service de l'exécution des transports : distribution et récoltement des billets, enregistrement et remise des bagages, réception et distribution des marchandises, entretien, nettoyage, chauffage, éclairage et composition des trains ; 2° le service du mouvement : formation et mise en marche des trains ; 3° le service des recettes.



Les lignes verticales représentent les voies et les lignes horizontales, les heures. Un renforcement du trait figurant la voie indique le moment de la journée où celle-ci est occupée par un train.

On voit que le train 3877, reçu sur la voie III à 8 h. 9', est dépassé par le train 121, qui entre à 8 h. 23' sur la voie I et part à 8 h. 31'; de même, le train 2933 est dépassé par le train 11. La voie II est inoccupée pendant une heure et demie, depuis le départ, à 9 h. 12', du train 120, jusqu'à l'entrée, à 10 h. 39', du train 144; cet intervalle pourra être utilisé à un travail de réfection, s'il y a lieu. La rame du train 174, entrée sur la voie II, doit être manœuvrée et amenée, entre 11 h. 26' et 11 h. 30', sur la voie I, où elle formera le train 173, partant à 11 h. 40'. Le train 244 termine son itinéraire dans la gare et le train 191 y commence le sien.

**Conditions à remplir pour qu'un convoi constitue un train.** — Un train, pour être complet, doit être muni de ses signaux et avoir son personnel au complet (un chef-garde et le nombre de gardes et de serre-frein que comportent sa nature, sa vitesse, sa composition et le profil de la ligne qu'il doit parcourir).

Les machines doivent être placées en tête des trains et, à part les machines-tender, être attelées cheminée en avant. Cette règle ne souffre d'exception que dans les cas d'allège sur les fortes rampes, de double traction des trains de marchandises, de secours et de manœuvres. Les locomotives isolées, qui circulent « haut-le-pied » d'une gare à l'autre, peuvent aussi rouler cheminée en arrière; dans ce cas leur vitesse de marche ne peut dépasser un maximum fixé par les instructions (40 kilomètres à l'Etat belge).

**Signaux portés par les trains.** — Les trains ne sont admis à circuler sur la route que s'ils sont munis de signaux déterminés, différents suivant qu'ils sont expédiés par la voie normale ou à contre-voie. Dans certains cas, ils portent aussi des signaux servant à faire certaines communications aux agents de la voie.

Sur les lignes de l'Etat belge, tout train circulant de nuit doit avoir un feu blanc à l'avant et un feu rouge sur la face arrière du dernier véhicule; celui-ci doit porter, en outre, sur le côté droit et dans l'angle supérieur, une lanterne donnant feu vert vers l'avant et feu rouge vers l'arrière. Tout train circulant de jour doit porter à l'arrière les mêmes signaux (lanternes non allumées) que ceux dont il est muni la nuit.

Le feu rouge sur la face arrière du dernier véhicule indique aux agents de la voie que le train est complet et commande l'arrêt aux trains qui suivent; pendant les garages, ce feu doit être enlevé immédiatement pour éviter toute confusion aux trains de passage. La lanterne latérale permet aux agents du train de s'assurer que le train reste complet.

Tout train ou toute machine isolée circulant à contre-voie sur une ligne à double voie doit, outre les signaux ci-dessus, porter le jour un drapeau rouge et la nuit un falot allumé sur le côté droit du tender.

La lanterne latérale est remplacée pendant le jour par un drapeau pour annoncer un train facultatif; ce drapeau est rouge lorsque le facultatif roule dans la même direction que le train qu'il annonce et blanc lorsqu'il roule en sens inverse. La nuit, la lanterne est transférée de droite à gauche, avec le feu rouge à l'arrière pour annoncer un train facultatif en sens inverse.

Sur d'autres réseaux, les trains portent deux feux blancs à l'avant et deux lanternes latérales. Pour diminuer le matériel d'éclairage, certaines compagnies remplacent, pendant le jour, par des voyants en tôle, la lanterne d'arrière et les lanternes latérales.

**Espacement des trains.** — Sur les lignes à double voie, la sécurité de la circulation exige qu'un certain intervalle soit maintenu continuellement entre deux trains qui se suivent. Cet espacement peut être réalisé par le temps ou par la distance.

**Espacement par le temps.** — Le système consiste à prescrire qu'aucun train ou machine ne peut quitter une gare, s'il ne s'est écoulé un temps déterminé depuis le départ du dernier train expédié dans la même direction. Cet espacement, qui doit être suffisant pour qu'en cas d'arrêt intempestif le personnel ait le temps de faire, à l'arrière du train et avant l'arrivée du train suivant, les signaux de couverture nécessaires, doit être maintenu également en cours de route.

L'intervalle est généralement de dix minutes. Il peut être abaissé à cinq minutes, lorsque le premier train roule plus vite que le second et même à deux minutes, lorsque les deux trains ont à parcourir la même voie sur quelques kilomètres seulement.

En pleine voie, l'espacement est maintenu par des signaux faits de la route. Lorsqu'un train n'observe pas l'espacement de dix minutes et suit le précédent à plus de cinq, les agents de la route lui donnent le signal de ralentissement (drapeau vert le jour, feu vert la nuit, pétards en cas de brouillard) ; si l'intervalle se réduit à moins de cinq minutes, ils présentent le signal d'arrêt (drapeau rouge ou feu rouge). En Angleterre, dans le même but, le *distant* et le *home signal* d'une station sont maintenus à l'arrêt cinq minutes après le départ d'un train.

Le système de l'espacement par le temps est simple ; il n'exige ni appareils, ni agents spéciaux, mais la sécurité qu'il offre dépend exclusivement de la vigilance du personnel qui intervient dans son fonctionnement. Or, les agents de la route peuvent ne pas veiller à ce que l'espacement soit observé et les agents des trains peuvent, par oubli ou par manque de temps, ne pas couvrir un train arrêté intempestivement en pleine voie.

**Espacement par la distance.** — Le méthode de l'espacement par la distance consiste à diviser la ligne en un certain nombre de sections, sur chacune desquelles on ne laisse s'engager un train que pour autant que l'on ait la certitude que le train précédent l'a quittée. Cette méthode est celle du *block-system*.

Les différents points qui séparent les sections et qu'on appelle des postes de block sont pourvus d'un signal, qui n'est mis au passage que lorsque la section est libre. Chaque poste est en communication, par un appareil électrique, avec celui qui le précède et celui qui le suit immédiatement.

Dès qu'un train est engagé sur la section AB (fig. 284), il est couvert par le signal du poste A ; pendant tout le temps qu'il occupe la section, le signal A reste à l'arrêt, de sorte que si un autre train se présente, il doit s'arrêter et attendre que la section devienne libre. Aussitôt que le train a dépassé le poste B, celui-ci informe le poste A que la section AB est libre. Le poste A peut alors mettre son signal au passage et la section AB est débloquée.

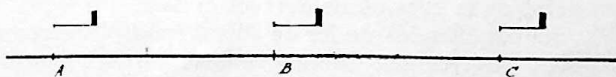


FIG. 284.

Sur des lignes à faible circulation, il arrive que l'on se borne à utiliser les stations comme poste de block, en complétant leur signalisation et en se servant des appareils télégraphiques ordinaires, pour les communications relatives à l'espacement des trains. Ce système est nécessairement lent, l'échange des dépêches télégraphiques et la manœuvre des signaux se faisant inévitablement en des points différents, parfois assez distants l'un de l'autre. Il expose à des erreurs de manœuvre, l'échange des communications et la mise au passage et à l'arrêt des signaux n'étant pas faits par le même agent.

En règle générale, on a recours au *block-system* par appareils spéciaux, qui présente le double avantage : 1<sup>o</sup> que les communications relatives au déblocage des sections peuvent se faire rapidement et parvenir directement aux agents qui manœuvrent les signaux ; 2<sup>o</sup> que des enlacements peuvent être établis entre les signaux

et les appareils de block proprement dits. En outre, le système peut fonctionner avec des postes plus rapprochés, intercalés entre les gares, ce qui permet d'augmenter la capacité de la ligne, c'est-à-dire le nombre de trains pouvant l'occuper simultanément au moment le plus chargé.

Le block-system est également appliqué sur les lignes à voie unique, où il doit être conditionné de telle sorte que, non seulement il maintienne l'espacement des trains qui se suivent, mais évite la rencontre de trains partis de points opposés.

**Annnonce des trains.** — Sur les lignes munies du block-system, les trains sont nécessairement annoncés de poste en poste.

En Allemagne, sur les lignes n'ayant pas le block-system, on se borne, dans le cas de la double voie, à annoncer télégraphiquement à la station suivante le départ ou le passage d'un train. Sur les lignes à voie unique, une station doit avant d'expédier ou de laisser passer un train, demander par télégraphe à la station suivante si l'expédition ou le passage peut avoir lieu. Ce n'est qu'en cas de réponse affirmative qu'elle donne le signal de départ ou autorise le passage. Afin d'éviter les erreurs, la voie ne peut être demandée que 4 minutes au plus tôt avant l'heure de départ ou de passage, de même qu'en règle générale cette demande ne peut pas être faite pendant que la section est occupée par un train roulant dans l'un ou l'autre sens. Dès qu'un train est arrivé dans une gare, avis est donné par télégraphe à la gare précédente que la voie est redevenue libre. Que la ligne soit munie ou non du block-system, les trains sont annoncés par sonneries ou par téléphone aux garde-barrières.

En Belgique, sur les lignes où le block-system n'existe pas, aucune station ne peut expédier un train avant d'avoir reçu avis de la station suivante de l'arrivée du train qu'elle a expédié précédemment. Si cet avis ne lui parvient pas à temps, elle doit demander si le train précédent est arrivé à destination.

**Croisement des trains.** — Les croisements des trains ont lieu dans les stations extrêmes ou intermédiaires des lignes à voie unique et dans les stations qui, situées sur une ligne à double voie, constituent le point terminus d'une ligne à voie unique. Ces stations sont prévues au tableau de la marche des trains ; il importe que tous les agents en soient avertis. Les croisements donnent lieu à certaines formalités qui ont pour but d'éviter que l'un des trains ne soit expédié avant que l'autre ne soit arrivé au point de la gare où ils doivent croiser.

Sur les chemins de fer de l'Etat belge, les signaux couvrant la gare de croisement ne sont ouverts que successivement suivant l'ordre d'arrivée des trains, mais, au préalable, un signal rouge (drapeau, plaque ou lanterne allumée) est placé, dans la voie d'arrivée de chacun d'eux, à l'endroit où il doit s'arrêter. Ce signal ne peut être retiré que sur l'ordre du chef de station, qui n'en commande l'enlèvement qu'après s'être assuré de la présence du chef-garde de chacun des trains croissants et avoir constaté que ceux-ci sont complets.

Sur le Nord, la gare où le croisement doit avoir lieu met ses deux disques avancés à l'arrêt, dix minutes avant l'arrivée du premier train. Elle ouvre ensuite le disque correspondant au premier train qui se présente ; puis, lorsqu'il est complètement garé, n'embarassant aucune aiguille de dédoublement, elle ouvre le second disque.

Sur l'Orléans, outre un mâtereau *c* de croisement, commandant l'arrêt à l'aiguille (fig. 285), il y a un mâtereau *l* de talon ou de sortie, tournant sa face vers la gare. Il est conjugué avec le mâte avancé, de façon à occuper une position inverse de celui-ci. Un seul levier commande le signal avancé *A*,



FIG. 285.



l'aiguille et le signal de talon ; le signal de croisement a son levier spécial. Le signal à distance étant effacé, le signal de croisement reste à l'arrêt et le mécanicien ralentit la marche de manière à marquer l'arrêt devant ce dernier. Les trains étant dans la gare, aucun ne peut être expédié avant que le chef de gare n'ait correspondu avec les agents de l'autre.

En cas de retard de l'un des trains, le croisement peut être reporté à la gare suivante ; mais, pour cela, il faut que les deux gares se mettent d'accord par voie télégraphique et que le chef de la gare suivante ne signifie son acquiescement qu'après avoir mis à l'arrêt tous les signaux de sa station et avoir fait placer le signal rouge (drapeau ou lanterne allumée) dans la voie de départ de chacun des trains attendus.

Les dépêches échangées, le chef de gare qui a provoqué le changement de croisement est autorisé à expédier son train ; toutefois, il est défendu au chef-garde de donner l'ordre de départ s'il n'est pas en possession d'un ordre écrit délivré par le chef de station, de même que le mécanicien ne doit démarrer qu'après avoir visé cet ordre.

Le changement de croisement n'est valable que d'une gare à la suivante, où il faut, si la mesure se justifie, recommencer les mêmes formalités. En cas d'interruption télégraphique ou téléphonique, les changements ne sont autorisés que si l'on peut correspondre par exprès.

**Mise en marche d'un train facultatif.** — La mise en marche d'un train facultatif doit être annoncée, par la station de formation, à toutes les stations du parcours ; l'expédition ne peut en avoir lieu que si toutes les gares ont accusé réception.

Sur les lignes à voie unique, aucune station ne peut expédier ou laisser passer un train de l'espèce avant d'avoir obtenu, par télégraphe, de la station suivante, l'assurance que la voie n'est pas occupée par un train marchant dans le sens opposé. Dans le cas où le train facultatif doit croiser un train régulier, le chef-garde de celui-ci doit recevoir à temps un bulletin d'avis de croisement.

## II. — LE BLOCK-SYSTEM (1)

**Modalités d'exploitation.** — Le block-system peut être organisé d'après trois systèmes : le block absolu, appelé aussi block absolu fermé, le block permissif et le block absolu conditionnel ou block absolu ouvert.

— Dans le *système du block absolu*, il est interdit de laisser pénétrer un train ou une machine dans une section bloquée, sauf le cas de dérangement constaté des appareils ou d'accident signalé. Ce système est appliqué en Allemagne, en Angleterre, en Hollande et en Belgique ; en France, on ne le rencontre que sur le Lyon, l'Orléans et l'Etat (ancien réseau).

Dans le *système du block permissif*, l'entrée d'une section bloquée est toujours permise. Le signal fermé est franchi sans formalité, mais il prévient le mécanicien que la section est occupée. La sécurité repose avant tout sur la vigilance des agents du train. Ce mode d'organisation est celui du *block automatique*, dont les appareils fonctionnent sans le concours d'aucun agent.

Dans le *système du block absolu conditionnel*, la section de block étant fermée, le train doit s'arrêter à l'entrée, mais pendant un certain temps seulement. Il peut ensuite pénétrer dans la section, sous réserve de certaines formalités et avec une marche prudente, de façon à pouvoir arrêter dans la partie de voie en vue. Sur le Nord et sur l'Est,

(1) Leonard P. LEWIS : *Railway signal engineering*.  
SCHUBERT : *Die Sicherungswerke im Eisenbahnbetriebe*.



par exemple, le signal d'entrée étant fermé, le train marque l'arrêt et ne pénètre dans la section que 5 minutes après que le train précédent a franchi le poste (3 minutes si les deux trains n'ont pas un parcours commun de 3 kilomètres). L'autorisation de continuer est donnée au mécanicien, selon le cas, par le chef de station ou le conducteur du train, au moyen d'un bulletin de pénétration.

L'emploi du block permissif s'impose lorsque les appareils fonctionnent automatiquement. Il ne saurait en être autrement, l'absence de tout agent empêchant que le mécanicien soit mis au courant de la cause du maintien du signal à l'arrêt.

En principe, le block absolu fermé offre plus de sécurité que le block absolu ouvert. Les partisans de ce dernier disent qu'en pratique cette supériorité ne s'accuse guère. Ils font remarquer qu'avec le block conditionnel les signaux conservent leur valeur aussi bien qu'avec le block absolu. Le mécanicien doit s'arrêter devant le signal d'entrée de la section si ce signal est fermé et il ne peut continuer qu'au reçu d'un bulletin écrit, qui le met au courant de la situation et lui rappelle les prescriptions réglementaires. La réception de ce bulletin engage sa responsabilité.

D'autre part, disent-ils, le block absolu fermé a l'inconvénient de troubler la marche des trains au moindre incident, le retard d'un train, pendant son trajet dans une section, se répercutant sur tous les trains occupant la ligne. Avec le block conditionnel, seul le premier train et quelquefois celui qui le suit perdent du temps ; le débit de la ligne est donc plus grand. A cet argument, les partisans du block absolu répondent que la succession plus rapide des trains avec le système conditionnel est plus apparente que réelle, le train précédent ayant souvent dégagé la section avant que ne soient accomplies les formalités nécessaires pour laisser pénétrer le train suivant.

En réalité, les deux systèmes se valent, surtout si l'on prend la précaution, en appliquant le block absolu, de ne pas exagérer la longueur des sections. « Le block absolu, dit M. Sauvage, ne semble pas avoir, en Angleterre, l'inconvénient de gêner la marche des trains. Cela peut tenir à la faible longueur des sections, mais surtout à l'usage du starting et de l'advanced starting : grâce à ce système de signaux, on peut garder un train en attente à l'entrée d'une section occupée, mais sans continuer à bloquer pour cela la section précédente, l'espace entre le home, le starting et l'advanced starting formant comme une écluse entre les deux sections » (1).

**Longueur des sections.** — L'espacement des postes de block doit être d'autant plus petit que le trafic est plus intense, mais peut être d'autant plus grand que la vitesse des trains est plus considérable. L'intensité de trafic à considérer est celle du moment de la journée où la ligne est le plus chargée et la vitesse à envisager est celle du train roulant le moins vite.

Le minimum de l'espacement est la longueur nécessaire pour qu'un train arrêté à un poste de block soit efficacement couvert par le signal du poste précédent, soit 1100 à 1200 mètres ; le maximum ne dépasse guère 3 ½ kilomètres. En Angleterre, la longueur moyenne est de 1000 à 1700 mètres mais sur des lignes très parcourues il se rencontre des sections de 200 à 300 mètres. Sur la ligne de Bruxelles à Anvers, la section la plus longue est de 3649 mètres et la plus courte en a 700 ; la moyenne est de 2400 mètres.

### 1° Lignes exploitées à double voie

Dans l'étude du block-system, il convient de distinguer l'application sur les lignes à double voie de celle sur les lignes à voie unique et de différencier le block à appareil gardés du block automatique.

(1) SAUVAGE : Le système anglais des signaux, p. 25.

## A. — Block-system à appareils gardés

## α) LES RÈGLES DU FONCTIONNEMENT

Un poste de block gardé comporte, pour chacune des voies d'une même ligne, deux organes essentiels : 1<sup>o</sup> un signal pour couvrir la section dont le poste est le point initial ; 2<sup>o</sup> un appareil de correspondance, pour permettre au garde-block de se mettre en communication avec le poste d'amont et le poste d'aval. Cet appareil, que l'on nomme l'appareil de block, peut être en même temps un appareil d'enclenchement.

**Les signaux.** — Les signaux sont des signaux sémaphoriques, précédés ou non de signaux avertisseurs ; ceux-ci sont, en Angleterre, des palettes en flamme, en Belgique des palettes en flèche, en France, des disques avancés ou des damiers vert et blanc. En Angleterre et en Belgique, il y a un mât sémaphorique pour chaque voie ; dans d'autres pays, on monte les deux bras, celui pour la voie montante et celui pour la voie descendante, sur un même mât.

Les signaux peuvent être normalement ouverts, ce qui donne lieu au régime de la voie ouverte, ou normalement fermés, ce qui constitue le régime de la voie fermée.

Dans le régime de la voie ouverte, chaque section est débloquée et le signal qui la protège est ouvert, aussitôt que le train qui l'occupait en est sorti ; le passage est libre, sur toute la ligne, sauf à l'entrée des sections occupées par un train.

Dans le régime de la voie fermée, les signaux, à l'arrêt même lorsque la voie n'est pas occupée, ne sont ouverts que lorsque le train est attendu et si la voie est libre. Chaque signaleur doit demander la voie au poste suivant et il doit le faire en temps utile, afin de ne pas gêner la marche du train arrivant.

Ce dernier système offre les avantages suivants : (a) il exige que les agents manœuvrent leurs appareils avec précision ; (b) il ne permet pas qu'une section soit occupée sans que le poste d'aval en ait donné l'autorisation, au moment même où un train se présente pour y pénétrer, condition qui met la gare à l'abri de l'arrivée inopinée de trains, toujours dangereuse lorsque la voie principale peut être engagée par des manœuvres.

On objecte que le déblocage ayant été donné par B à A, pour le passage du premier train, B (qui s'est assoupi, par exemple) peut croire que le train (qui a eu un arrêt accidentel) est sorti de la section alors qu'il l'occupe encore et donner le déblocage pour un second train, alors que la voie n'est pas libre (1). Mais on remédie à cet inconvénient en utilisant, ainsi que nous le verrons plus loin, une pédale qui ne permet le second déblocage que pour autant qu'elle ait été franchie par le dernier véhicule du train.

**Les appareils de correspondance.** — Les appareils télégraphiques ordinaires, dont la manœuvre exige des agents exercés, ne conviennent pas. Généralement, il est fait usage de sonneries, actionnées par un courant de pile ou de magnéto, qui selon le nombre et la longueur des roulements, donnent les signes conventionnels pour les communications que les postes ont à échanger.

Dans beaucoup d'administrations, ces roulements sont ramenés au strict minimum. Les administrations anglaises, qui utilisent en général des appareils de block plus simples que celles du Continent, prescrivent au contraire des échanges assez compliqués de sonneries, trouvant qu'il est avantageux, au point de vue de la sécurité, d'obliger

(1) Accident d'Allenleben. Bulletin du Congrès, 1902, p. 449.

les signaleurs à suivre tous les événements du passage d'un train. En général, les annonces s'y font comme suit :

		SONNERIES
Appel (1)	Attention ! .....	•
Réponse (1bis)	J'écoute. ....	•
Appel (2)	Section est-elle libre ? .....	••••
Réponse (2bis)	Oui, section est libre. ....	••••
Appel (3)	J'attends le déblocage .....	•
Réponse (3bis)	J'envoie le déblocage .....	•
Appel (4)	Déblocage utilisé .....	•
Réponse (4bis)	Compris .....	•
Appel (5)	Train entré dans la section ....	••
Réponse (5bis)	Compris .....	••
Appel (6)	Train sorti de la section .....	•••
Réponse (6bis)	Compris .....	•••

Les communications de poste à poste peuvent également se faire par le téléphone.

Les appareils de block se subdivisent en appareils de block simples et appareils de block enclenchés suivant que la manœuvre du signal est indépendante ou solidaire de celle de l'appareil de communication.

**Appareils de block simples.** — Beaucoup de réseaux anglais <sup>(1)</sup>, emploient encore les appareils de block simples. Indépendamment de la sonnerie qui permet aux postes de correspondre entre eux, chaque appareil comporte un « indicateur » (indicateur), renseignant d'une manière permanente, par la position d'une aiguille ou d'un sémaphore miniature, sur la situation de la ligne (fig. 286).

Les systèmes les plus perfectionnés sont ceux dans lesquels l'aiguille peut occuper trois positions :

- verticale, *line blocked* (section bloquée) ;
- incliné à droite, *line clear* (section libre) ;
- incliné à gauche, *train on line* (section occupée).

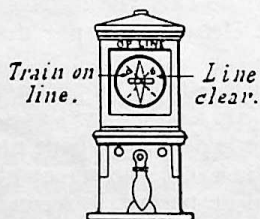


FIG. 286.

La première position est la position normale : il n'y a aucun train sur la section, mais aucun train ne peut être lancé sur elle. Lorsqu'un train doit parcourir la section AB, le signaleur du poste A demande par sonnerie à celui du poste B si la section est libre. Après avoir répondu affirmativement, B manœuvre son indicateur, ce qui a pour effet de placer et de maintenir l'aiguille sur « Line clear », tant à l'indicateur du poste A qu'à celui du poste B. Par conséquent, A est prévenu qu'il peut laisser passer le train et il met au passage le signal d'entrée de la section ; de son côté, B continue à avoir sous les yeux une indication qui lui dit qu'il a donné à A l'autorisation de lancer un train.

Lorsque ce dernier a franchi le signal d'entrée de la section, A sonne à B que le déblocage est utilisé et ferme son signal. B répond par sonnerie à A qu'il a compris sa communication et manœuvre son indicateur, ce qui a pour effet de placer, tant à son poste qu'à celui de A, l'aiguille sur « Train on line ». Par conséquent, tous les deux

(1) James PIGG : Railway Block Signalling. — H. Raynar WILSON : Power Signalling. — B. BYLES : The first Principles of Railway Signalling.



ont sous les yeux une indication qui leur dit que la section est occupée ; ce n'est que lorsque le train aura passé devant son poste, que B pensera à répondre « Line clear » à un nouvel appel de A. Ces manœuvres sont complétées par des inscriptions dans un registre tenu à chaque poste, dans lequel l'agent marque les heures auxquelles il a reçu toutes les communications relatives au block.

Le système du block simple peut fonctionner également avec des communications faites par téléphone (block par téléphone) (1). Plus encore que dans le cas précédent, des inscriptions dans des « carnets de block » sont indispensables pour prévenir les erreurs et contrôler les agissements des agents.

**Appareils de block enclenchés.** — Le système du block simple, qui s'en rapporte en grande partie à la vigilance et au discernement des agents chargés d'assurer le fonctionnement des signaux, est loin de présenter une sécurité suffisante. Pour que celle-ci soit obtenue, il est indispensable qu'une dépendance matérielle soit établie entre les communications télégraphiques que se font entre eux les agents des postes et la position des signaux avant et après ces communications. Il faut que le block soit *enclenché et à sections dépendantes*.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, le fonctionnement doit être réglé de telle sorte qu'un train T (fig. 287) soit couvert par un signal *a* dès qu'il est entré dans la section AB et que ce signal *a* reste fermé jusqu'à ce que le train *tout entier* soit entré dans la section suivante BC.

Afin d'obtenir matériellement que ces opérations soient exécutées avec la ponctualité et dans l'ordre qu'elles comportent, les appareils de block à sections dépendantes doivent établir les solidarités ci-après :

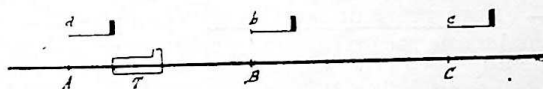


FIG. 287.

1° L'ouverture du signal d'un poste d'amont doit nécessiter l'intervention matérielle du poste d'aval : il faut que le poste d'amont ne puisse mettre son signal au passage que pour autant qu'il ait été débloqué par le poste d'aval et que, pour un déblocage, il ne puisse ouvrir qu'une seule fois son signal ;

2° Un poste d'aval doit être dans l'impossibilité matérielle de débloquer un poste d'amont, s'il n'a pas fermé le signal d'entrée de sa propre section ; ce déblocage doit être accompagné du verrouillage du signal dans la position d'arrêt.

Il résulte de là qu'ayant laissé entrer un premier train T' dans la section AB (fig. 288), le signaleur A ne peut y admettre un second T'' que pour autant qu'il ait

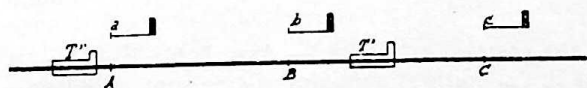


FIG. 288.

été débloqué par le signaleur B, c'est-à-dire que son signal *a* (verrouillé par lui-même à l'arrêt après le passage du train T') ait été déverrouillé par B. D'autre part, le signaleur B est dans

l'impossibilité de débloquer A, s'il n'a pas fermé son propre signal *b*, après qu'est passé à son poste le train T', que lui a envoyé A avant de demander le déblocage pour T''.

Les appareils s'opposent donc à ce que le signal *a* soit ouvert pour le train T'' tant que le train T' n'est pas sorti de la section AB, de même que le signal *b* est forcément maintenu à l'arrêt jusqu'à ce que T' soit sorti de la section BC.

(1) WEISSENBRUCH et VERDEYEN : Le block-system absolu au moyen du téléphone. *Bulletin du Congrès*, 1920, p. 531.



Le déblocage de poste à poste se fait par courant électrique ; le blocage d'un signal par l'appareil de block correspondant a lieu par voie mécanique.

— Etabli dans ces conditions, le système ne donne pas encore la garantie que deux trains ne pourraient occuper simultanément la même section de block.

(1<sup>o</sup>) Il est bien vrai que B ne peut déblocquer A qu'à la condition d'avoir couvert le train entré dans la section BC. Mais le signal *b* étant remis et même verrouillé à l'arrêt, rien n'empêche B d'envoyer successivement deux déblocages et cela sans que l'envoi du second ait été précédé de l'entrée, dans la section BC, du train admis dans AB, à la faveur du premier déblocage. Deux trains occuperaient simultanément la même section AB.

On évite les incidents de l'espèce en combinant le mécanisme de telle sorte que deux déblocages successifs du poste d'amont A par le poste d'aval B ne soient possibles que pour autant que le signal *b* ait été mis à voie libre dans l'intervalle. Or, le poste à l'aval B ne peut mettre son signal à voie libre qu'avec l'intervention du poste C qui le suit.

(2<sup>o</sup>) Sur les lignes à fort trafic, des erreurs de manœuvre pourraient résulter de confusions dans l'esprit du signaleur au sujet de l'origine des trains passant à son poste. (Il pourrait confondre un train montant avec un train descendant et déblocquer l'appareil de la voie descendante, alors que le train admis par cet appareil ne serait pas encore passé devant lui).

— Pour prévenir ces erreurs, on met chaque appareil en rapport avec une pédale (contact de rail) P (fig. 289), analogue à celle représentée figure 261, qui empêche maté-

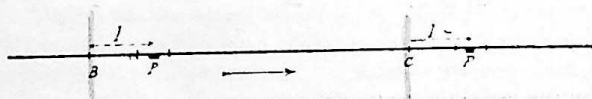


FIG. 289.

riellement le signaleur (C, par exemple) de transmettre un déblocage en amont (au poste B), tant que le train admis dans la section BC avant la demande de déblocage (par B) n'a pas franchi le rail muni de la pédale en question et, par conséquent, n'est pas sorti de la section BC.

Cette pédale doit fonctionner dans des conditions telles que le déblocage ne puisse être donné (par C) que pour autant que le train tout entier soit sorti de la section BC, ce qui revient à dire que si l'on emploie une pédale simple, celle-ci doit être placée à une distance *l* du poste, égale à la longueur du plus long train circulant sur la ligne. Généralement, on a recours à une pédale avec rail isolé (voir page 204), qui permet d'installer la pédale en face du poste, étant donné que, dans ce cas, le déclenchement est produit non par le premier, mais par le dernier essieu du train (1).

**Dépendances et enclenchements aux postes d'extrémité.** — Avec le block enclenché les postes terminus se trouvent dans des conditions spéciales ; ils ne sont en relation que d'un côté avec les postes de pleine voie.

(1) Si l'on peut dire que l'intervention de la pédale donne l'assurance que le déblocage ne peut avoir lieu que lorsque la pédale a été franchie par le dernier véhicule suivant la locomotive, elle ne donne cependant pas la certitude que le train tout entier est sorti de la section. Il peut arriver, en effet, qu'une rupture d'attelage se soit faite dans le train pendant qu'il parcourait la section et que le signaleur, inattentif aux signaux de queue, déblocue sans remarquer qu'une partie seulement du train est passée devant son poste. La section, au moment où un nouveau train y serait admis, serait encore occupée par les wagons abandonnés sur la voie ou — ce qui serait plus grave — en dérive. Pareil accident ne pourrait être évité qu'en armant le dernier véhicule de tout train d'un organe spécial qui, seul, provoquerait le fonctionnement de la pédale. Aucun dispositif de l'espèce n'a été préconisé jusqu'à présent.

Le *poste d'origine* est soustrait au cycle des opérations imposées à un poste intermédiaire, en ce sens que n'ayant pas à transmettre un déblocage à un poste d'amont, rien ne l'oblige, si ce n'est la consigne locale ou la surveillance du personnel de la gare, à remettre son signal à l'arrêt après le passage d'un train. Pour empêcher ce poste d'admettre simultanément deux trains dans la section qu'il commande, on munit, en Belgique, la palette de ce poste d'un désengageur électrique <sup>(1)</sup> (voir page 140), mis en circuit avec une pédale et un rail isolé ; la palette se met ainsi automatiquement à l'arrêt dès que le train a franchi la pédale.

En France, on installe parfois, au delà du signal de block du poste d'origine, un autre signal qui ne peut être ouvert que si celui du block est fermé ; c'est ce qu'on appelle la *souricière*. Dans ce système, l'un des signaux ne peut être ouvert que si l'autre est fermé et réciproquement.

Quant au *poste d'arrivée*, il peut ne pas être muni d'un signal de block ; dans ce cas, l'agent du poste se borne à lancer le déblocage lorsque le train est passé. L'emploi d'une pédale permet d'éviter un déblocage intempestif.

Le poste qui précède le poste d'arrivée est appelé *poste de couverture*. Le garde de ce poste ne peut manœuvrer son signal sans en avoir reçu la permission du poste d'extrémité, c'est-à-dire sans avoir demandé au préalable le déblocage. Cette disposition a pour but d'éviter qu'un train n'entre dans une gare sans avoir été annoncé, à la faveur d'un signal resté intempestivement au passage par suite d'un oubli ou pour toute autre raison.

**Dépassement de trains.** — Lorsqu'un train doit se garer dans une station intermédiaire pour être dépassé par un autre, le block doit être interrompu momentanément ; forcément, on doit admettre deux trains dans la même section, pendant que le premier est garé et que le second arrive. Pour rétablir la marche normale, on manœuvre différemment suivant que le système appliqué est celui à voie fermée ou celui à voie ouverte.

*Block à voie fermée.* — Supposons que le train T (fig. 290) doive être garé dans une station B, pour être dépassé par un train plus rapide T'.

Le poste B, ayant reçu l'annonce du train T, déblocage le poste A, mais ne demande pas le déblocage à C. Le train T peut arriver jusqu'en B. Pour se garer, le mécanicien, sur l'ordre du chef de station, dépasse la palette *b* à l'arrêt, à moins que le sémaphore ne soit muni d'une palette spéciale (voir page 152) ; dans le mouvement qu'il fait effectuer au train, il a soin de passer sur la pédale *p* du poste, afin que le déblocage puisse être envoyé à A pour l'admission du train T'.

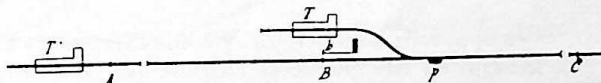


FIG. 290.

Le poste B peut maintenant déblocage A pour le passage du train T' et, le déblocage envoyé, il ouvre son signal *b*, pour autant qu'il ait été déblocage par C. Le train T' ayant franchi le poste B, celui-ci remet son signal à l'arrêt et se reblocage dès que le train a dépassé son signal et sa pédale. Il demande ensuite le déblocage à C et le train T peut être expédié dès que le déblocage est parvenu.

*Block à voie ouverte.* — Dans ce cas, s'il s'agit d'un block à sections dépendantes, la dépendance doit être supprimée provisoirement. En effet, le train T étant garé — ce

<sup>(1)</sup> Le désengageur électrique est un accouplement électrique intercalé dans la transmission d'un signal de façon que celui-ci ne peut être effacé qu'à la condition que l'appareil d'accouplement soit traversé par un courant.

qui se fait directement, le signal *b* étant normalement ouvert — le poste B devrait, pour débloquer A, mettre son signal à l'arrêt ; mais s'il faisait pareille manœuvre, il ne pourrait pas être débloqué ensuite par C, puisque celui-ci, T ayant été garé en B, n'aurait reçu aucun train. Le train T' pourrait arriver jusqu'en B, mais ne pourrait pas continuer, la palette *b* à l'arrêt lui fermant la route.

Pour résoudre la difficulté, on a recours à un « commutateur de désolidarisation » ; le poste B ne remet pas son signal à l'arrêt après le garage de T et débloque A par un courant électrique spécial.

**Bifurcations.** — Deux cas sont à considérer : le block n'existe que sur l'une des lignes, AB par exemple (fig. 291), ou il fonctionne sur les deux.

*Premier cas.* — Un train allant de A en C, le block étant à voie fermée, le poste M de la bifurcation manœuvre comme s'il était un poste d'extrémité, c'est-à-dire débloque A, laisse sa palette de block à l'arrêt et autorise le machiniste à la franchir. Si le block est à voie ouverte, le poste M opère comme s'il s'agissait du



FIG. 291.

garage d'un train : il débloque A dès que le train a franchi la bifurcation, mais sans le couvrir.

Lorsque le train suit la direction AB, sur laquelle le block est continu, il est couvert dans les mêmes conditions que si la bifurcation n'existait pas. Si le train se dirige de C vers A, il sera couvert par M dès qu'il aura franchi la bifurcation ; mais ce poste ne devra pas débloquer le poste précédent.

*Deuxième cas.* — Si le block fonctionne sur les deux lignes, il devra y avoir au poste de bifurcation deux appareils, reliés, d'un côté, tous deux au poste A du tronçon commun et de l'autre côté, l'un au poste B de l'une des lignes et l'autre au poste C de la seconde ligne.

### β) LES APPAREILS

Les appareils de block du système Siemens et Halske <sup>(1)</sup> sont d'un usage pour ainsi dire général en Allemagne et en Belgique. En France, on applique les systèmes Tyer (P. L. M.), Regnault (Ouest), Lartigue, Tesse et Prudhomme (Nord, Est, Orléans) <sup>(2)</sup>. En Angleterre, on rencontre principalement le block Tyer.

Nous nous bornons à une description sommaire des appareils Siemens et Halske.

**Appareils Siemens et Halske à deux champs** (fig. 292). — Les appareils Siemens et Halske du type primitif sont des appareils à *deux champs*, c'est-à-dire des appareils à deux compartiments présentant chacun, disposés verticalement l'un au-dessus de l'autre, tous les organes de communication télégraphique et d'enclenchement nécessaires pour le fonctionnement du block sur l'une des voies. Les organes superposés dans le compartiment I (fig. 292) constituent le « champ » pour la voie montante I, de même que ceux superposés dans le compartiment II constituent le « champ » pour la voie descendante II. Ces compartiments, qui sont identiques, sont réunis dans une caisse en fonte.

<sup>(1)</sup> Handbüch der Ingenieurwissenschaften, V Theil, VI Band, III Abteilung, pp. 888-1279.

<sup>(2)</sup> GALINE : Exploitation technique des chemins de fer, pp. 427-458.



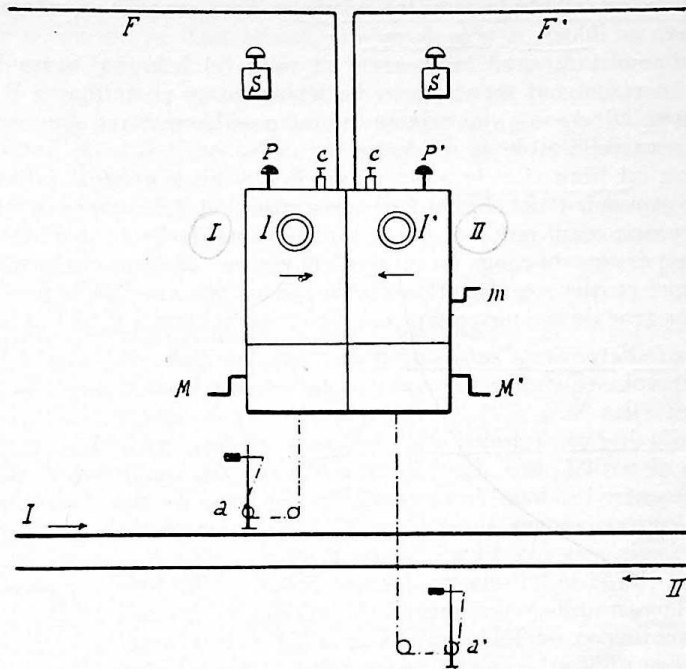


FIG. 292.

Le champ d'un *appareil de pleine voie* comprend les organes suivants :

- a) Un tambour, mis en mouvement par une manivelle M, pour la manœuvre du signal a ;
- b) Une magnéto à courants alternatifs, commune aux deux champs et fonctionnant au moyen d'une manivelle m ;
- c) Un voyant, moitié blanc, moitié rouge, qui peut être actionné par la magnéto du poste lui-même ou par celle du poste d'aval. Dans le premier cas apparaît à la lucarne l un disque rouge, ce qui indique que la section dont l'appareil commande l'entrée est occupée ; dans le second cas, la lucarne montre un disque blanc, ce qui annonce que cette section est libre.
- d) Un poussoir P, pressé par un ressort et émergeant normalement au-dessus de la boîte, mais pouvant être refoulé vers l'intérieur de celle-ci par une légère poussée. Le refoulement de ce poussoir n'est possible que pour autant que la manivelle M, dont le tambour est muni à cet effet d'une échancrure, ait déterminé la fermeture du signal a. Le poussoir étant refoulé, il suffit que l'agent du poste tourne la manivelle de la magnéto pour que, d'une part, se produise le verrouillage du tambour dans la position de la palette à l'arrêt et que, d'autre part, le courant se transmette au poste amont par le fil conducteur F et y provoque le déverrouillage du signal. Cette opération a également pour effet de changer de blanc en rouge le voyant du champ I (dont la magnéto a été mise en action) et de rouge en blanc, le voyant du champ d'amont.
- e) Enfin, au-dessus de la boîte, une sonnerie S, avec un commutateur c, recevant également le courant de la magnéto. Cette sonnerie donne un son différent de celui de la sonnerie S', servant aux communications avec le poste d'aval. Le marteau de chacune d'elles fait tomber, en frappant, un clapet, qui permet de reconnaître mieux encore celle qui a fonctionné.



La manœuvre se fait de la manière suivante (nous supposons, comme c'est le cas du réseau belge, un block à voie fermée) :

Le poste d'amont A, dont la lucarne est rouge et le signal verrouillé à l'arrêt, demande, par un roulement de sonnerie, le déblocage au poste d'aval B. A cet effet, il refoule le poussoir P de son appareil, ce qui est possible puisque son signal est fermé, et il tourne la manivelle *m* de sa magnéto.

Si la section est libre et si le poste d'aval B a remis son signal à l'arrêt, ce poste peut refouler le poussoir P du champ I de son appareil et débloquent le poste A. Il suffit pour cela, le poussoir étant enfoncé, que B tourne la manivelle de sa magnéto. Il provoque ainsi : 1° le passage du rouge au blanc de la lucarne de A, ce qui annonce à celui-ci qu'il est déblocé et que son signal peut être mis au passage ; 2° le passage du blanc au rouge de la lucarne de son propre appareil et le verrouillage à l'arrêt de son signal.

— Les appareils de postes d'extrémité présentent la même disposition que ceux des postes de pleine voie, sauf que, n'ayant pas de signaux à manœuvrer, ils ne sont pas munis des manivelles M.

— Les appareils du type primitif à deux champs ne fonctionnent pas avec une pédale et n'ont pas le dispositif empêchant l'envoi de deux déblocages consécutifs sans que, dans l'intervalle entre les deux, le signal soit mis au passage et à l'arrêt. Ils présentent d'autres imperfections encore. C'est ainsi que le signaleur B peut, après le passage du train et après avoir mis son signal à l'arrêt, négliger de se bloquer et demander le déblocage à C. Celui-ci le lui enverra lorsque le train aura passé devant son poste, ce qui entraînera le verrouillage du signal *b* à l'arrêt. Si B, attendant le train expédié par A, demande alors un second déblocage à C, celui-ci ne pourra pas le lui envoyer, puisque entre le déblocage qu'il a transmis précédemment et le nouveau qui lui est demandé, aucun train ne sera passé à son poste. Le fonctionnement normal des appareils sera interrompu.

**Block Siemens et Halske à quatre champs.** (fig. 293) — Dans ce système, il y a deux champs pour chaque voie : un champ transmetteur T et un champ récepteur R.

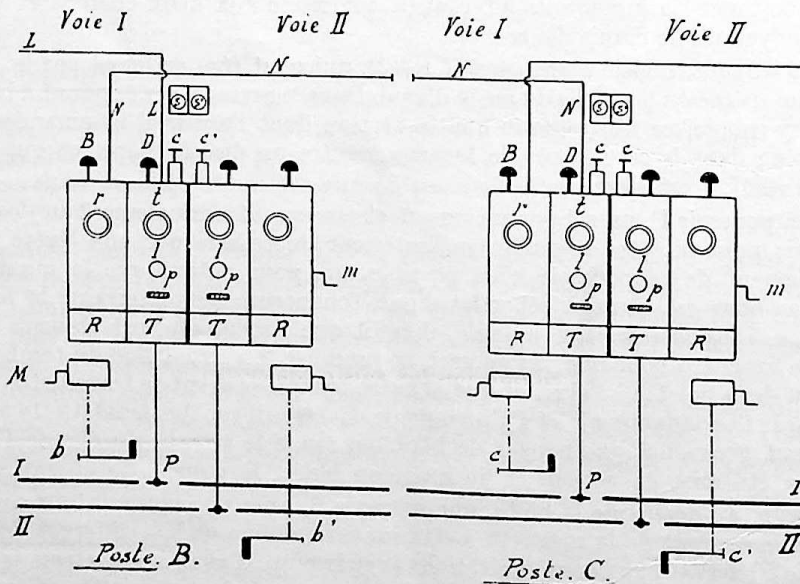


FIG. 293.

Le champ transmetteur T est en communication avec la pédale P et est muni d'un poussoir D, qui porte, dans ce cas, le nom de *débloqueur*. Il a une lucarne *l*, qui normalement est rouge, et il est relié au poste d'amont par la ligne L.

Le champ récepteur R, qui est relié au poste d'aval par la ligne N, comprend la manivelle M avec le tambour actionnant le signal et un poussoir B, portant le nom de *bloqueur*. Il a une lucarne *r* qui est rouge lorsque le signal est bloqué et qui passe au blanc lorsqu'il est débloqué.

Une seule magnéto *m* fonctionne pour les quatre champs. Les sonneries sont les mêmes que dans l'appareil à deux champs : une sonnerie S, avec un commutateur *c*, pour les communications avec le poste d'amont, et une sonnerie S' avec un commutateur *c'* pour les communications avec le poste d'aval.

L'appareil se manœuvre de la manière suivante :

Le poste d'amont B ayant demandé le déblocage au moyen de la sonnerie, le signaleur C, dont le signal a été remis à l'arrêt dès que le train précédent est sorti de la section BC, tourne la manivelle de sa magnéto et appuie sur le débloqueur D de son champ transmetteur. Cette opération a pour effet : 1<sup>o</sup> de faire passer du rouge au blanc la lucarne du champ R de B et de libérer la manivelle du signal de celui-ci ; 2<sup>o</sup> de faire passer également du rouge au blanc la lucarne du champ T de C.

Après la réception du déblocage, B ouvre son signal (commandant l'entrée de la section BC). Dès que la queue du train a franchi la pédale de son poste, il remet son signal à l'arrêt. Par le fait même, il est déjà bloqué mécaniquement ; mais, pour pouvoir être débloqué dans la suite, il doit encore se bloquer électriquement. Dans ce but, il met en action la magnéto de son champ R, en appuyant sur le bloqueur de ce champ ; la lucarne de son champ R passe du blanc au rouge et, en même temps, la lucarne du champ transmetteur de C revient également au rouge.

Chaque champ transmetteur, outre la lucarne *l* du débloqueur, a une lucarne de pédale *l*, qui permet de constater le fonctionnement de celle-ci. Le voyant de cette lucarne, qui apparaît normalement en blanc, passe au rouge lorsque le block envoie un déblocage au poste d'amont et redevient blanc dès que la pédale est actionnée par le train. Chaque poste est donc informé de ce que le train a passé sur la pédale.

Sous le voyant de la pédale se trouve un petit levier *p* en cuivre scellé par un plomb et appelé *clef de pédale*. Il permet d'exercer une pression, qui peut remplacer l'action électrique de la pédale en cas de non fonctionnement de celle-ci.

**Block belge à courant triphasé système Mautsch** (1). — La pratique démontre que la matérialisation du cycle des diverses manœuvres n'est pas réalisée d'une manière inflexible dans les appareils Siemens décrits ci-dessus, de telle sorte que, dans les cas où cette matérialisation fait défaut, la sécurité ne repose plus que sur l'observation rigoureuse du code d'annonces et des règlements sur l'emploi des appareils.

C'est ainsi que des appareils Siemens peuvent être déclenchés intempestivement :

- a) par des courants propres aux appareils eux-mêmes, lorsque vient à se produire un contact entre leurs fils aériens ou une rupture du fil de la prise de terre ;
- b) par des courants parcourant des fils voisins de ceux du block, en cas de contact entre ces fils ;
- c) par des ébranlements communiqués à un appareil ou des manœuvres irrégulières qui ne laissent aucune trace.

Ces défauts sont supprimés dans le block belge à courant triphasé, système Mautsch.

(1) R. MAUTSCH : Note sur le block-system en Belgique.

### B. — Block-system automatique (1)

Le block automatique fonctionne sans l'intervention de l'homme ; les signaux sont mis à voie libre et à l'arrêt par le passage du train lui-même. Aucun agent n'étant préposé à la garde et à la manœuvre des signaux, pour que la circulation ne soit pas interrompue en cas de dérangement, il faut nécessairement que le block automatique fonctionne comme block permissif. Il est admis qu'un signal fermé peut être franchi après un certain temps d'attente, 8 à 10 minutes, le mécanicien ayant la consigne de continuer sa route avec prudence.

Le block automatique a pris un grand développement aux Etats-Unis. En 1920, 60 % des voies ferrées américaines étaient munies du block-system, 29 % en appareils automatiques et 31 % en appareils manuels. Il est beaucoup moins répandu en Europe. Il fonctionne en France sur le chemin de fer de Grande Ceinture et sur le Métropolitain de Paris, sur le P. L. M., entre Laroche et Cravant (38 kilomètres) et sur le Midi, entre Bordeaux et Cette (500 kilomètres) et entre Bordeaux et Lamothe (45 kilomètres). En Angleterre, le London and South Western et le North Eastern ont quelques kilomètres exploités avec le block automatique. Il est également appliqué sur le chemin de fer souterrain de Londres, sur le Métropolitain de Berlin et sur la Südbahn en Autriche.

#### 1° Le Block automatique sur les lignes à traction à vapeur

##### α) PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT

Le block automatique est basé sur l'emploi de circuits de voie actionnant des relais intercalés dans les circuits des courants qui commandent les moteurs des signaux.

La ligne est divisée en sections successives dont les rails constituent les fils conducteurs des circuits de voie. Les rails de chaque section sont isolés des rails des sections adjacentes au moyen de joints isolants formés de plaques en caoutchouc et d'éclisses en bois ou de fibre isolante intercalée entre les éclisses métalliques et les rails. Dans une même section, pour suppléer au manque de conductibilité au contact des rails et des éclisses, on assure la continuité du circuit en réunissant les rails à chaque joint par des fils de cuivre rivés sur l'âme.

Le circuit de voie comprend (fig. 294) une pile P, ou un transformateur si

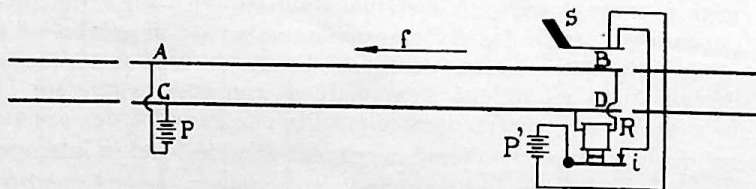


FIG. 294.

l'on fait usage du courant alternatif, les deux rails AB et CD et le relais R. Un autre circuit, le circuit du signal, comprend une pile P', l'interrupteur *i* commandé par le relais et le moteur du signal S. La section étant libre et la voie en bon état (pas de

(1) *Bulletin du Congrès des Chemins de fer*, juin 1895, février 1900, novembre 1901, janvier 1903, octobre 1904. — *Revue Générale des Chemins de fer*, février 1908, novembre 1920. — *Automatic Block Signalling*, brochure de The Union Switch and Signal Co. — *Railway Signalling Automatic*, par Raynar Wilson.



rails brisés), le courant du circuit de voie excite le relais qui ferme l'interrupteur  $i$  ; la pile  $P'$  envoie un courant dans le moteur du signal et celui-ci est maintenu ouvert. Les trains marchent dans le sens de la flèche  $f$  et abordent donc la section par l'extrémité où se trouve relié le relais.

Dès qu'un train entre dans la section, le courant du circuit de voie est dérivé par les roues et les essieux, le relais  $R$  n'est plus excité, l'interrupteur  $i$  coupe le circuit du signal et celui-ci se met à l'arrêt par l'action de la gravité. Lorsque le train a quitté la section, le courant du circuit de voie réexcite le relais, fermant le circuit du signal, et celui-ci se remet à voie libre.

**Position normale des signaux.** — Le block automatique peut fonctionner avec signaux normalement ouverts, cas auquel s'applique le schéma précédent, ou avec signaux normalement fermés.

Dans ce dernier mode d'exploitation, un train qui s'approche d'un signal doit en provoquer l'ouverture, à condition que la section suivante soit libre, fermer ce signal dès qu'il l'a dépassé et en empêcher l'ouverture par un train suivant, c'est-à-dire le bloquer, aussi longtemps qu'il n'a pas dégagé la section aval.

Pour réaliser ces conditions, il faut un circuit de relais supplémentaire placé sous le contrôle des relais de voie de deux sections successives.

Le schéma de la figure 295 montre le principe de la disposition applicable dans

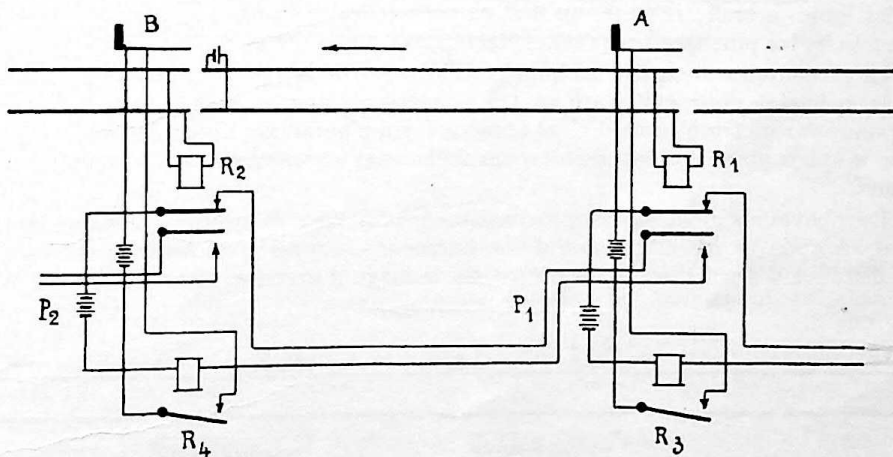


FIG 295.

le cas simple où les signaux ne sont pas répétés. Les relais  $R_1$  et  $R_2$  sont normalement excités par leur circuit de voie respectif. Le circuit de la pile  $P_2$  qui doit exciter le relais  $R_1$  du circuit du signal B est établi en  $R_2$  mais coupé en  $R_1$  ; de même, le circuit du relais  $R_3$ , établi en  $R_1$ , est coupé par le relais de voie précédent. Les relais  $R_3$  et  $R_4$  des circuits des signaux sont inertes et les signaux sont à l'arrêt. Un train dépassant le signal A met en court-circuit le relais  $R_1$  dont l'armature, en tombant, ferme le circuit de la pile  $P_2$ . Le relais  $R_1$  est excité et le signal B s'ouvre. Lorsque le train dépasse le signal B, l'armature du relais  $R_2$  coupe le circuit de la pile  $P_2$ , provoquant la rupture du circuit du signal B par le relais  $R_4$  et la mise à l'arrêt de ce signal qui sera maintenu dans cette position aussi longtemps que le train restera dans la section qu'il protège. Il ne s'ouvrira de nouveau qu'à l'approche d'un second train.

**Voie normalement ouverte ou normalement fermée.** — Le block à signaux normalement fermés exige l'emploi d'appareils supplémentaires, mais il a l'avantage de n'entraîner aucune dépense de courant pour maintenir les signaux ouverts lorsqu'il n'y a pas de train sur la ligne. Toutefois, cette dépense est assez faible.

Au point de vue de la sécurité, les partisans de la voie normalement fermée font remarquer que les signaux fermés sont en harmonie avec la position de ceux qui dépendent des postes d'enclenchements, que les mécaniciens ont une indication positive en voyant les signaux s'ouvrir devant eux et qu'en cas de dérangement empêchant le signal de fonctionner, celui-ci est immobilisé à l'arrêt.

Les partisans de la voie normalement ouverte font observer que grâce à la construction soignée des appareils, un coingage du signal est improbable et que le contrôle du fonctionnement du block est très facile, tout signal devant se refermer derrière un train qui passe.

En fait, aux Etats-Unis, où le block automatique a pris le plus grand développement, c'est la voie normalement ouverte qui est la plus en faveur.

**Espacement des signaux.** — La longueur des sections de block dépend de l'intensité du trafic et de la vitesse des trains. Un signal ne pouvant être remis à voie libre que lorsque le train qui s'est engagé dans la section l'a complètement libérée, le temps mis par un train à franchir une section limite l'intervalle de temps auquel les trains peuvent se succéder. En fait, la longueur des sections varie de 1000 à 4000 mètres. Sur les lignes à trafic intense, on doit raccourcir les sections et accélérer les vitesses. Les sections les plus courtes se rencontrent aux abords des gares.

Le raccourcissement des sections et l'élévation de la vitesse nécessitent des dispositions spéciales pour éviter qu'un train arrêté un peu au delà d'un signal ne soit tamponné par un train suivant dont le mécanicien n'aurait pas observé le signal à temps. Deux moyens sont employés : le chevauchement des sections et la répétition des signaux.

Le chevauchement (*overlap*) consiste à prolonger la section commandant un signal au delà du signal suivant d'une longueur — appelée chevauchement — égale à la distance d'arrêt d'un train en cas de freinage d'urgence. Dans la figure 296, les

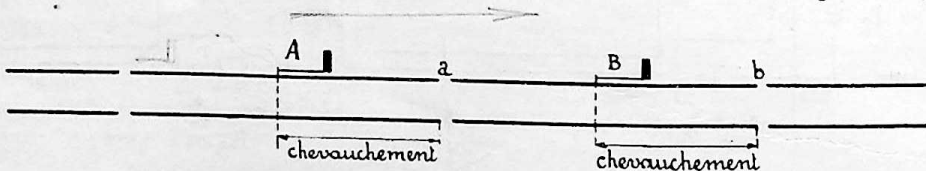


FIG. 296.

sections sont décalées toutes entières en avant des signaux d'une quantité égale au chevauchement. Le signal A commandé par la section  $ab$  ne pourra être remis à voie libre que lorsque le train aura dépassé le point  $b$ , de sorte que si le train s'arrête un peu au delà du point  $b$ , il est protégé par la distance  $Bb$  égale à la longueur d'arrêt. Toutefois, si le train est arrêté avant le point  $b$ , il pourrait être tamponné par le train suivant, qui aurait marqué l'arrêt au signal A et qui, s'étant remis en marche, continuerait sa route en voyant le signal B au passage.

On évite ce danger en divisant les sections en deux parties qui sont chacune le siège d'un circuit de voie, chaque chevauchement étant sous le contrôle de la partie en aval et contrôlant la section précédente.

Le circuit de voie du chevauchement  $aa'$  (fig. 297) comprend un relais intercalé

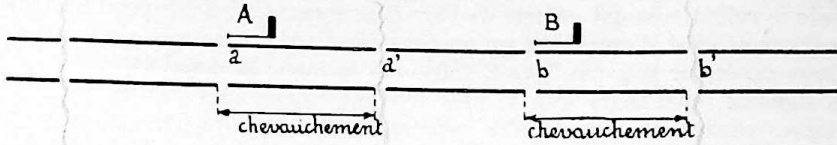


FIG. 297.

dans le circuit de voie  $a'b$  et celui-ci est de même sous le contrôle du circuit de voie  $bb'$ . Un train arrêté au delà du signal B est donc protégé par les deux signaux A et B et un train arrêté devant le signal B est protégé par le signal A, avec une distance minimum de protection égale au chevauchement.

Lorsqu'on veut avoir toujours deux signaux à l'arrêt derrière un train, on place chaque section entière sous le contrôle de la section suivante, ce qui revient à faire le chevauchement égal à la longueur d'une section. Il y a entre deux trains au moins une section entière ; c'est le système de la section tampon.

Un train se trouvant dans la section  $bc$  (fig. 298) maintient à l'arrêt les deux

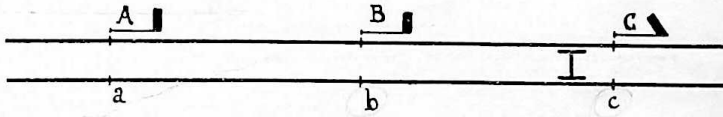


FIG. 298.

signaux A et B et ne libérera le signal A qu'après avoir mis le signal C à l'arrêt et l'avoir complètement passé.

Les signaux répéteurs, qui sont franchissables à l'arrêt, préviennent les mécaniciens de la position dans laquelle ils doivent s'attendre à trouver le signal suivant ; ils leur permettent de marcher avec plus d'assurance, c'est-à-dire de maintenir une vitesse plus élevée tout en ayant la possibilité de respecter les signaux commandant l'arrêt.

Sur les lignes où les sections sont assez longues, on place les répéteurs sur des supports spéciaux, à une distance suffisante des signaux d'arrêt. Avec des sections plus courtes, le signal répéteur se rapproche du signal précédent et l'on arrive ainsi à les placer tous les deux sur le même mât : le bras supérieur commande l'arrêt ou le passage et le bras inférieur, de forme différente, souvent en oriflamme, donne une indication conforme à celle du bras supérieur du signal suivant.

Malgré la présence des signaux répéteurs, si l'on n'appliquait pas le chevauchement, la longueur d'une section pourrait être insuffisante pour protéger les trains contre les tamponnements. Aussi adopte-t-on, sur les lignes très parcourues, le système de la section tampon.

Un train se trouvant au-delà du signal D (fig. 299) est couvert par les signaux

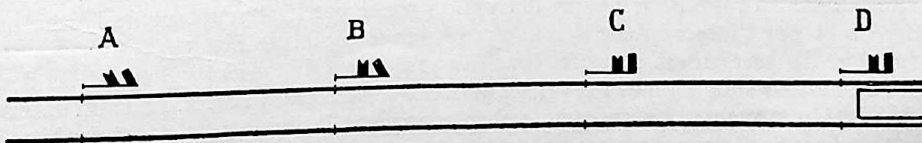


FIG. 299.



d'arrêt C et D et par le bras répéteur placé sur le mât B. Les trains ne peuvent se suivre qu'à la distance de trois sections ; le signal A a ses deux bras inclinés, le signal B commande le ralentissement en vue de l'arrêt au signal C. Une disposition très simple a d'ailleurs pour effet d'empêcher qu'un bras répéteur ne se mette au passage alors que le bras supérieur marque l'arrêt, tel le cas ici pour le signal D.

Les signaux répéteurs sont le plus souvent commandés par un circuit à deux fils de ligne, venant du signal qu'ils répètent. Le circuit de ligne peut commander directement le signal répéteur ; il est alors dérivé sur le circuit du signal d'arrêt (fig. 300) et passe par deux contacts *a* et *b*, ouverts par la palette de block lorsqu'elle

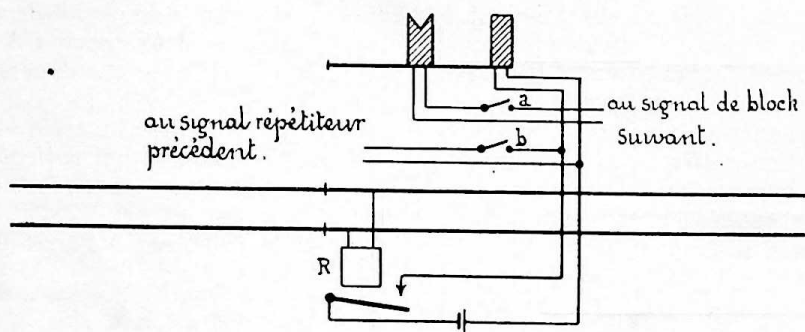


FIG. 300.

est à l'arrêt et fermés dans le cas contraire. Le contact *a* sert à empêcher qu'un répéteur ne se mette au passage lorsque le bras supérieur est horizontal ; le contact *b* réalise la condition qu'un répéteur ne peut s'ouvrir que si le signal qu'il répète s'est effectivement ouvert d'abord. La section étant supposée occupée, le relais est inerte et le circuit du signal est coupé. Le bras supérieur est horizontal et coupe en *a* le circuit du répéteur. Lorsque le train aura quitté la section, le relais s'excitera, fermant le circuit du moteur du bras supérieur lequel, en s'inclinant, fermera les contacts *a* et *b*. Le contact *a* permettra au répéteur de s'ouvrir lorsque le signal suivant sera ouvert et le contact *b* laissera passer le courant destiné au moteur du répéteur en amont.

On peut aussi commander par les deux fils de ligne un relais dont l'interrupteur est intercalé dans un circuit actionnant le moteur du répéteur.

L'installation se simplifie par la suppression des fils de ligne lorsqu'on emploie des *relais polarisés*. On appelle ainsi des relais dont l'armature n'est attirée que si l'électro est traversé par un courant de sens déterminé ; l'armature tombe si le courant est renversé ou coupé.

La figure 301 représente le schéma de l'installation pour le cas où les répéteurs sont placés sur les mêmes mâts que les signaux de block et où les sections sont établies sans chevauchement.

Le circuit de voie de chaque section comprend un inverseur de sens du courant *c* manœuvré par le signal d'arrêt de la section suivante. Le relais de voie R a une armature neutre *a* contrôlant le circuit du moteur du signal de block et la dérivation affectée à la commande du répéteur ; cette dérivation passe par l'interrupteur de l'armature polarisée *b* et par l'interrupteur *d* manœuvré par le signal de block.

Lorsque la section est occupée, les deux armatures du relais tombent et les deux circuits de moteur sont coupés : les deux signaux se mettent à l'arrêt. Le train entrant dans la section suivante, les signaux qui en marquent l'origine se mettent également à l'arrêt, le bras supérieur renverse par son inverseur *c* le sens du courant dans la section que nous considérons. Celle-ci étant libérée, son relais se réexcite et ferme, par son

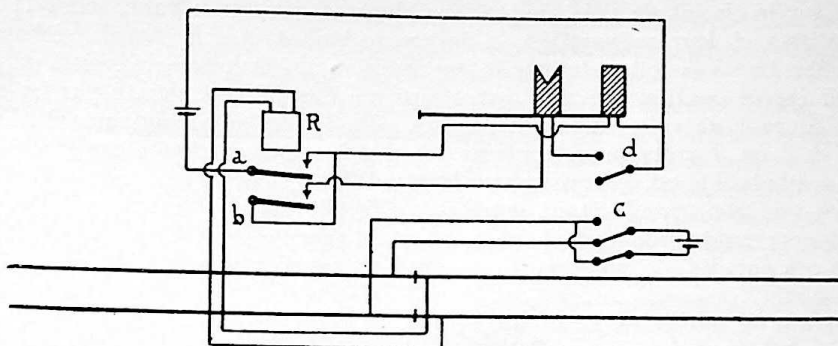


FIG. 301.

armature neutre *a*, le circuit du signal de block qui se remet au passage ; mais le courant de voie étant renversé, l'armature polarisée *b* n'est pas attirée et continue à interrompre le circuit du répéteur qui reste à l'arrêt. Quand la deuxième section sera libérée, son signal de block se remettra au passage, rétablissant la polarité du circuit de voie précédent. Le relais *R* attire alors l'armature polarisée *b* et le répéteur se remet aussi au passage.

L'emploi des relais polarisés permet de réaliser la dépendance de deux sections successives, de telle sorte que le train soit toujours protégé par deux signaux d'arrêt (plus le répéteur précédent) comme on l'a vu plus haut. Le schéma est seulement un peu plus compliqué et il faut deux fils de ligne.

Dans les chemins de fer souterrains, les signaux à bras sont remplacés par des feux colorés. A Paris, sur le Métropolitain et le Nord-Sud <sup>(1)</sup>, où la signalisation est à voie normalement fermée, un train circulant sur la ligne maintient toujours derrière lui deux signaux bloqués à l'arrêt. En pénétrant dans une section, il met au passage le signal couvrant la section suivante (s'il n'est pas bloqué), met à l'arrêt celui qu'il vient de dépasser et débloque, mais en le laissant à l'arrêt, le signal antérieur. Il y a un signal à l'entrée et à la sortie de chaque gare, et un signal intermédiaire si la distance entre les gares est supérieure à 500 mètres. Le feu blanc indique la voie libre, le feu rouge commande l'arrêt.

Au Nord-Sud, il y a en outre un feu vert qui est présenté à l'entrée d'une gare lorsque le train précédent a quitté la gare, mais occupe encore la section suivante. Il permet au train arrivant de pénétrer dans la gare, bien que la section suivante ne soit pas libre, et évite l'inconvénient de faire arrêter les trains dans les tunnels.

Sur le Métropolitain, les signaux sont actionnés par le courant de traction à 550 volts capté sur le troisième rail au moyen de prises de courant spéciales actionnées par les trains, tandis qu'au Nord-Sud le courant des signaux est fourni par des piles. Le système du Métropolitain évite l'entretien d'un nombre considérable de piles, mais il nécessite des précautions d'isolement à cause de la tension élevée.

### β) LES APPAREILS <sup>(2)</sup>

Les circuits de voie et les relais constituent la partie la plus délicate de l'installation. Il y a des pertes de courant par les traverses et le ballast qui établissent des déri-

<sup>(1)</sup> *Génie Civil*, 15 mars 1913.

<sup>(2)</sup> BALLING. Le block-system automatique aux Etats-Unis. *Revue Générale des Chemins de fer*, novembre 1920.

vations sur le circuit de voie, dérivations dont la résistance varie selon la nature des traverses et leur préparation, la nature du ballast et son état de sécheresse ou d'humidité. Le relais doit rester excité (section libre) même lorsque le ballast est mouillé et rester inerte (section occupée) par temps sec lorsqu'il est shunté par les essieux.

Le courant de voie est fourni par des piles ou des accumulateurs. On limite la tension à 2 ou 3 volts pour diminuer les pertes d'énergie. Dans ces conditions, la longueur admissible est comprise entre 1000 et 2000 mètres. Si la longueur d'un canton de block est trop grande étant données les conditions locales, on divise ce canton en plusieurs circuits indépendants et le circuit du signal passe par les contacts des relais de tous ces circuits, de sorte qu'il est coupé en cas d'occupation de l'un quelconque d'entre eux.

Suivant la nature et l'état du ballast, sa résistance aux courants dérivés peut varier de 1 à 5 ohms pour un kilomètre de voie.

Les constructeurs fournissent différents types de relais, caractérisés par le nombre de contacts qu'ils établissent et par la résistance de leur enroulement. Le plus employé en Amérique a une résistance de 4 ohms et s'excite par un courant d'environ 80 milliampères; son armature retombe lorsque le courant n'est plus que la moitié environ.

Les piles doivent avoir une résistance interne aussi constante que possible. Pour éviter leur épuisement pendant l'occupation de la voie, surtout avec les accumulateurs, on place en série une résistance additionnelle, qui sert aussi à régler le circuit de voie et qui a pour effet de mieux assurer le shuntage du relais.

**Les signaux.** — Les signaux ont la forme de palettes sémaphoriques ou de disques tournants faisant apparaître, selon que la voie est ouverte ou fermée, une face verte ou une face rouge le jour, un feu vert ou un feu rouge la nuit. Les palettes tendent à remplacer les disques qui sont moins visibles. Dans les chemins de fer souterrains, les signaux à bras sont remplacés par des feux de couleur.

Les signaux se mettent à l'arrêt par l'action de la gravité; ils se mettent au passage lorsque le courant est lancé dans le circuit qui les commande.

Au début, on a employé comme moteurs des mouvements d'horlogerie que l'on remonte périodiquement et que le circuit déclenche à chaque passage de train. Actuellement, les moteurs sont à air comprimé ou à acide carbonique ou purement électriques.

L'énergie est amenée par une canalisation partant d'une usine de production, centrale électrique ou usine de compression d'air, à moins qu'elle ne soit emmagasinée localement, c'est-à-dire qu'au pied de chaque sémaphore ou de certains sémaphores, il n'y ait une batterie d'accumulateurs ou un réservoir d'air comprimé, dont l'approvisionnement d'énergie est renouvelé périodiquement. L'emmagasinage local est de règle lorsqu'on fait usage d'acide carbonique qui, pouvant être approvisionné sous forme d'acide liquide à la pression de 50 atmosphères, offre le grand avantage de contenir sous un petit volume une quantité considérable d'énergie.

Les moteurs à air comprimé Westinghouse, qui ont reçu de nombreuses applications en Amérique, comprennent un cylindre vertical fixé au mât, dont le piston commande directement l'aile du signal et dans lequel l'air est admis à 5 kg de pression par une soupape qui est écartée de son siège par un électro-aimant relié au circuit de commande. Lorsque le courant est coupé, la soupape retombe sur son siège et ouvre un orifice par lequel l'air s'échappe en formant coussin élastique contre le piston refoulé par l'aile qui retombe. Dans les installations à acide carbonique, une valve réductrice ramenant la pression à 2 ½ atmosphères est intercalée entre le réservoir et le cylindre de manœuvre qui fonctionne de la même manière et avec les mêmes organes qu'un cylindre à air comprimé.

Les moteurs électriques entraînent l'aile du signal par un mécanisme de réduction de vitesse et un accouplement électromagnétique. Dès que le signal est ouvert, le cou-



rant du moteur est coupé, un frein s'applique sur un tambour solidaire du moteur et le signal est maintenu ouvert par l'électro d'accouplement (électro de maintien). Lorsque le relais coupe le circuit du signal, l'accouplement magnétique est rompu et le bras retombe à l'arrêt, ralenti dans sa chute par un dash-pot.

Dans les installations les plus récentes, on emploie des signaux à trois positions et l'entrée de chaque section n'est plus commandée que par un mât à une seule palette. Celle-ci, quand elle est verticale, indique que la voie est libre non seulement dans la section dans laquelle le mécanicien entre, mais également dans la section suivante ; à 45°, elle annonce que la voie est libre dans la première section, mais est occupée dans la section suivante ; horizontale, elle commande l'arrêt, ce dont le mécanicien a été prévenu en rencontrant la palette précédente à 45 degrés. La nuit, la palette fait apparaître un feu vert lorsqu'elle est verticale, un feu jaune lorsqu'elle est inclinée à 45 degrés et un feu rouge lorsqu'elle est horizontale.

Sur les lignes à traction à vapeur, on fait aussi usage du courant alternatif pour alimenter les circuits de voie et pour commander les signaux. Ces installations sont semblables à celles qui seront examinées plus loin pour les lignes à traction électrique, sauf qu'il n'y a pas lieu d'employer les connexions inductives dont le rôle va être expliqué.

Le courant alternatif a l'avantage de fournir le courant à meilleur compte que les piles et de supprimer la sujétion de l'entretien des piles et des accumulateurs.

## 2° Le Block automatique sur les lignes à traction électrique

Sur les lignes à traction électrique, les rails de roulement servent le plus souvent de conducteurs pour le retour du courant et ne sont donc pas disponibles pour le circuit de voie. Si le trafic est peu intense et si une file de rails peut suffire pour le retour du courant, l'autre file peut être utilisée pour le circuit de voie. Mais cette solution n'est pas très satisfaisante, car elle ne garantit pas le relais contre des dérivations du courant de traction. Généralement, d'ailleurs, l'intensité de ce dernier est telle que la section des deux rails est nécessaire pour éviter les chutes trop fortes de voltage ; aussi, la solution qui prévaut est celle du circuit de voie à courant alternatif se superposant au courant de traction.

Les rails de chaque section sont encore isolés de ceux des sections adjacentes, mais pour permettre le passage du courant de traction on réunit les deux files de rails à chaque extrémité des sections par *des connexions inductives (impedance bonds)* ayant une faible résistance ohmique tout en présentant une grande résistance au passage du courant alternatif. Un bout de câble *ab* de section suffisante pour transporter tout le courant de traction réunit par leur milieu les connexions inductives terminant deux sections contiguës (fig. 302). Les courants de traction venant des deux files de rails

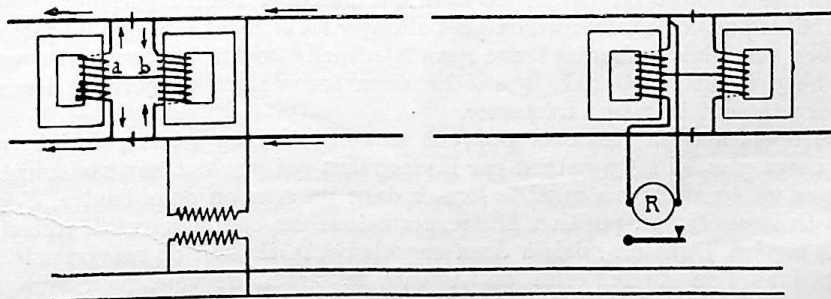


FIG. 302.

parcourent chacun une moitié de la connexion inductive, se réunissent dans le câble de liaison et bifurquent à nouveau, pour suivre les deux files de rails de la section suivante.

Les connexions inductives consistent en quelques spires de barres de cuivre enroulées sur un noyau en fer feuilleté, le tout enfermé dans une boîte en fonte remplie d'huile et placée au milieu de la voie. Les deux moitiés de l'enroulement étant parcourues en sens inverse par une moitié du courant, le courant de traction n'a pas d'action magnétisante sur le noyau. Si, pour une cause quelconque, l'un des rails transporte plus de courant que l'autre, ce déséquilibre a pour effet de tendre à saturer le fer et, par suite, de diminuer l'impédance des connexions, ce qui peut produire des dérivations importantes du circuit de voie et amener la désexcitation du relais comme si la section était occupée. Pour éviter cet inconvénient, on construit le noyau avec un entre-fer. Il en résulte bien une moindre résistance au courant alternatif dans les circonstances normales, mais on obtient ainsi un circuit de voie moins sensible au déséquilibre du courant de traction.

Lorsque la section des deux rails est insuffisante pour assurer le retour du courant de traction et qu'on est amené à ajouter un câble fonctionnant en parallèle avec eux, ce câble doit être relié aux bouts de câbles réunissant les connexions inductives, et non aux rails, afin de ne pas provoquer le déséquilibre des deux files de rails.

Pour diminuer les pertes de courant par les connexions inductives, la Westinghouse Brake and Saxby Signal Co ajoute un enroulement spécial dont les extrémités sont reliées aux bornes d'un condensateur, de manière à constituer un circuit résonnant. L'impédance de ces connexions est beaucoup plus élevée, ce qui permet d'augmenter la longueur des sections.

Il y a plusieurs types de *relais de voie à courant alternatif*. Les uns sont à un seul élément, c'est-à-dire un seul circuit d'enroulement, les autres sont à deux éléments.

Parmi les premiers figure le relais à disque, dans lequel une portion de disque en forme de secteur monté sur un axe horizontal tourne entre les pôles d'un électro-aimant alimenté par le circuit de voie. Les deux pôles de l'électro sont occupés partiellement par un anneau fermé en cuivre et le secteur est attiré vers le haut par l'action des courants dont les deux anneaux sont le siège sur les courants de Foucault développés dans la masse du disque. Ce relais exige une puissance assez grande et n'est employé que pour les sections très courtes.

Les relais à deux enroulements sont les plus employés. Ils fonctionnent soit sur le principe du galvanomètre, une bobine mobile qui reçoit le courant du circuit de voie étant placée dans le champ d'un enroulement fixe alimenté par le circuit local, soit sur le principe des moteurs d'induction, dans lesquels deux champs alternatifs donnent lieu à la production d'un champ tournant qui entraîne un tambour.

Les relais à deux éléments ont l'avantage qu'ils permettent de faire fournir presque toute la puissance nécessaire par le circuit local bien isolé qui alimente l'un des éléments ; le courant du circuit de voie qui parcourt l'autre enroulement n'ayant qu'une faible puissance à fournir, on peut allonger les sections sans que les pertes soient excessives. Ces relais présentent une grande sécurité contre les courants vagabonds, car ils ne peuvent fonctionner que si les deux enroulements reçoivent des courants ayant exactement la même fréquence.

Les relais à deux éléments peuvent se construire en relais *polarisés*, dont on verra l'usage plus loin. On entend par là des relais qui peuvent non seulement fermer ou couper un circuit, mais aussi le fermer dans un sens ou dans l'autre, c'est-à-dire qui ont trois positions : position neutre, fermeture des contacts avant, fermeture des contacts arrière. Dans un relais à deux enroulements, il suffit de renverser le sens du courant dans l'un d'eux, celui qu'alimente le circuit de voie, pour faire tourner l'élément mobile dans l'autre sens et obtenir une troisième position.

L'installation se fait en principe suivant le schéma de la figure 303. Sur la ligne d'alimentation se branche à chaque poste un transformateur de ligne L dont le secondaire alimente : un petit transformateur de voie V abaissant la tension à quelques volts, l'un des enroulements du relais de voie R et le ou les circuits des signaux, ceux-ci passant par les contacts des relais.

Pour que le secondaire du transformateur de voie ne débite pas trop en cas d'occupation de la section, on intercale en série entre lui et la voie une résistance ohmique ou une impédance I ou des bobines thermiques. On protège de même le second enroulement du relais contre une dérivation accidentelle du courant de traction. Ces résistances ou impédances servent en même temps à obtenir entre les courants qui parcourent les deux éléments du relais les différences de phase nécessaires à son fonctionnement.

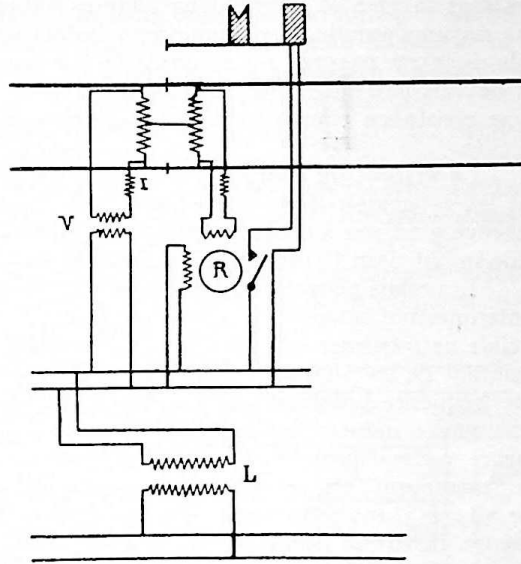


FIG. 303.

Lorsqu'on fait usage de répéteurs ou de signaux à trois positions, on les commande par un circuit local passant par un relais commandé par le signal de block en aval. Cette méthode nécessite l'installation d'un circuit à fils de ligne reliant un signal de block à son répéteur. Comme dans les installations à courant continu, on supprime ces fils de ligne en employant des relais polarisés et en faisant renverser le sens du

courant dans le circuit de voie par un inverseur manœuvré par le signal de block (fig. 304). Si une section est occupée, son relais occupe la position neutre, coupant le circuit du signal de block. Si la section est libre, la suivante étant occupée, le courant de voie est renversé et le relais ferme le circuit

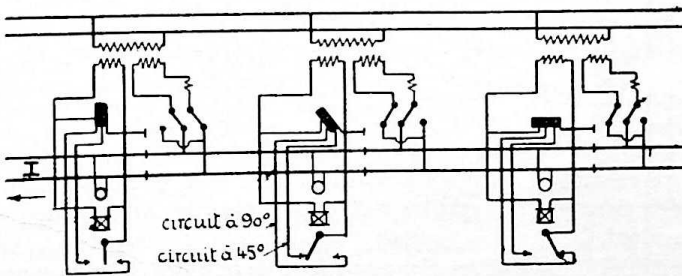


FIG. 304.

qui maintient le signal de block à 45°. Dès que deux sections sont libres, le courant de voie de la première est rétabli dans le sens primitif et le relais ferme le circuit qui commande le signal de block à 90°.

**Circuit de voie à courant alternatif sur les lignes à traction électrique à courant alternatif.** — Le circuit de voie à courant alternatif s'emploie même lorsque le courant de traction est lui-même alternatif et parcourt les deux rails de roulement.

Les fréquences sont différentes ; par exemple, celle du courant de traction est de 25 périodes, celle du circuit de voie, de 60 périodes. Les connexions inductives entre les rails sont encore d'application. Elles livrent passage au courant de traction,



mais arrêtent le courant du circuit de voie. Ce fait s'explique parce que les courants de traction amenés par les deux rails parcourent les deux moitiés de l'enroulement en sens inverse et créent deux champs antagonistes dont l'action sur le magnétisme du noyau s'annule. Les connexions inductives ne présentent donc qu'une résistance ohmique au passage du courant de traction. Quant au courant du circuit de voie, il devrait parcourir tout l'enroulement dans un même sens et rencontrerait par suite une résistance composée dont la grandeur est augmentée par suite de la fréquence élevée.

Le voltage du courant alternatif de traction étant très élevé, le courant est faible et les connexions inductives peuvent être de section beaucoup moindre. Le déséquilibre n'est pas à craindre, parce que, si une moitié de l'enroulement est plus chargée, elle induit dans l'autre moitié une force électromotrice qui tend à rétablir l'équilibre.

Les relais peuvent être du type ordinaire ; mais, généralement, pour éviter l'action intempestive d'une dérivation accidentelle du courant de traction, on emploie des *relais de fréquence* qui sont insensibles à des courants de faible fréquence comme le courant de traction et n'obéissent qu'aux courants de fréquence assez élevée. Le relais de fréquence construit par l'Union Swith and Signal Co est basé sur le principe des moteurs d'induction : le tambour entraîné par un champ tournant commande un arbre vertical portant un mécanisme semblable au régulateur à boules des machines à vapeur qui ferme les contacts lorsque la vitesse a atteint un taux déterminé. Or, la vitesse étant proportionnelle à la fréquence, pour une fréquence notablement inférieure, la vitesse nécessaire ne sera pas atteinte. Quand le courant est coupé, un petit frein qui était soulevé par un électro frotte sur un disque et fait tomber la vitesse, ce qui rompt le contact.

**Les signaux lumineux.** — Sur le New-York, New-Haven and Hartford, on a été amené par le manque de visibilité des signaux, à les laisser allumés de jour comme de nuit et l'on a fait cette constatation que les feux étaient plus facilement perceptibles que les bras. De cette constatation est née l'idée de remplacer complètement les bras sémaphoriques par des signaux purement lumineux.

On attribue aux signaux purement lumineux plusieurs avantages :

- 1° une dépense moindre d'établissement ;
- 2° un encombrement moindre, appréciable surtout là où les signaux sont nombreux ;
- 3° une visibilité plus satisfaisante dans certaines conditions atmosphériques ;
- 4° l'absence de toute pièce mobile, sauf les armatures des relais, et l'installation des appareils à l'intérieur de caisses en tôle qui les mettent à l'abri des intempéries et diminuent les chances d'incident.

Il ya deux sortes de signaux lumineux : *les signaux à feux de position* et *les signaux à feux de couleur*.

Dans les *signaux à feux de position*, employés par le Pennsylvania, trois feux blancs disposés en ligne droite indiquent la direction que prendrait un bras de sémaphore : la ligne verticale autorise le passage, la ligne horizontale commande l'arrêt, la ligne inclinée commande le ralentissement. Avec neuf lampes placées une au centre et huit en cercle, on peut obtenir une ligne verticale, une ligne horizontale et une ligne inclinée à 45° à droite ou à gauche.

Les *feux de couleur* donnent les indications au moyen des couleurs qu'ils font apparaître : rouge pour l'arrêt, vert pour le passage, jaune pour le ralentissement. Ce sont les plus employés.

Chaque feu comporte l'emploi de deux lampes, l'une normale à filament concentré placée au foyer de la lentille, l'autre d'intensité moindre placée en arrière. Les deux

lampes sont sous-voltées de manière à prolonger leur durée et à diminuer les chances d'extinction. Si la lampe normale s'éteint, on en est prévenu par l'éclat diminué que donne la lampe de secours placée en arrière. Les deux lampes consomment ensemble environ 50 watts. En outre, il y a sur chaque mât une lampe témoin alimentée par une source différente, éclairant un numéro ; si le mécanicien rencontre un mât où cette lampe seule brûle, il est prévenu qu'il y a un dérangement et il doit s'arrêter.

Les lentilles employées, d'un diamètre d'environ 22 centimètres, ont des cannelures circulaires qui donnent un éclat régulier sur toute leur surface. Pour les signaux à longue distance, on emploie deux lentilles accolées, l'une extérieure blanche, l'autre intérieure colorée. Afin d'éviter la réflexion de la lumière du soleil sur les lentilles, on les protège par une visière en tôle.

Les connexions des circuits des lampes sont établies par les armatures de relais commandés par les circuits de voie. La figure 305 indique le montage employé par le Chicago Milwaukee and St. Paul pour les signaux à trois positions. Chaque signal a trois feux qui s'allument : le rouge si la section est occupée, le jaune si la section est libre mais la suivante occupée, et le vert si les deux sections sont libres. Le relais A, alimenté par le circuit local et par le circuit de voie, est à trois positions : position neutre (aucun contact) si la section est occupée, contact à gauche si la section est libre, mais la suivante occupée, contact à droite si les deux sections sont libres. Le relais B à deux positions est alimenté par le circuit local mais ne reçoit du courant que si le relais A donne contact à droite ou à gauche, c'est-à-dire si la section est libre ; en cas d'occupation de la section, le relais A est neutre, le relais B laisse tomber ses armatures : l'armature supérieure ferme le circuit de la lampe rouge et ses deux armatures inférieures renversent le sens du courant de voie dans la section précédente, ce qui fait donner le contact à gauche au relais A du signal précédent.

Lorsque la première section en aval du signal est libre, l'armature supérieure du relais B est relevée et ferme, par l'intermédiaire des contacts du relais A, soit le circuit de la lampe jaune, soit le circuit de la lampe verte, suivant que la deuxième section est occupée ou non.

Une application importante des signaux lumineux à feux de couleur a été réalisée sur le chemin de fer surélevé de Liverpool. On a pu y constater la parfaite visibilité des signaux à 900 mètres de distance en plein jour et par temps très clair. Une commission constituée par le Ministère des Transports a exprimé l'avis que les signaux lumineux pouvaient être appelés à jouer le même rôle que les bras sémaphoriques et qu'il y avait lieu de préférer les feux de couleur aux feux de position. Une application d'essai est également en projet sur la ligne de Paris à Saint-Germain.

La Société Westinghouse Brake and Saxby Signal Co construit une lanterne électrique à deux feux (un rouge et un vert pour les signaux d'arrêt, un rouge et un jaune

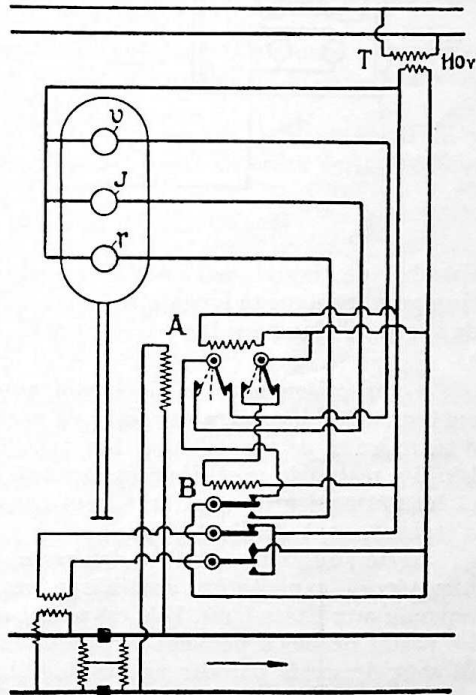


FIG. 305.

pour les signaux avancés), qui est appliquée notamment sur le Métropolitain de Berlin,

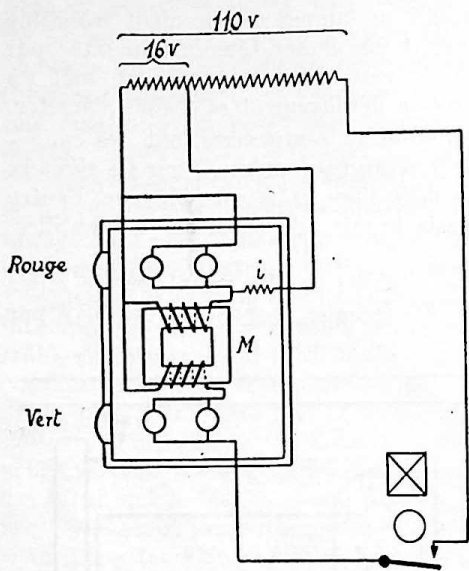


FIG. 306.

Une bobine thermique  $i$  intercalée dans ce circuit empêche le courant d'atteindre une trop grande intensité lorsque le feu rouge est éteint et sert en outre à renforcer l'éclat de la seconde lampe si la première venait à manquer.

**Comparaison avec le block non automatique.** — Le block automatique est plus coûteux d'établissement que le block gardé et il donne lieu à des dépenses plus élevées d'entretien et de surveillance. Par contre, il permet de supprimer le gardiennage et le bénéfice réalisé de ce chef sur les lignes où les gares sont peu nombreuses, les bifurcations et les passages à niveau rares, peut couvrir et au delà l'augmentation de la dépense d'établissement et d'entretien.

Cette situation — rareté des gares, des passages à niveau et des bifurcations — caractérise l'exploitation américaine, ce qui explique que le block automatique soit répandu aux Etats-Unis. Elle est plutôt exceptionnelle en Europe, où, le plus souvent, les postes de block peuvent être installés en des points (barrières et bifurcations), où ils sont desservis par des agents dont la présence en ces endroits est indispensable, alors même que le block n'y fonctionnerait pas. Le point de vue de la dépense de main-d'œuvre perd donc de son importance sur les réseaux européens.

Beaucoup d'administrations sont également d'avis que dans les cas, inévitables, de dérangement des appareils, il y a avantage à ce que l'intelligence et l'initiative d'un signaleur puissent se substituer à l'organe de sécurité qui fait défaut et toutes estiment que les garde-block en activité le long des lignes sont utiles non seulement par leur contribution au fonctionnement des appareils, mais par la surveillance qu'ils exercent sur les trains et leur intervention dans les accidents et incidents de la circulation de ceux-ci.

## 2° Lignes exploitées à voie unique

Sur les lignes à voie unique, la sécurité de la marche des trains demande des dispositions ayant à la fois pour effet de maintenir l'espacement des trains qui se suivent



et d'éviter la rencontre de ceux partis de points opposés. Les dispositions employées sont : l'exploitation en navette et le pilotage, le « Train staff system » et le block system.

#### A. — L'exploitation en navette et le pilotage

**L'exploitation en navette.** — Sur les lignes de peu de longueur et où le nombre restreint des trains permet d'exploiter sans croisements, on n'affecte qu'une machine à la traction et on lui fait faire un service de navette. Une seconde machine ne peut pénétrer sur la ligne qu'en cas d'immobilisation de la première, par exemple, pour aller au secours d'un train en détresse.

**Le pilotage.** — Ce système est principalement appliqué sur les lignes à double voie présentant normalement ou accidentellement une section à voie unique. En Belgique, on exploite normalement, par le système du pilotage, la section de la ligne de Bruxelles à Mons comprenant le tunnel de Braine-le-Comte (section à voie unique sur une ligne à double voie).

Un agent est désigné pour faire le pilotage entre les deux extrémités de la section sur laquelle le système est appliqué et aucun train ne peut circuler sur la section, à moins d'être accompagné de cet agent.

Lorsque deux trains se suivent sans que, dans l'intervalle, il y ait un train en sens inverse, le premier est expédié sans le pilote, mais avec un ordre écrit de celui-ci et c'est le second qui emmène le pilote.

#### B. — Le train staff system

Le train staff system (système du bâton) est appliqué selon trois modalités : le staff system ordinaire, le train staff and ticket system et l'électric train staff system.

**Le train staff ordinaire.** — Au lieu que le train doive être accompagné d'un pilote, le mécanicien qui le conduit doit être porteur d'un bâton, d'environ 60 centimètres de longueur, marqué du nom de la section sur laquelle il est en service. Un seul bâton étant affecté à la section, celle-ci ne peut être occupée par deux locomotives à la fois.

Le système ne convient qu'aux sections qui, à cause de leur longueur restreinte et du petit nombre de trains qui y circulent, se prêtent à un service de navette. Si, entre les deux gares extrêmes A et B, deux trains devaient se suivre sans qu'entre eux il y eût un train en sens inverse, le second train ne pourrait être expédié que pour autant que B eût renvoyé, par exprès, la bâton à la station A.

**Le train staff and ticket system.** — Ce système permet l'expédition consécutive de plusieurs trains sans renvoi du bâton par exprès. Chacune des gares d'extrémité de la section peut émettre des tickets autorisant la circulation vers la gare opposée, mais elle est obligée de les extraire d'une boîte, qui ne peut être ouverte qu'avec le bâton lui-même et qui se ferme par le seul fait de retirer celui-ci (fig. 307). Le bâton est remis au mécanicien du dernier train qui parcourt la section dans un sens avant le retour d'un train dans le sens opposé ; il doit être montré à chacun des mécaniciens faisant le parcours uniquement avec un ticket.

Le système n'assure pas l'espacement des trains se suivant dans le même sens ; si celui-ci doit être obtenu, l'application d'appareils de block est nécessaire. Il ne permet les changements de croisement en cas de retard qu'en faisant porter le bâton par un exprès.

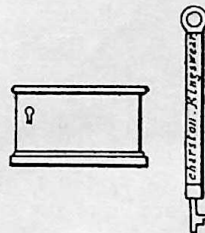


FIG. 307.

3) **L'électric train staff system.** — Aux deux extrémités A et B d'une section de voie unique se trouve un appareil constituant un magasin dans lequel sont placés un certain nombre de bâtons, vingt par exemple pour les deux appareils (fig. 308).

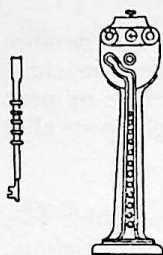


FIG. 308.

Ces bâtons sont marqués au nom de la section et ont une longueur ou une forme déterminée qui empêche de les confondre avec les bâtons d'une autre section.

Les deux appareils sont reliés électriquement dans des conditions telles, que lorsqu'un bâton est retiré de l'un d'eux, un second bâton ne peut être retiré du même ni de l'appareil opposé que pour autant que le premier bâton ait été replacé dans l'un des deux. Par conséquent, un bâton ayant été retiré pour être remis à un train allant de A vers B, un autre bâton ne peut être retiré d'aucun des deux appareils avant que le premier n'ait été introduit dans l'appareil B, ce qui indique que le train est arrivé à destination, ou replacé dans A, ce qui indiquerait que le train n'est pas parti.

Il n'y a donc jamais qu'un train en circulation entre A et B, ce qui évite toute rencontre. Pour la section suivante BC, il y aura également deux magasins de vingt bâtons, mais ceux-ci seront de forme différente de ceux de la section AB, pour qu'il n'y ait pas possibilité d'affecter le bâton d'une section à la circulation sur une autre.

Ce système ne permet pas d'expédier un second train avant que le précédent soit à l'extrémité de la section et qu'on ait remis le bâton dans le magasin.

Quand la section est longue, on le combine avec le staff and ticket system ; on facilite ainsi l'écoulement des trains de dédoublement et des trains de marchandises.

### C. — Le Block system (1)

Comme dans les modes d'exploitation précédents, la section entre deux stations de croisement ne peut pas être occupée par deux trains marchant simultanément en sens inverse, mais on peut admettre que deux ou plusieurs trains puissent rouler en même temps dans le même sens. Il y a donc deux cas à considérer : celui où il n'y a pas de poste de block entre deux stations de croisement ; celui où, entre ces stations, il y a un ou plusieurs postes intermédiaires.

*Premier cas.* — La ligne entre deux stations de croisement constitue une simple section de block sur laquelle deux trains, qu'ils marchent dans le même sens ou en sens inverse, ne peuvent pas se trouver en même temps.

Le signal de block *a* de la station A (fig. 309) ne peut être mis au passage que pour autant que le poste de cette station soit déblocqué par celui de la station B. Cette dernière ne peut donner ce déblocage que si son signal de block *b* est à l'arrêt, que si le train pour lequel le déblocage précédent a été donné a passé sur la pédale d'arrivée *p* et que si le signal *b'*, après avoir été ouvert pour ce train, a été refermé derrière lui.

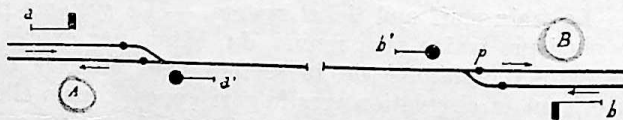


FIG. 309.

Ce système, qui réalise l'enclenchement des appareils de block avec les signaux est appliqué sur une partie des lignes belges à voie unique. Sur d'autres, il est fait usage de ce que l'on appelle le *block-system par sonneries de route*. En service normal,

(1) KERST. Die Streckenblockung auf eingleisige Bahnen.

aucun train ne peut quitter une station avant que celle-ci n'ait obtenu de la station vers laquelle est dirigé ce train, l'autorisation de l'expédier. Cette autorisation est demandée par appareil télégraphique et elle est donnée au moyen de salves de coup de cloches (voir p. 142), qui annoncent en même temps, aux agents de la route, l'arrivée prochaine et le sens de marche du train admis.

*Second cas.* — La partie de ligne comprise entre deux stations de croisement peut être parcourue en même temps par plusieurs trains marchant dans le même sens, mais non par deux trains marchant en sens inverse. Elle comprend un ou plusieurs postes de block intermédiaire C (fig. 310), ayant deux signaux et une pédale. Chacune des stations constitue un poste de block et est couverte par des signaux tenus normalement à l'arrêt et enclenchés par des appareils électriques; son signal de block est muni d'un désengageur électrique, qui le remet automatiquement à l'arrêt après le départ d'un train.

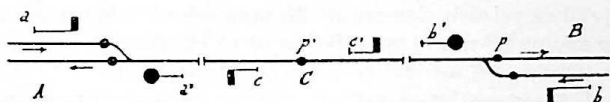


FIG. 310.

Si l'on considère un train roulant de A vers B, le poste de la station A ne peut mettre le signal de block *a* au passage qu'après avoir reçu le déblocage du poste de la station B, ce que B ne peut faire qu'à la condition que le signal de block *b* soit à l'arrêt et que le train précédent soit arrivé en B et ait passé sur la pédale d'arrivée *p* ou qu'il soit arrivé au poste intermédiaire C, qu'il ait passé sur la pédale *p'* et que le signal *c'*, après avoir été ouvert, ait été refermé derrière lui.

Sur la plupart des lignes françaises, l'exploitation des voies uniques est pratiquée à l'aide du télégraphe des stations sous la condition que les croisements ne peuvent se faire que dans les gares indiquées par le tableau de marche des trains.

### III. — INCIDENTS DE ROUTE

Des instructions prévoient les mesures qui doivent être prises par les agents des stations, de la voie et du train lorsqu'un incident : avarie à la machine ou aux véhicules, dérangement de la voie, perturbation atmosphérique, vient troubler la marche d'un train. Ces instructions, qui ont un caractère spécial suivant qu'elles s'adressent aux mécaniciens, aux chefs-gardes et aux gardes, aux agents des stations ou de la voie, doivent être concises, claires et considérer les cas les plus fréquents, d'une manière telle que les agents ne soient pas embarrassés pour prendre une décision dans les cas qui s'en écartent quelque peu.

**Retards des trains.** — Sur les lignes de l'Etat belge, les retards des trains de voyageurs de moins de 10 minutes ne sont pas signalés aux gares suivantes. Lorsqu'une station doit expédier un train au moins dix minutes après l'heure réglementaire, elle annonce le retard probable. Pour un retard de 10 à 29 minutes, l'annonce est faite de gare en gare, jusqu'à la première station de coïncidence se trouvant à au moins 60 kilomètres de distance; pour un retard de 30 minutes et plus, l'annonce est faite jusqu'à la station d'about. En France, les retards ayant 15 minutes et plus sont annoncés jusqu'à la première station ayant une machine de réserve.

Sur le plus grand nombre de réseaux, des ordres spéciaux fixent les délais d'attente, aux points de coïncidence, des trains en correspondance avec les trains en retard; ces ordres spéciaux prévoient également la création de trains spéciaux pour les voyageurs attendant la correspondance, des arrêts exceptionnels pour des trains express ou rapides, etc.



Les gares intermédiaires peuvent expédier avant le train en retard des trains qui normalement devraient le suivre, à la condition que cette intervention n'accroisse pas le retard. Lorsque celui-ci est considérable, une gare intermédiaire peut également former un second train destiné à remplacer le premier sur le reste du trajet, en suivant son itinéraire. Le train en retard n'est pas forcément supprimé dans ce cas : il continue comme train dédoublé, si les voyageurs qu'il amène ne peuvent pas être expédiés par un autre train.

Sur les lignes à voie unique, le retard peut avoir comme conséquence la modification des croisements et de l'ordre de succession des trains marchant dans le même sens.

Les retards des trains de marchandises ne sont annoncés que lorsqu'ils atteignent au moins 20 minutes en Belgique et 30 minutes en France.

**Ruptures d'attelages.** — Lorsqu'une rupture d'attelages se produit, les agents (gardes, serre-frein) se trouvant sur la partie détachée prennent immédiatement les mesures pour arrêter celle-ci le plus vite possible et attirer l'attention du personnel de la partie de tête et des agents de la voie. Dès que l'arrêt s'est produit, un agent se porte en arrière pour protéger la partie de train au moyen de signaux à main, même s'il a l'assurance qu'aucun train ou machine ne peut survenir. Ces signaux sont faits, à une distance de 700 mètres au moins (1000 mètres sur certains réseaux), avec un drapeau rouge, le jour, une lanterne à feu rouge, la nuit ; en temps de brouillard ou de tempête de neige, il est fait usage, en outre, de pétards placés sur les rails, en avant du signal rouge.

Si le mécanicien, lorsqu'il s'aperçoit de l'accident, a encore la queue du train en vue et si celle-ci est encore en mouvement, il règle sa marche sur celle de la partie détachée. Lorsque celle-ci est arrêtée, il rebrousse, avec l'autorisation du chef-garde et en se faisant précéder par un agent portant, le jour, un drapeau rouge, la nuit, un falot allumé et une lanterne à feu rouge.

Si, lorsqu'il s'aperçoit de l'accident, le mécanicien n'a pas la queue du train en vue, il continue sa marche jusqu'à la première gare, où le chef peut l'autoriser, quand il s'agit d'une ligne à double voie, à partir avec la machine et le chef-garde, à la recherche des wagons en dérive, en *suivant la voie normale* jusqu'à la gare précédente. Rebrousant de là et aiguillée de nouveau à voie normale, la machine pourra pousser les wagons. Cette mesure est inutile si le train coupé est suivi à courte distance par un autre train ; celui-ci poussera la partie en dérive, à condition que celle-ci n'ait pas déjà demandé du secours à la station suivante.

Dans le cas où le train coupé possède une machine de renfort, à l'arrière, celle-ci doit tout d'abord contribuer à arrêter les wagons séparés ; elle les poussera ensuite mais seulement à partir du moment où la première partie aura été perdue de vue.

**Détresses.** — Un train est en détresse lorsque, pour une cause quelconque, il lui est impossible de continuer sa marche.

La détresse peut être due à un accident de la machine ; dans ce cas, le mécanicien s'efforce de faire à celle-ci une réparation provisoire qui lui permet de continuer, si pas jusqu'à destination, du moins jusqu'à la première station où il sera possible de la remplacer. Le déraillement d'un véhicule, un obstacle en travers de la voie, peuvent aussi être la cause d'une détresse et alors il se peut encore que les agents du train soient en mesure d'y remédier par leurs propres moyens.

Aucune de ces interventions ne doit toutefois être tentée que si l'on a la quasi certitude de débarrasser la voie dans un temps relativement court. Dans la négative, les agents décident de demander du secours et ils font cette demande par les moyens les plus rapides.

Dès que la détresse se produit et avant que rien ne soit envisagé sur les moyens d'y porter remède, les agents protègent le train au moyen de signaux à main. Si l'accident a lieu sur une ligne à double voie et s'il obstrue l'une des voies seulement, un agent fait en arrière du train (à 700 ou 1000 mètres), les signaux avec un drapeau rouge, une lanterne à feu rouge ou des pétards. Si l'accident se produit sur une ligne à voie unique ou s'il obstrue les deux voies d'une ligne à double voie, les signaux de couverture sont fait en avant comme en arrière et la protection en avant est réalisée en tout premier lieu.

La *demande de secours* doit donner des renseignements précis sur le numéro du train, la cause de la détresse, le point kilométrique où elle s'est produite ; elle doit spécifier si seulement une machine de secours est nécessaire où s'il doit être envoyé une machine avec le wagon de secours et des ouvriers, s'il y a un service de pilotage à établir, si le secours doit aborder le train par l'avant ou par l'arrière. La préoccupation doit être de simplifier les manœuvres et de gagner du temps dans le rétablissement de la circulation normale.

La *demande de secours*, qui est rédigée par le chef-garde sur un imprimé spécial, peut être transmise par téléphone à la station la plus proche si, ainsi que c'est le cas sur différents réseaux, des postes télégraphiques sont établis dans les maisonnettes des garde-barrières. Elle peut aussi être portée par la machine, si celle-ci est en état de rouler, ou être confiée à un train circulant en sens inverse. Enfin, si aucun de ces moyens ne peut être employé, elle est portée au pas de course jusqu'à la gare la plus voisine, qui la transmet, par télégraphe, à la gare de secours <sup>(1)</sup> dont l'intervention est nécessaire.

La gare chargée de transmettre la demande peut, dans certains cas, prendre des mesures préliminaires : par exemple, si elle a un train garé dont elle peut utiliser la machine pour remorquer le train en détresse, elle le fait avant de demander une nouvelle machine pour son propre train.

Une fois la demande lancée, les agents du train prennent des mesures pour faciliter le travail de la brigade de secours. S'ils parvenaient à mettre le train en état de rouler, il leur est défendu de le mettre en marche dans la direction suivant laquelle le secours doit venir. Il leur est défendu de demander du secours dans deux directions à la fois.

**Circulation accidentelle à voie unique sur une ligne à double voie.** — Souvent, un déraillement a pour conséquence, la circulation sur la voie obstruée étant impossible pendant un certain temps, que le mouvement des trains doit se faire provisoirement à voie unique, sur une section d'une ligne à double voie. Des mesures spéciales sont alors nécessaires pour prévenir une rencontre de trains.

Le chef de station qui reçoit avis de l'accident met immédiatement à l'arrêt les signaux couvrant sa gare du côté opposé à l'obstacle, ainsi que les signaux de sortie dans la direction de celui-ci. Il se met ensuite en rapport avec la première station située de l'autre côté de l'obstacle et échange avec celle-ci, suivant des formules prescrites, des télégrammes pour se mettre d'accord sur la marche à voie unique. La seconde station agit, quant à ses signaux, comme la première.

---

(1) Dans toutes les gares d'une certaine importance se trouvent une ou plusieurs machines de « planton », c'est-à-dire des locomotives en feu, prêtes à aller prendre la place d'une machine qu'une avarie subite empêche de continuer son service de remorque. Dans les gares où il y a un dépôt de locomotives, se trouve un wagon de secours, renfermant les outils et les agrès nécessaires à la remise sur rails des machines ou wagons déraillés. Une brigade spéciale, recrutée parmi les ouvriers de l'atelier, est attachée à ce wagon qui, lorsqu'il se déplace, est généralement accompagné d'un pilote. La machine conduisant le wagon de secours s'arrête à toutes les stations où peuvent s'effectuer des croisements de trains et le pilote prend, dans chacune de ces stations, l'ordre écrit d'avancer jusqu'à la gare suivante.

L'accord étant établi, l'expédition des trains se fait selon les formalités suivantes : aucun départ ne peut avoir lieu de l'une des deux stations sans qu'il soit autorisé par un télégramme émané de l'autre. Celle des stations qui a deux ou plusieurs trains prêts à partir peut demander par un seul et même télégramme mentionnant les numéros de ces trains, l'autorisation de les expédier successivement. Cette autorisation est accordée toutes les fois que la mise en marche successive de ces trains n'est pas de nature à occasionner de grands retards à ceux qui se présentent en sens inverse ou à donner lieu à d'autres inconvénients. Aucun train ne peut partir de l'une des deux stations sans que le chef-garde ait reçu un ordre écrit de circulation accidentelle à voie unique délivré par le chef de gare.

Lorsque les communications télégraphiques sont coupées entre les stations extrêmes de la section sur laquelle le mouvement doit se faire à voie unique, on organise le pilotage (voir p. 271). On agit de même, les communications télégraphiques restant établies, lorsque l'on reconnaît que ce mode d'exploitation est préférable, à raison de la durée de l'obstruction de la voie principale. Le pilote est désigné par la gare d'où les trains peuvent être expédiés à voie normale.



## CHAPITRE XXVII

# L'ORGANISATION DU SERVICE DES TRAINS

---

L'organisation du service des trains comporte trois problèmes essentiels : a) la détermination, pour chaque ligne, des catégories et du nombre de trains à mettre en circulation, ce que l'on peut appeler l'économie du service des trains ; b) l'étude des horaires ; c) la détermination de la composition des trains et l'organisation de l'utilisation du matériel de transport.

### I. — L'ÉCONOMIE DU SERVICE DES TRAINS

**Nombre et catégories de trains.** — Les trains, qu'ils soient de voyageurs ou de marchandises, se subdivisent, quand on considère l'économie du service, en trois catégories : les trains réguliers, les trains facultatifs et les trains extraordinaires.

*Les trains réguliers* sont mis en marche, tous les jours, sans formalité spéciale, quelle que soit l'importance du trafic à assurer.

*Les trains facultatifs* sont prévus au livret des trains et ont un horaire fixé d'avance, comme les trains réguliers ; ils ne sont mis en marche que si l'importance du service le commande.

*Les trains extraordinaires* sont des trains *supplémentaires* ou des trains *spéciaux*. Les *trains supplémentaires* se rencontrent principalement dans le service à voyageurs et sont mis en marche les jours où l'affluence des voyageurs est particulièrement grande (les dimanches et jours fériés, les jours de bourse, la veille d'une grande fête) ; ils ont généralement le même itinéraire que les trains réguliers qu'ils doublent. Les *trains spéciaux* sont caractérisés en ce qu'ils circulent en dehors des itinéraires prévus au livret des trains. Dans cette catégorie se rangent les *trains de plaisir et d'excursion*, les *trains de troupes*, les *trains de secours*, les trains pour *certaines transports spéciaux* (matériel et animaux d'un cirque, d'une ménagerie, etc.). La plupart des administrations font rouler régulièrement des trains supplémentaires, pendant une période donnée de l'année, soit tous les jours, soit à certains jours de la semaine. C'est le cas, sur l'Etat belge, des trains de voyageurs, en été, vers Spa et les villes de la plage, et des trains de marchandises, pour les transports de betteraves, pendant la campagne sucrière.

Presque tous les trains de *voyageurs* sont des trains réguliers ; il ne pourrait guère en être autrement. Le nombre qu'on en met en circulation sur chaque ligne ne descend pas, en général, au-dessous de trois par jour, dans chaque sens. Sur les petites lignes, on n'organise que des trains omnibus, ce qui contribue à diminuer le nombre des trains. Il n'en est pas de même sur les grandes lignes, où le nombre nécessaire ne résulte pas seulement de l'importance numérique des voyageurs, mais encore de ce qu'il faut mettre à la disposition de ceux-ci des trains de différentes espèces : express, directs, omnibus. En ce qui concerne ces derniers, on s'efforce d'en ramener le nombre au strict

minimum et d'y affecter soit du matériel léger, soit, quand il s'agit de petits embranchements, des voitures automobiles. Lorsque la ligne est longue, on évite les trains omnibus la parcourant d'une extrémité à l'autre, les trains de l'espèce ayant l'inconvénient d'être mal utilisés ; la clientèle des voyageurs allant de bout en bout leur échappe et, dans un grand nombre de stations, les heures de leurs arrêts ne sont pas convenables. De plus, leurs retards s'accumulent tout le long de la route et font qu'ils contrarient la marche des trains rapides et remplissent mal leur rôle d'alimentateurs pour ceux-ci.

Sur chaque réseau, le règlement d'exploitation limite le nombre de véhicules ou d'essieux pouvant entrer dans la composition des trains de voyageurs (voir chap. XIX, p. 7). La vitesse commerciale de ceux-ci oscille entre 75 et 80 kilomètres pour les trains rapides, 60 à 65 kilomètres pour les trains directs et 35 à 40 kilomètres pour les trains omnibus.

Dans le service à *marchandises*, les trains facultatifs et les trains spéciaux jouent un rôle beaucoup plus important que dans le service à voyageurs ; l'exploitant dispose ici d'une plus grande liberté quant à la mise en marche des trains et le recours aux trains facultatifs et spéciaux lui permet d'ajuster plus exactement ses dépenses à l'importance du trafic. Comme trains réguliers, on compte les trains de messageries et de détail, les trains omnibus et un nombre strictement limité de trains directs et de transit. Les horaires doivent être combinés de telle sorte que les trains omnibus servent de collecteurs et de distributeurs pour les trains directs et que ceux-ci remplissent le même office à l'égard des trains de transit.

Sur les sections à faible trafic, on n'organise généralement que des trains omnibus, affectés à la fois au transport de grosses marchandises et de marchandises de détail ; le plus souvent, il suffit d'un train de l'espèce dans chaque sens, par jour. Sur les autres lignes, le nombre des trains omnibus dépasse rarement deux dans chaque sens ; on leur assigne des trajets limités et on leur donne comme terminus des gares dont le trafic local est assez important ou dans lesquelles aboutissent différentes lignes.

Afin d'éviter des manœuvres répétées et coûteuses, les gares à grand trafic forment autant que possible des trains de transit ou des trains directs effectuant leurs parcours sans subir aucune modification ou n'ayant à laisser et à prendre de wagons que dans quelques gares intermédiaires. A cet effet, le réseau doit disposer de gares de formation de grande capacité, pouvant contenir les wagons rassemblés pendant un intervalle de 8 à 12 heures.

Le système des trains directs n'assure les effets économiques que l'on en attend que pour autant que ces trains roulent à charge complète. Pour atteindre ce résultat, les livrets de marche allemands ne prévoient, en fait de trains réguliers, que le nombre nécessaire pour un trafic un peu supérieur à la moitié du trafic moyen de l'année. Le reste est transporté par trains facultatifs ou spéciaux, dont la mise en marche ne peut se faire, sur certains réseaux, qu'avec l'autorisation du directeur de service compétent.

La double traction peut éviter, dans certains cas, la circulation d'un train facultatif ou d'un train spécial. On ne doit toutefois recourir à ce moyen que pour autant que la seconde machine puisse recevoir sa charge entière, ce qui n'est pas le cas lorsque la charge des deux machines comporte plus de wagons que le train ne peut en prendre en vertu des instructions.

Les vitesses moyennes admises pour les trains de marchandises sont : 40 à 45 kilomètres pour les trains dits rapides (messageries, marées, comestibles) ; 30 à 35 kilomètres pour les trains directs et omnibus. Sur les lignes anglaises, on donne généralement une charge réduite aux trains directs, afin de pouvoir accélérer leur marche, et les intercaler plus facilement entre les trains de voyageurs. Sur les lignes américaines, on organise, pour les longs parcours, des trains de 2000 à 3000 tonnes et leur

vitesse n'est souvent que de 16 kilomètres à l'heure. Sur l'Etat prussien, on ne dépasse pas une vitesse de 30 kilomètres pour les trains de marchandises à charge complète. Afin d'augmenter la vitesse commerciale, on roule très lentement sur les rampes et à la plus grande vitesse permise sur les pentes. On estime que le bénéfice réalisé de la sorte, au point de vue de l'usure des machines, de la rotation plus rapide des wagons et de l'accroissement de la charge des trains, dépasse sensiblement la dépense plus forte que l'on doit faire pour le freinage.

L'organisation du service des trains aux Etats-Unis (1) diffère sensiblement de l'organisation sur les réseaux européens. Les trains y sont groupés en deux catégories : d'un côté les « regulars » et les « extras » (les réguliers et les supplémentaires), de l'autre les « wilds » (les irréguliers), qui correspondent à nos facultatifs. Les regulars et les extras roulent, comme en Europe, d'après des horaires prévus et combinés d'avance ; tous les trains de voyageurs et les trains de marchandises à grande vitesse (transportant le bétail sur pied, les viandes fraîches, les fruits et les légumes) appartiennent à cette catégorie. Quant aux wilds, qui forment la majorité des trains de marchandises, ils sont mis en marche, comme nos trains spéciaux, d'après des horaires improvisés. A cet effet, les lignes sont subdivisées en sections de 150 à 200 kilomètres, dans lesquelles des agents spéciaux, les « train dispatchers », règlent le mouvement. Un train étant préparé, dans une station, pour une direction déterminée, le dispatcher en autorise l'expédition et prescrit la vitesse à laquelle il doit rouler. Un carnet de marches-types, dont sont munis les conducteurs et les mécaniciens, donne, pour cette vitesse, le temps alloué pour aller d'une station à l'autre et permet aux intéressés de savoir, d'après ce qu'on nomme le « right of way » (le droit à la voie) quels trains doivent se garer pour eux, ou inversement.

Le dispatcher reste constamment en relation avec les agents du train, par l'intermédiaire des chefs de gare ou des agents du télégraphe, de telle sorte que tous les incidents de la marche sont portés à sa connaissance. S'il a un ordre à donner, l'avis télégraphique ou téléphonique en est remis dans une gare au conducteur, qui le lit au mécanicien et se concerta avec lui. A son tour, la gare transmet la réponse des agents et le train ne peut reprendre sa marche que lorsque le dispatcher a répondu « compris ». Depuis quelques années, les trains sont pourvus de postes téléphoniques portatifs que des perches extensibles en bambou permettent de relier à des postes téléphoniques de route installés à demeure le long de la voie et établissant la correspondance avec le dispatcher.

Ce dernier sait donc, à chaque instant, quels sont les trains qui se trouvent sur les lignes de sa section, quelles sont leurs charges et quelles sont les locomotives et les agents qui en assurent la remorque ; il connaît les transports qui sont à laisser et à prendre dans chaque gare. Il peut, selon les nécessités du trafic et selon les incidents et accidents de l'exploitation, décider de la marche et de la composition des trains.

Ce système est adéquat aux conditions particulières des chemins de fer américains. Les distances énormes qui séparent les stations et les retards souvent importants qui en sont la conséquence, la prédominance des lignes à voie unique, l'importance des charges remorquées justifient une organisation moins rigide que celle qui préside à l'organisation des trains sur les réseaux européens.

Depuis quelques années, le « dispatching » est appliqué par un certain nombre de compagnies anglaises, notamment le Midland, le Great Western, le North Eastern, le London and North Western ; mais il n'a été introduit que sur certaines sections et comme un rouage destiné à conjurer le trouble que jetaient les retards des trains rapides dans la marche des trains lents. Ceux-ci, dont le dépassement par les rapides

---

(1) PRIESTLEY : Report on the organisation and working of Railways in America, p. 81.  
Hoff u. SCHWABACH : Nordamerikanische Eisenbahnen, pp. 63-67.



devait se faire dans des stations déterminées par les horaires, y étaient parfois retenus durant plusieurs heures, ce qui allongeait démesurément les prestations du personnel <sup>(1)</sup>.

Comme en Amérique, le dispatcher est en communication, par téléphone, avec toutes les gares, tous les points de croisement et d'évitement, tous les dépôts de locomotives de la section à laquelle il commande. Un tableau, installé dans sa cabine, lui permet de suivre la marche de chaque train de marchandises et de chaque locomotive haut-le-pied circulant dans sa circonscription. Sur ce tableau, les lignes sont représentées par des rubans métalliques, posés de champ ; des plaques en laiton indiquent les stations, les grues, les mines et les établissements raccordés ; des cavaliers agrafés aux rubans figurent les locomotives et les trains en circulation. Chaque fois qu'un de ceux-ci atteint ou franchit un des postes avertisseurs avec lequel la cabine est en communication, un agent de ce poste le signale par téléphone et le cavalier représentant le train ou la machine est déplacé.

En suivant sur le tableau la marche d'un train, le dispatcher peut fixer d'une manière précise le moment où la locomotive qui le remorque sera à destination et, le cas échéant, assigner à celle-ci un autre service finissant avant l'heure de sa rentrée au dépôt. S'il prévoit que le parcours que doit faire telle machine ne sera pas terminé avant l'heure régulière, il accélérera sa marche en supprimant des arrêts ou en la faisant passer d'une voie lente sur une voie rapide. En cas d'accident ou de voie obstruée, il pourra détourner le trafic et rétablir rapidement le service normal lorsque l'obstacle n'existera plus. Comme le dispatcher américain, il est informé, par les stations, du nombre de wagons chargés ou vides qu'elles ont à expédier et il a la faculté de faire rouler des trains facultatifs et d'organiser des trains spéciaux.

Le dispatching-system a été introduit par les Américains sur une section du réseau de l'Orléans pendant la guerre ; il a été appliqué ensuite sur différentes lignes des autres grands réseaux français. En Belgique, il a été mis en service sur trois grandes lignes partant de Bruxelles, celles qui sont les plus exposées à souffrir d'encombrement dans les périodes difficiles.

Le rôle du dispatcher tel qu'il est compris sur le continent diffère de celui du dispatcher américain. Dans les exploitations européennes, le mouvement des trains est entièrement sous le contrôle des chefs de station ; le dispatcher, qui est en relation avec eux, fait office d'agent de liaison, centralisant toutes informations utiles, les transmettant aux gares et aux postes intéressés et intervenant dans l'organisation et l'expédition des trains à titre de conseil. Il dispose d'une autorité morale que lui vaut sa situation d'agent complètement informé ; en Belgique, cette autorité se trouve renforcée du fait que le dispatcher fonctionne dans les bureaux du chef de service commandant à un groupe de l'exploitation.

Les appareils de communication comprennent une ligne téléphonique à deux fils reliant tous les postes de la section au poste principal où se trouve le dispatcher. Celui-ci dispose de *clés de sélection* correspondant chacune à un poste et qu'il lui suffit de tourner pour appeler le poste avec lequel il désire communiquer. A chaque poste sont installés un appareil téléphonique et un *sélecteur* en dérivation sur la ligne. En tournant une clé de sélection, l'opérateur envoie sur la ligne une série de courants pulsatoires groupés en plusieurs *trains d'impulsions* suivant un rythme particulier au sélecteur correspondant. Les sélecteurs sont conçus de telle sorte que chacun d'eux n'est sensible qu'à une seule combinaison de trains d'impulsions ; le sélecteur traversé par la combinaison de courants appropriée établit un contact qui fait tinter la sonnerie d'appel du poste. Une clé spéciale permet à l'opérateur d'appeler tous les postes en même temps pour

---

<sup>(1)</sup> *Bulletin du Congrès des Chemins de fer*, juillet 1913. — *Zeitung des Vereins*, 1913, p. 775. — *Génie Civil*, n° 16, du 14 avril 1921, p. 335.

leur faire une communication collective. Il est possible également de réaliser des appels groupés de manière à pouvoir transmettre des communications à un certain nombre seulement de stations choisies. Le dispatcher est en outre en relation avec les dépôts de locomotives intéressés à la marche des trains parcourant la section et avec les stations importantes points de départ ou d'arrivée de ces trains.

En France et en Belgique, le dispatcher, qui est informé par les stations de toutes les arrivées et de tous les départs, trace un graphique réel de la marche du train en repérant leurs positions successives sur un canevas dans la même forme que les documents officiels établis pour les horaires prévus. Ce graphique révèle immédiatement toutes les irrégularités et fait découvrir facilement les erreurs commises. Il permet de juger d'un coup d'œil de l'influence qu'aura le retard d'un train, d'indiquer aux stations le moment opportun pour effectuer des manœuvres, pour utiliser les voies de garage, etc. La transmission par téléphone des avis relatifs aux retards des trains, à la mise en marche de trains extraordinaires et à différents incidents de service allège la tâche du télégraphe en supprimant de nombreux télégrammes de service. Les appareils du dispatching servent aussi à la transmission des signaux horaires.

**Capacité de circulation des lignes.** — Le nombre de trains à mettre en marche résulte de l'importance du trafic ; il est limité par la capacité de circulation des lignes sur lesquelles les transports doivent s'effectuer.

Sur une ligne à voie unique, on ne peut, par suite de la nécessité des croisements, mettre en marche qu'un nombre assez limité de trains dans les deux sens. On admet que ce nombre ne peut pas dépasser 24 à 28, par journée de 24 heures, au total ; aller au delà, c'est s'exposer à voir le moindre retard d'un train désorganiser la marche de tous les autres et faciliter, de la part des agents des gares, des erreurs pouvant entraîner les accidents les plus graves.

La capacité d'une ligne à double voie dépend de la vitesse des trains, de l'aménagement des gares, et de la disposition des croisements des lignes, du système adopté pour maintenir l'espacement entre deux trains consécutifs. En ce qui concerne la vitesse, on peut dire que moins le service des trains d'une ligne est homogène, c'est-à-dire plus les écarts de vitesse sont grands entre les différents trains qu'il comporte (voyageurs rapides, voyageurs ordinaires, marchandises), moins élevé est le maximum de trains qu'on peut y mettre en marche. Des stations trop petites pour les opérations qui doivent s'y exécuter (échange de wagons, garages, prises d'eau, etc.), des croisements à niveau, constituent des obstacles à une exploitation intensive. Enfin, les lignes sur lesquelles l'espacement des trains est déterminé d'après le système de l'intervalle de temps ont une capacité de circulation moins grande que celles qui sont exploitées par le block-system.

D'après M. Maison, la capacité peut atteindre 200 à 300 trains par jour sur chaque voie parcourue, si la ligne est relativement courte et si les trains circulent à des vitesses peu différentes. Ce nombre se réduit à 120 et 100 sur les lignes longues, à stations rapprochées, sur lesquelles circulent des trains de toute nature, depuis les rapides jusqu'aux trains de marchandises. En augmentant la vitesse des rapides, sans accroître celle des trains de marchandises, on réduit la capacité de la ligne.

**Prix de revient des trains.** — Parmi les différentes catégories de dépenses qui interviennent dans le coût des trains, il en est certaines, notamment les dépenses proprement dites de ceux-ci et les dépenses d'entretien de la voie, qu'il est possible de ventiler avec une précision suffisante pour que l'importance puisse en être calculée pour chaque espèce de convois : voyageurs express, voyageurs ordinaires, mixtes et marchandises. Par contre, il en est toute une série : dépenses d'entretien et de renou-

vement des bâtiments et installations fixes, dépenses des services multiples des gares, frais généraux, charges financières autres que celles du capital engagé dans le matériel roulant et la voie qui ne peuvent être réparties avec la même exactitude. Il en résulte que les exploitations de chemins de fer se trouvent dans l'impossibilité de calculer exactement le prix de revient ni du train-kilomètre, ni de l'essieu-kilomètre, ni du voyageur-kilomètre, ni de la tonne-kilomètre. La plupart se bornent à déterminer la partie du prix que leurs statistiques permettent d'établir avec précision et s'appuient sur les chiffres ainsi obtenus pour faire une ventilation plus ou moins approximative des dépenses totales.

Aux chemins de fer de l'Etat saxon (1), les dépenses proprement dites des trains et les dépenses d'entretien et de renouvellement de la voie sont d'abord rapportées aux quatre catégories de trains, ce qui (pour l'exercice 1901) conduit aux chiffres ci-dessous :

*Par train-kilomètre en pfennigs*

	Voyageurs			Marchan- dises
	Express pf.	ordinaires pf.	Mixtes pf.	
Traction .....	76,8	77,8	88,9	93,6
Trains et personnel des trains .....	43,0	36,9	48,1	61,6
Entretien et renouvellement de la voie .	65,7	42,2	33,2	47,1
Intérêt du matériel d'exploitation .....	23,2	9,3	11,1	33,4
Dépenses des trains, d'entretien et de renouvellement de la voie .....	208,7	166,2	181,3	235,7

Le poste « traction » comprend toutes les dépenses du service de traction : entretien et renouvellement des locomotives, salaires des machinistes et chauffeurs, dépenses en combustibles, matières de graissage, eau d'alimentation, dépenses pour la visite, le lavage, la nettoyage et l'allumage des locomotives. Le poste « trains et personnel des trains » comprend les dépenses d'entretien et de renouvellement, de graissage, de chauffage et d'éclairage du matériel de transport, les salaires du personnel des trains, de la visite, etc. Les intérêts sont comptés à 3 ½ % du capital engagé.

La répartition des frais d'entretien et de renouvellement de la voie est faite, entre les différentes catégories de trains, au prorata des tonnes-kilomètres et du carré de la vitesse fondamentale de chaque catégorie (70 kilomètres pour les trains express, 50 pour les trains de voyageurs ordinaires, 35 pour les trains mixtes et les trains de marchandises).

Le montant des dépenses des trains et de l'entretien de la voie représente 44,6 % des dépenses totales. On admet que les autres dépenses puissent être ventilées sur le même pied que les précédentes, avec une correction en ce qui concerne les trains express ; la part des dépenses afférentes aux gares étant beaucoup moins importante pour ceux-ci que pour les autres catégories de trains, on réduit de 20 %, avant de faire

(1) *Zeitung des Ver. Deutsch. Eisenb. Verwall.*, 1904, p. 609.



le calcul, le chiffre (208,7 pf.) trouvé pour eux dans le calcul préalable. Dans ces conditions, le prix de revient du train-kilomètre s'établit comme suit :

Trains de voyageurs express :	$\frac{167,0 \times 100}{44,6} = 3,74 \text{ m.} = 4,67 \text{ francs}$
Trains de voyageurs ordinaires :	$\frac{166,2 \times 100}{44,6} = 3,72 \text{ m.} = 4,65 \text{ »}$
Trains mixtes :	$\frac{181,3 \times 100}{44,6} = 4,06 \text{ m.} = 5,07 \text{ »}$
Trains de marchandises :	$\frac{235,7 \times 100}{44,6} = 5,28 \text{ m.} = 6,60 \text{ »}$

Les chemins de fer du Wurtemberg <sup>(1)</sup> procèdent comme l'Etat saxon, sauf qu'ils n'apportent aucune correction au chiffre obtenu pour les trains express. En 1899, les dépenses proprement dites des trains et les dépenses d'entretien et de renouvellement de la voie y représentaient 54,6 % des dépenses totales. Le prix de revient du train-kilomètre s'établissait comme suit pour chacune des catégories de trains.

Trains de voyageurs express :	$\frac{181,6 \text{ pf.} \times 100}{54,6} = 3,32 \text{ m.} = 4,15 \text{ francs.}$
Trains de voyageurs ordinaires :	$\frac{143,6 \text{ pf.} \times 100}{54,6} = 2,63 \text{ m.} = 3,29 \text{ »}$
Trains mixtes :	$\frac{142,7 \text{ pf.} \times 100}{54,6} = 2,61 \text{ m.} = 3,26 \text{ »}$
Trains de marchandises :	$\frac{225,2 \text{ pf.} \times 100}{54,6} = 4,12 \text{ m.} = 5,15 \text{ »}$

Appliquant la même méthode aux résultats des chemins de fer prussiens, M. Esch <sup>(2)</sup> a trouvé que, pour l'exercice 1906, les dépenses proprement dites des trains et les dépenses d'entretien de la voie se montaient, par train-kilomètre, à 112,73 pf. pour les trains de voyageurs express, 100,62 pf. pour les trains de voyageurs ordinaires, 93,57 pf. pour les trains mixtes, 175,05 pf. pour les trains de marchandises, ce qui, les dépenses considérées représentant 42,6 % des dépenses totales, donne comme coût net :

	Train-kilomètre	Essieu-kilomètre
Train de voyageurs express . . . . .	3,30 francs	13,29 centimes
» ordinaires . . . . .	2,95 »	13,67 »
Trains mixtes . . . . .	2,74 »	17,51 »
Trains de marchandises . . . . .	5,12 »	8,30 »

Un calcul du même genre appliqué avant 1914 au réseau de l'Etat belge a donné les résultats ci-après :

<sup>(1)</sup> *Zeitung des Ver. deutscher Eisenbahnverwaltungen*, 1902, p. 1391.

<sup>(2)</sup> Esch : Ueber den Einfluss der Geschwindigkeit der Beförderung auf die Selbstkosten der Eisenbahnen.

Coût net du train-kilomètre voyageurs .....	3,3123 francs
» » marchandises .....	5,4168 »
Prix de revient (charges financières comprises) du voyageur-kilomètre .....	2,9951 cent.
Prix de revient (charges financières comprises) de la tonne-kilomètre .....	3,0856 »

II. — L'ÉTUDE DES HORAIRES

**Le graphique.** — L'étude d'un service de trains sur une ligne déterminée (Bruxelles-N.-Malines-Anvers, par exemple), se fait au moyen d'un graphique.

Le graphique est un tableau à deux axes de coordonnées (fig. 311) : sur l'axe

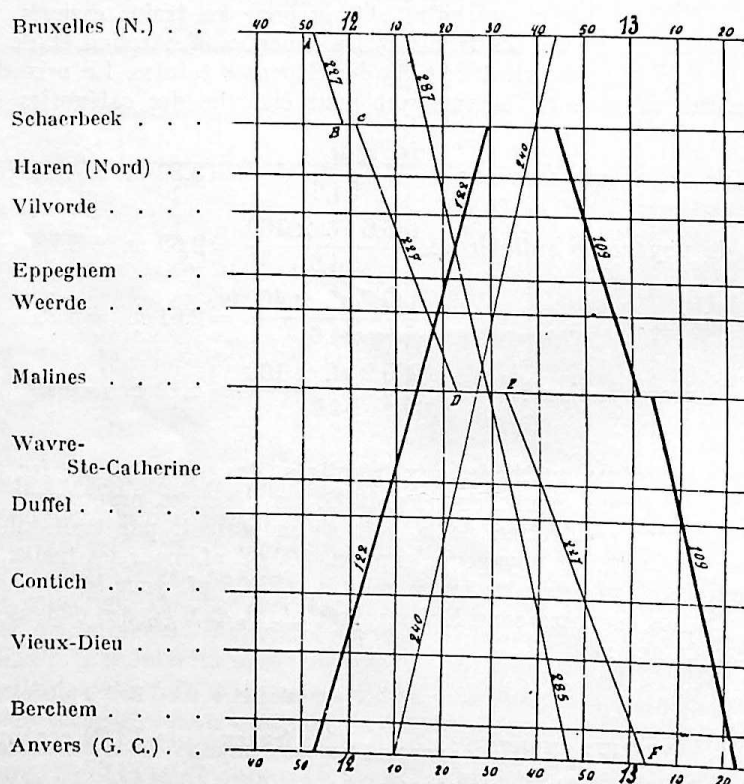


FIG. 311

horizontal, on porte les heures de minuit à minuit, en adoptant une échelle de 5 à 10 centimètres par heure ; le long de l'axe vertical, on inscrit, dans l'ordre où elles se suivent et à des écartements proportionnés aux distances qui les séparent, les stations et les haltes. La marche d'un train peut alors être représentée par une ligne ABCDEF continue entre deux arrêts consécutifs et se décalant, à chaque arrêt, d'un écart égal à la durée du stationnement.

Le même tableau représente les trains des deux directions : les trains 227, 285, 109, par exemple, de Bruxelles à Anvers et les trains 122 et 240 d'Anvers vers Bruxelles.

L'on suppose, ce qui ne se vérifie guère dans la réalité, que la vitesse est uniforme d'une station d'arrêt à la suivante ; le trait est donc en ligne droite d'une station d'arrêt à l'autre, et il s'incline d'autant plus sur l'horizontale que la vitesse est moindre.

Pour une ligne à double voie, les traits de l'une des directions peuvent couper en un point quelconque les traits de l'autre direction, les trains se croisant aussi bien en pleine voie que dans une gare ; il n'en est pas de même sur une ligne à simple voie, où les traits doivent se couper sur une horizontale correspondant à une station. Quant aux traits représentant des trains de même sens, ils ne peuvent, tant sur une ligne à double que sur une ligne à simple voie, se rejoindre que sur les traits horizontaux correspondant aux stations ou de points de dépassement en pleine voie. Dans le graphique ci-dessus, le train 227 stationne à Malines de 12 h. 23 à 12 h. 33 et y est dépassé par le train-bloc 285, qui, parti de Bruxelles à 12 h. 13, c'est-à-dire 20 minutes après le 227, arrive à Anvers à 12 h. 47, seize minutes avant lui.

On adopte des traits différents et parfois des couleurs différentes pour les diverses catégories de trains. Dans les graphiques de l'Etat belge, les trains de voyageurs sont représentés par des traits noirs, qui sont forts pour les trains internationaux (les trains 109 de Bruxelles à Amsterdam et 122 d'Amsterdam à Paris), et faibles pour les autres ; les trains de marchandises, les trains pour le service de la route et les locomotives haut-le-pied sont figurés en traits verts, les premiers (les trains de marchandises) en traits continus, les autres en traits interrompus.

Différentes inscriptions sont faites en marge des graphiques, afin de faciliter le travail des agents chargés de l'établissement des horaires. Sur ceux de l'Etat belge, on trouve : les distances en mètres de station à station et les distances cumulées à partir de la station de départ ; le profil en long, avec la longueur des pentes et des rampes ; l'emplacement, la direction et le rayon des courbes de moins de 500 mètres ; l'emplacement et la longueur des tunnels ; la position des postes de block et les distances qui les séparent ; l'emplacement (à droite et à gauche), le mode d'accès (entrée directe ou rebroussement) et la capacité des voies de garage des stations secondaires ; l'indication des stations à prise d'eau, à plaque tournante pour locomotives (avec le diamètre de la plaque), à locomotive de planton et à wagon de secours.

**Le tracé des graphiques.** — L'établissement des graphiques suppose que les horaires types soient déterminés, c'est-à-dire que, pour chaque type de machine et pour chaque ligne sur laquelle ce type doit être utilisé, on ait fixé, selon les charges, les durées de parcours, de station à station, des différentes catégories de trains. Il suppose également que l'agent chargé de faire le tracé connaisse : 1° les règles à observer pour l'espacement des trains sur la ligne à parcourir ; 2° les instructions relatives à la circulation des trains sur les lignes à voie unique ; 3° les particularités du réseau et du matériel auxquelles doivent se plier la composition et la marche des trains, notamment les longueurs anormales de certains quais et de certaines voies d'évitement, les points où des lignes se croisent à niveau, la capacité des tenders en eau et en charbon.

La marche des trains doit être tracée en observant l'ordre de priorité qui leur est attribué selon leur nature et qui veut que les trains de voyageurs aient le pas sur les trains de marchandises, que dans la catégorie des trains de voyageurs, les trains internationaux et de luxe passent avant les trains directs et ceux-ci avant les trains ordinaires, que dans la catégorie des trains de marchandises, les trains de messageries passent avant les trains de transit et ceux-ci avant les trains directs et les trains omnibus.

Les horaires des *trains de voyageurs* doivent être réglés de manière qu'ils permettent la fréquentation des marchés et des écoles, que leurs arrivées et leurs départs correspondent aux heures d'ouverture et de fermeture des chantiers, des ateliers et des bureaux, qu'ils assurent les correspondances aux stations de coïncidence et permettent la manœuvre des voitures directes. A côté de ces considérations qui intéressent le



public, interviennent celles qui résultent des conditions et des nécessités de l'exploitation. L'organisation des trains doit tenir compte de la capacité des gares dont les trains partent et où ils sont formés, des intervalles à observer, entre deux courses consécutives, pour la visite, le nettoyage et l'entretien des rames, du temps nécessaire pour le chauffage préalable par la vapeur, le placement et le renouvellement des chaufferettes, le ravitaillement des calorifères, l'allumage des lampes à gaz ou à huile. L'économie de l'utilisation du personnel, du matériel de traction et de transport doit également être considérée. C'est ainsi que, pour éviter des découchers ou des parcours à vide, on peut être amené à changer ou à déplacer un horaire conçu avec la seule préoccupation des facilités du public. De même, on peut, en réduisant le nombre et la durée des arrêts, éviter des vitesses très élevées, toujours onéreuses.

Sur les lignes à grand trafic, où généralement les trains rapides et directs prédominent, on doit, lorsque la longueur de la ligne est assez considérable, établir des correspondances entre les trains accélérés et les trains lents, de manière à permettre le passage des voyageurs des trains directs ou express aux trains omnibus et réciproquement. Le plus souvent, on fait partir un train omnibus O (fig. 312) avant un train

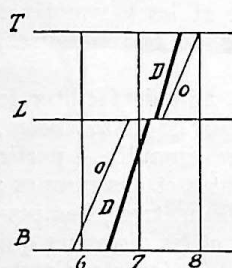


FIG. 312.

direct D et on intervertit leur ordre de succession dans une gare intermédiaire L. Le train O sert ainsi de collecteur pour le train D sur le trajet B-L et de distributeur sur le trajet L-T. On pourrait aussi créer un train qui serait omnibus de B en L et direct de L en T, en le faisant suivre d'un train qui serait direct de B en L et omnibus de L en T ; le premier train précéderait ainsi le second sur tout le parcours de B en T. Ce système est à préconiser lorsque la gare L ne dispose pas de deux voies pour permettre le dépassement du train O par le train D. Il présente l'inconvénient que les voyageurs qui désirent aller en direct de B à T — et ce sont généralement les plus nombreux — doivent changer de train en L et ne disposent pour le faire que de l'intervalle très court entre l'arrivée du train qui les amène et

le précédent par lequel ils doivent continuer.

Dans l'établissement des itinéraires des *trains de marchandises*, on part de cette considération qu'il est essentiel que les wagons soient mis à la disposition des expéditeurs et des destinataires assez tôt pour que les délais de chargement et de déchargement (6 à 12 heures) expirent le jour même ; on tient compte également de ce que certains envois (bestiaux, denrées destinées aux marchés) doivent parvenir à destination à des heures déterminées.

Il résulte de la première considération que le plus grand nombre des trains de marchandises (les trains de messageries et les trains de grosses marchandises) doivent rouler la nuit, ce qui est d'ailleurs désirable au point de vue de la régularité de la marche des trains de voyageurs, dont le plus grand nombre est mis en circulation pendant le jour. Cette règle n'est pas observée pour les trains venant des frontières et dont les wagons passent la visite de la douane, ni pour les trains omnibus et de détail. En faisant rouler ces derniers durant le jour, on évite de devoir organiser le service de nuit dans les petites gares ; de plus, les manœuvres se font plus facilement et en exposant moins la sécurité.

Au point de vue de l'exploitation, le tracé des itinéraires doit tenir compte des exigences du service d'allège (adjonction, retrait et retour des machines), ainsi que de celles du freinage (montée et descente de serre-freins supplémentaires). Le plus souvent, les horaires prévoient le temps de stationnement que les trains omnibus doivent faire dans chacune des gares de leur parcours. Ce système a l'inconvénient de faire perdre du temps dans les stations où il n'y a guère de manœuvres à effectuer. Quelques compagnies se bornent à fixer le temps accordé entre deux points extrêmes, ce temps

pouvant être réparti entre les stations intermédiaires suivant les besoins. En Angleterre, où le block-system est d'usage général, les trains de marchandises peuvent partir en avance sur les heures fixées.

En général, pour les trains de grosses marchandises, on adopte comme principe d'expédier, dès les premières heures de la nuit, les trains à longs parcours et les trains de matériel vide. Suivent ensuite ceux qui effectuent des trajets moins longs et, en dernier lieu, vers la fin de la nuit ou le commencement du jour, les trains omnibus desservant les stations où le service de nuit ne fonctionne pas.

Pour un trafic déterminé, le nombre de trains à faire figurer dans un graphique dépend nécessairement de la charge maximum que l'on assigne à chacun d'eux. Pour les trains de voyageurs on n'admet, par type de locomotive et par espèce de train, qu'un maximum (d'été ou d'hiver) par chaque sens de marche et par ligne, ce maximum étant déterminé pour la section dont le profil est le plus défavorable. Pour les trains de marchandises, les grandes lignes peuvent être sectionnées et les charges maxima, par type de locomotive, sont déterminées de section en section, pour chaque sens de marche (fig. 313). De cette manière, la charge du train peut être mise en rapport avec la puissance du moteur, sur toute la longueur du parcours.

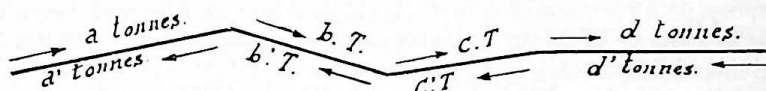


FIG. 313.

Cette adaptation de la charge à la puissance du moteur peut rencontrer un obstacle dans la disposition réglementaire qui limite le nombre de véhicules ou d'essieux des trains. Ainsi, une locomotive capable de remorquer un train de 1500 tonnes ne pourrait pas recevoir sa charge en Belgique, où le nombre des véhicules des trains de marchandises est limité à 60, si l'administration ne disposait que de wagons de 10 tonnes (60 wagons de 10 tonnes chargés ne donneraient qu'une charge de  $15 \times 60 = 900$  tonnes). La charge complète ne pourrait lui être donnée que par un train de 60 wagons de 20 tonnes chargés. L'accroissement de la capacité du matériel de transport doit donc, jusqu'à un certain point, marcher de pair avec l'augmentation de la puissance des machines.

**Conférence des horaires.** — Autrefois, grâce aux conditions très simples du service, les différentes administrations pouvaient fixer les horaires de leurs trains de voyageurs en se mettant d'accord tout au plus avec les administrations voisines. Aujourd'hui que le trafic international exige que les trains traversent plusieurs pays et y aient des correspondances nombreuses, il est nécessaire qu'il se tienne chaque année une conférence internationale des horaires, pour toutes les administrations du continent. En même temps que cette réunion s'en tient une seconde ayant pour objet la fourniture des voitures pour les trains internationaux.

**L'heure.** — Avant 1891, chaque administration établissait des horaires d'après l'heure du pays. Ce système compliquait le tracé des trains internationaux et présentait des inconvénients pour les voyageurs. Aujourd'hui, les horaires s'établissent d'après une convention à laquelle sont rattachés tous les pays de l'Europe, sauf les Pays-Bas, le Portugal, la Russie et la Grèce, et qui n'admet plus que l'heure de l'Europe occidentale, celle de l'Europe centrale et celle de l'Europe orientale.

L'heure de l'Europe occidentale est celle de Greenwich ; elle est adoptée par l'Angleterre, la Belgique, la France et l'Espagne.

L'heure de l'Europe centrale, en avance de 60 minutes sur celle de l'Europe occidentale, est l'heure adoptée par la Norvège, la Suède, le Danemark, l'Allemagne, la Suisse, l'Italie, l'Autriche, la Hongrie et la Turquie occidentale.

L'heure de l'Europe orientale, en avance de 120 minutes sur celle de l'Europe occidentale, est adoptée par la Bulgarie, la Roumanie et la Turquie orientale.

### III. — L'UTILISATION DU MATÉRIEL DE TRANSPORT

Pour assurer le service des trains, il faut disposer du matériel nécessaire. Il ne suffit pas que l'importance de celui-ci corresponde au trafic moyen de l'année ; il faut qu'elle dépasse suffisamment cette moyenne pour que les besoins de l'exploitation puissent être satisfaits dans les périodes de trafic intense.

Le nombre des voitures et des wagons composant le parc d'un chemin de fer doit nécessairement être en rapport avec l'étendue du réseau ; mais il doit dépendre aussi du nombre de trains mis en circulation, de telle sorte qu'il est plus rationnel de l'établir, non par kilomètre exploité, mais d'après le nombre de trains-kilomètres ou, ce qui est plus précis encore, d'après le nombre d'essieux-kilomètres (1). Par exemple, en 1911, les chemins de fer prussiens avaient 19,04 voitures et 235,52 wagons à marchandises par 100.000 essieux-kilomètres ; l'Etat belge avait 18,27 voitures et 281,91 wagons par 100.000 trains-kilomètres.

Pour un même nombre d'essieux-kilomètres, le parc du matériel peut être moins fourni lorsque le parcours moyen du voyageur et de la tonne de marchandise est plus grand. En effet, le total des intervalles de temps entre les périodes d'utilisation effective des voitures et des wagons est moins élevé relativement au total d'essieux-kilomètres sur un réseau à long parcours que sur un réseau à parcours moindre. En France, les Compagnies du P. L. M., du Midi et de Paris-Orléans, sur lesquelles les parcours moyen par voyageur était de 51, de 50,6 et de 50 kilomètres, n'avaient, avant la guerre, que 0,71, 0,68, 0,67 voiture par kilomètre exploité, tandis que la Compagnie du Nord, où le parcours moyen n'était que de 26,82 kilomètres, en avait 1,35. En 1911, l'Etat belge avait 20,12 wagons par kilomètre exploité alors que l'Etat prussien n'en avait que 11,14, ce qui était dû en bonne partie à ce que le parcours moyen de la tonne de grosses marchandises était de 115,7 kilomètres en Prusse et de 83,2 kilomètres seulement en Belgique et que l'Etat prussien transportait plus de tonnes-kilomètres par kilomètre que l'Etat belge.

Dans aucune administration, le parc du matériel de transport n'est suffisant pour satisfaire aux demandes de matériel aux époques où le trafic atteint son maximum d'intensité ; une situation de l'espèce aurait l'inconvénient qu'une fraction assez importante de l'effectif serait immobilisée pendant une grande partie de l'année, encombrerait inutilement les voies des gares et des remises et se détériorerait en pure perte. La difficulté se résoud dans les périodes de fort trafic en agissant sur les facteurs influant sur l'utilisation du matériel, notamment en suspendant provisoirement les réparations, en réduisant les délais de chargement et de déchargement, en accélérant la marche des trains, en allouant des primes de surcharge aux machinistes, en organisant des trains de matériel vide. Les petites exploitations ont recours aux « compagnies auxiliaires des chemins de fer » créées pour la location du matériel.

**Matériel à voyageurs.** — La plupart des administrations ne modifient que deux fois par an le service de leurs trains de voyageurs ; elles ont ce qu'elles appellent le

(1) Il est plus précis de faire le calcul par essieu-kilomètre, parce qu'il y a maintenant — et de plus en plus — à côté des voitures et des wagons à 2 essieux, des voitures et des wagons à 3, à 4 et à 6 essieux.



« service d'été », qui va du 1<sup>er</sup> mai ou du 1<sup>er</sup> juin jusqu'au 30 septembre et le « service d'hiver », qui va du 1<sup>er</sup> octobre au 30 avril ou 31 mai (1). S'il est vrai que l'horaire d'été comprend un plus grand nombre de trains que celui d'hiver (en Belgique, 6 %) et qu'en été beaucoup de trains sont plus chargés qu'en hiver, il est vrai aussi que les besoins de l'un et de l'autre de ces services peuvent être évalués d'avance, de telle sorte qu'une administration prévoyante peut disposer, au moment voulu, du matériel nécessaire. On évite le déficit possible en été, en exécutant en hiver la plus grosse partie des travaux de réfection et de réparation.

Le service du mouvement ne peut compter, pour l'organisation de ses trains, que sur la partie de l'effectif qui est réellement en état de rouler. En Belgique, il ne dispose en temps normal que de 80 % de cet effectif ; 12 % au moins des voitures sont immobilisées dans les ateliers de réparation et 5 % dans les ateliers d'entretien. Des 80 % remis au service du mouvement, une partie variant sur le réseau belge de 25 à 30 % de l'effectif, sert à constituer les rames de réserve dont disposent les stations en vue du remplacement des véhicules avariés et des renforcements éventuels des trains et les rames garées dans les remises pour les besoins extraordinaires des jours de grand mouvement de voyageurs. Le matériel entrant dans la composition des rames en service normal ne dépasse guère 55 % de l'effectif.

Il faut nécessairement que, dans chaque train, il y ait un nombre de véhicules suffisant pour que les voyageurs de chaque classe puissent y trouver place. Il en résulte que le nombre de véhicules d'un train doit être d'autant plus grand que le train comporte plus de classes et plus de compartiments spécialisés (dames, fumeurs, écoliers, ouvriers, chasseurs). Quand il s'agit de trains occupés d'une manière assez uniforme, tels que les trains suburbains et les trains avec un petit nombre d'arrêts, on peut fixer d'une manière assez précise le nombre de véhicules nécessaires et éviter une trop forte proportion de places inoccupées. Il n'en est pas de même des trains à longs parcours et à arrêts fréquents ; ici, l'occupation est soumise à de grandes fluctuations et il faut que la disponibilité des places soit relativement grande.

Une même rame faisant, pendant la journée, plusieurs fois le parcours d'une même ligne ou passant successivement d'une ligne à une autre, sa composition doit être déterminée pour le train le plus occupé parmi ceux auxquels elle est affectée. Or, l'occupation des trains, sur une même ligne, est très différente suivant la nature du train et suivant l'heure de la journée ; de même, elle peut varier suivant le jour de la semaine. Il en résulte, la composition des rames n'étant modifiée que deux ou trois fois au cours de l'année, que l'utilisation du matériel à voyageurs est très réduite et que, dans la plupart des exploitations, les places offertes ne sont utilisées qu'à concurrence de 25 % et moins (en Belgique, 30,67 % en 1912, en Suisse, 31,11 % en 1911, en France, 20,3 % en 1909, en Allemagne, 25,3 % en 1909, en Autriche, 23 % en 1909). Le coefficient d'utilisation varie suivant la classe et suivant l'espèce de train. En Belgique, il est de 10,67 % pour la première classe, de 29,31 % pour la deuxième et de 32,78 % pour la troisième. En 1901, les coefficients ont été les suivants sur les chemins de fer de l'Etat saxon :

	1 <sup>re</sup> classe	2 <sup>e</sup> classe	3 <sup>e</sup> classe
Trains express .....	13,2	24,2	20,4 %
Trains ordinaires .....	11,6	18,3	26,1 %

La répartition des places de première et de deuxième classe dans les voitures mixtes peut contribuer à améliorer le coefficient d'utilisation.

(1) En Belgique, il y a trois horaires : celui du 1<sup>er</sup> février au 31 mai, celui du 1<sup>er</sup> juin au 30 septembre et celui du 1<sup>er</sup> octobre au 31 janvier.

La préoccupation doit être de faire parcourir aux voitures le plus de kilomètres possible. A cet effet, on établit des « roulements de rames », soit qu'on fasse faire au groupe de voitures composant un train un service de navette entre deux stations déterminées (Bruxelles et Anvers, par exemple), soit qu'arrivé d'une direction, on le fasse partir dans une autre et effectuer un circuit. Le parcours utile sera d'autant plus grand que les arrêts des trains dans les gares et les stationnements de la rame entre les courses consécutives seront moins nombreux et de plus courte durée. Certains stationnements doivent, cependant, avoir la durée nécessaire pour que les rames puissent être nettoyées et entretenues et que, s'il y a lieu, des modifications puissent être apportées à leur composition. Il faut aussi qu'entre l'arrivée et le départ, il y ait un battement suffisant pour tenir compte des retards des trains. En 1911, le parcours moyen des voitures de l'Etat prussien a été de 53.063 kilomètres par essieu.

**Matériel à marchandises.** — Le problème de l'utilisation est beaucoup plus compliqué pour le matériel à marchandises que pour celui à voyageurs. Alors que dans le service à voyageurs, les jours d'affluence anormale sont relativement rares et sont toujours connus d'avance, le mouvement des marchandises varie continuellement tant au point de vue de la direction qu'au point de vue de l'importance.

D'une manière générale, le trafic est plus intense — l'inverse du trafic à voyageurs — en automne et en hiver que pendant les mois de l'été. Mais, en dehors de cette inégalité normale, qui affecte le réseau en général, il se produit continuellement, tantôt dans une région, tantôt dans une autre, à des époques prévues et non prévues, une recrudescence des expéditions, qui réclame un grand nombre de wagons dans des stations ou sur des lignes où le trafic est ordinairement faible.

Il arrive fréquemment aussi qu'un courant de transports dans une direction donnée n'est pas équilibré par un courant de même intensité ou de même nature dans la direction inverse. C'est ainsi que, dans les districts charbonniers, l'expédition a généralement une importance beaucoup plus considérable que la réception, alors que dans les grandes villes, c'est l'inverse qui se présente le plus souvent. Il en résulte que, dans les gares où les envois l'emportent sur les arrivages, il faut pour les expéditions plus de wagons qu'il n'en arrive et que, dans celles où l'arrivée est plus importante que le départ, il parvient plus de wagons que le service des expéditions n'en peut utiliser.

Toutes les marchandises ne se transportent pas non plus dans les mêmes wagons : le charbon veut des wagons à haussertes ; les pierres et les grosses pièces de la métallurgie, des wagons plats ; les céréales, les denrées, le bétail, des wagons fermés.

On peut donc dire que, chaque jour, chaque station a besoin, pour ses expéditions, d'un nombre déterminé de wagons qui ne se trouvent pas parmi ceux qu'elle possède et qui doivent lui parvenir d'autres points du réseau et que, chaque jour, elle se trouve en possession d'un certain nombre de wagons inutiles pour ses expéditions et qu'elle peut mettre à la disposition des gares qui en ont besoin. Il est par conséquent nécessaire que, journallement, un service spécial intervienne pour faire la répartition, entre les différentes gares du matériel disponible.

A cette répartition peuvent participer les wagons étrangers se trouvant momentanément sur le réseau et dont l'utilisation est réglementée par des conventions (voir page 294).

En 1910, les Chemins de fer de l'Etat belge disposaient d'un effectif de 80.793 wagons pour le service du public. Pendant la période la plus aiguë des forts transports (deux dernières semaines d'octobre et deux premières de novembre), la demande des expéditions fut en moyenne de 25.275 véhicules par jour et l'offre de l'administration, de 22.419. Avec un effectif 3,2 fois plus fort que la demande, elle ne put satisfaire qu'à 90 % de celle-ci. Vers la même époque, le « Wagenverband » allemand, disposant de 500.000 wagons environ, ne pouvait en charger que 170.000 par jour.

Les chemins de fer doivent donc posséder un effectif beaucoup plus considérable que le nombre de wagons qui leur est journallement demandé aux époques de forts transports. L'importance de l'écart nécessaire résulte, pour une petite partie, de l'immobilisation du matériel dans les ateliers d'entretien et de réparation (2,20 % à l'Etat belge). Elle est due beaucoup plus à ce que la charge utile des wagons reste encore bien au-dessous de la charge dont ils sont capables (en 1912, la charge utile ne fut à l'Etat belge que de 7,64 tonnes pour un tonnage moyen de 12,83 tonnes) et elle provient surtout de la grandeur de la « durée d'emploi des wagons », c'est-à-dire du temps affecté au chargement, au déchargement, aux parcours et aux manœuvres dans les gares, qui s'écoule entre deux utilisations consécutives. La moyenne de cette durée s'éleva à 3,81 jours à l'Etat belge, en 1910 ; en Allemagne, elle fut de 2 ½ à 3 jours pour les wagons couverts, de 3 ½ à 4 jours pour les wagons à hausselles, de 5 à 7 pour les wagons à ranchers et de 7 à 10 pour les wagons à rails.

Il va de soi que les administrations s'efforcent de réduire la durée d'utilisation des wagons. Parmi les wagons utilisés d'une manière courante, il faut citer les perfectionnements des moyens de chargement et de déchargement, l'organisation de trains directs et de transit, l'envoi anticipé des bordereaux d'expédition par des trains de voyageurs ou des trains de marchandises rapides, l'application du système des délais réduits c'est-à-dire l'application d'un tarif spécial réduit aux expéditeurs qui s'engagent à prendre livraison dans un délai plus court que celui prescrit par le règlement général. Parmi les mesures exceptionnelles, mises en vigueur durant la période de trafic intense, figurent : la restriction ou la suppression du repos des dimanches, le chargement et le déchargement pendant l'heure de midi et après l'heure normale de fermeture des gares, l'interdiction d'employer, aux transports en service, des wagons destinés au public, l'organisation de trains spéciaux et directs de matériel vide, l'accélération des réparations et des opérations de désinfection.

**Le service de la répartition des wagons.** — Sur un petit réseau, la répartition des wagons peut être dirigée par un bureau central. Chaque jour, à une heure déterminée, celui-ci est informé des besoins et du disponible de chaque station. Sans grande difficulté, il fait la balance entre les chiffres qui lui parviennent et, très rapidement, il donne les ordres pour que les wagons disponibles soient dirigés, le jour même (généralement pendant la nuit), sur les points où ils sont nécessaires.

Un mécanisme aussi rudimentaire ne suffit pas pour une exploitation plus grande. Il faut, en effet, que toutes les opérations de la répartition : la concentration des chiffres du nécessaire et du disponible, la balance de ces chiffres, les ordres d'expédition du matériel en trop, soient terminées en quelques heures, afin que, dès le lendemain matin, le matériel soit mis, aux endroits voulus, à la disposition des expéditeurs. Or, un organe unique de répartition ne pourrait assez rapidement rapprocher les demandes et les offres, émanant de stations nombreuses et portant sur des wagons de capacité et types très variés. Le travail trainerait en longueur et se ferait souvent sans résultats satisfaisants.

— Sur les chemins de fer affiliés à la Fédération allemande des wagons, trois organes assurent la répartition : a) des bureaux des wagons ; b) des bureaux de répartition ; c) un bureau central répartiteur.

Les lignes sont subdivisées géographiquement en un certain nombre de circonscriptions dont chacune englobe une série déterminée de stations et comprend un *bureau de wagons*. A plusieurs bureaux de wagons correspond un *bureau répartiteur*, situé, lui aussi, à l'intérieur de la circonscription constituée par les bureaux de wagons qu'il domine. Ces bureaux répartiteurs sont au nombre de neuf, établis à Breslau, Bromberg, Hanovre, Francfort, Cologne, Strasbourg, Carlsruhe, Munich et Dresde. Les bureaux répartiteurs sont en rapport avec un *bureau central*, qui se trouve à Berlin.



Tous les matins, chaque gare dresse le relevé des wagons de tout genre qu'elle détient et fixe, d'après les données de ses constatations journalières, le nombre probable des wagons qui arriveront dans l'après-midi et qui seront disponibles le lendemain à midi ; elle tient compte, s'il y a lieu, des wagons réparés qui sortiront des ateliers jusqu'au lendemain. Tous ces wagons sont classés selon leurs types et constituent l'*effectif*. La gare établit, d'autre part, le *nécessaire*, c'est-à-dire le relevé des wagons commandés par les expéditeurs pour être chargés jusqu'au lendemain ; dans ce relevé, les wagons sont également classés par types. Les chiffres de l'effectif et du nécessaire sont télégraphiés à midi au bureau des wagons, qui fait rapidement les totaux des effectifs et des nécessaires de son groupe et en télégraphie les chiffres, par catégories de wagons, avant une heure et quart, au bureau répartiteur dont il relève.

Chaque bureau répartiteur procède comme l'a fait chaque bureau de wagons et télégraphie avant deux heures, au bureau central, les chiffres, par catégories, du nécessaire et de l'effectif de sa circonscription.

Le bureau central rapproche les chiffres qui lui sont parvenus et s'applique à combler les déficits de chaque groupe au moyen des disponibles des autres. Ayant arrêté les mesures nécessaires pour l'équilibre, il fait connaître, par télégraphe ou par téléphone, à chaque bureau répartiteur, le total des wagons vides que son groupe aura à expédier aux différents autres groupes et le total des wagons qu'il recevra de ceux-ci.

Chaque bureau répartiteur procède à la répartition pour sa circonscription et en communique les résultats aux bureaux de wagons qui relèvent de lui. Chaque bureau de wagons parachève la répartition en ce qui le concerne et fait savoir, à chacune des stations avec lesquelles il est en rapport, sur quel point elle doit diriger ses wagons vides.

Les bureaux de wagons reçoivent l'information des bureaux répartiteurs avant 3 h. 45', de telle sorte que les wagons disponibles peuvent être expédiés dans l'après-midi même, rouler la nuit vers leur destination et être mis le lendemain, dès la première heure, à la disposition des chargeurs. Les ordres de répartition doivent être exécutés ponctuellement, même s'ils ont pour conséquence de priver une station des véhicules qui seraient nécessaires pour ses besoins directs.

En déterminant les stations dépendant d'un bureau de wagons et en groupant les bureaux de wagons relevant d'un bureau répartiteur, on s'efforce de constituer des unités en état de satisfaire, autant que possible, à leurs propres besoins ; on simplifie ainsi le travail du bureau central et on réduit les parcours des wagons vides.

Les wagons découverts, pour les transports de charbon et de coke, restent en dehors de l'organisation qui vient d'être décrite. Il importe que ces véhicules, dont un grand nombre transportent leur chargement loin des centres d'extraction du combustible, la Westphalie et la Ruhr, d'une part, la Silésie, de l'autre, fassent retour le plus rapidement possible aux directions (Cologne et Breslau) auxquelles ils appartiennent. Aussi les stations des régions sur lesquelles sont dirigés principalement les envois de charbon ont-elles l'ordre de renvoyer aux districts charbonniers, immédiatement et sans attendre l'intervention du service de la répartition, les wagons déchargés qui ne sont pas nécessaires pour leurs besoins immédiats.

— A l'Etat belge, le service de la répartition est fait par 11 bureaux répartiteurs établis aux sièges des 11 groupes d'exploitation, qui sont en quelque sorte des répartiteurs du premier degré, et un bureau central, établi à Bruxelles au siège de la Direction générale, répartiteur du second degré.

A une heure déterminée de la journée (11 heures), chaque station établit son besoin et son disponible sur un état spécial qu'elle envoie, par un train désigné, au groupe (bureau répartiteur du premier degré) dont elle relève. Les wagons sont classés par catégories. Du côté du disponible, l'état comprend : a) les wagons vides se trouvant

en gare au moment de l'établissement du relevé ; b) les wagons en déchargement ou devant être déchargés ; c) les wagons que la station, se basant sur l'expérience, estime devoir lui parvenir encore dans le courant de la journée et être mis à la disposition des transporteurs dans la journée du lendemain.

Du côté des besoins, l'état indique le nombre de wagons nécessaires pour le lendemain en se basant sur les inscriptions au livre de demandes de matériel.

A partir du moment où elles ont expédié le relevé relatif à leur situation, les stations ne peuvent plus expédier aucun wagon vide avant d'avoir reçu les instructions du lieu répartiteur direct, à moins qu'elles ne soient en possession d'ordres permanents dérogeant à cette prescription.

Au moyen des états fournis par les gares et des indications qui leur sont envoyées par le bureau central, les bureaux répartiteurs des groupes nivellent la situation dans leur circonscription. Ils envoient par télégramme leurs ordres aux stations. Ces ordres doivent parvenir à celles-ci avant 17 heures, afin que les envois prescrits de wagons vides puissent être effectués par les derniers trains de la journée.

En même temps qu'elle dresse l'état pour le bureau répartiteur de son groupe, chaque station en fait un résumé sous forme de carte postale, dans laquelle des fractions correspondant aux diverses catégories de wagons indiquent par leur numérateur le nombre de véhicules existants et, par leur dénominateur, le nombre des véhicules nécessaires. Cette carte est envoyée, par un train de voyageurs ou au besoin un train de marchandises désigné à cet effet, à une station voisine déterminée, appelée chef-lieu de circonscription. Les chefs-lieux de circonscription, qui sont au nombre de 56, totalisent les nombres signalés par les gares et télégraphient les résultats de cette opération au bureau central répartiteur de Bruxelles. Ce dernier totalise pour les différents groupes les chiffres qui lui parviennent de la sorte et attribue les wagons disponibles aux groupes qui en ont besoin, en ayant soin que ses ordres parviennent à destination avant 16 heures. Le bureau répartiteur central a surtout pour rôle de réaliser une répartition équitable et d'éviter que les groupes fournissent surtout des wagons à leurs propres stations, en négligeant les besoins des autres. Quant aux chefs-lieux de circonscription, ils ne font que grouper les renseignements fournis par les stations et rendre plus facile et plus rapide le travail du bureau central de répartition.

Ce système de répartition est complété, comme en Allemagne, par une « distribution par courants ». Ces courants se dirigent vers des points désignés dans un tableau, dressé pour chaque gare, sur lesquels celle-ci expédie d'une manière permanente les wagons disponibles d'un type déterminé. C'est ainsi que, sans attendre l'ordre d'envoi, les stations dirigent les wagons à haussertes sur les centres charbonniers, les wagons plats sur les centres métallurgiques et les carrières, les wagons couverts sur certaines grandes villes et certains centres où se font de grandes expéditions de céréales et de farines.

L'organisation de l'Etat français ne comporte que des « gares de répartition » et un « bureau central ».

Chaque gare doit envoyer, chaque jour, à la gare de répartition dont elle relève, une situation du matériel de petite vitesse, faisant ressortir le matériel en moins, ou demandé, et le matériel en trop, ou disponible. Elle a soin de réduire sa demande dans la limite du possible, en s'appliquant à utiliser le matériel qu'elle reçoit chargé. Le matériel vide devant être utilisé le plus rapidement possible, il est de règle absolue que toute gare qui, dans l'intervalle d'une situation à une autre, se trouve à un moment donné, en possession d'une quantité assez importante de matériel vide dont elle n'a pas l'emploi, doit, de sa propre initiative, aviser sans retard sa gare de répartition et ne pas attendre l'heure à laquelle elle établit ordinairement sa situation pour porter ce matériel à sa disposition. La gare de répartition peut ainsi donner plus rapidement

l'utilisation de ce matériel. De même, dans les cas d'urgence, les gares peuvent faire des demandes de matériel à leur gare de répartition, sans attendre l'envoi de la répartition journalière.

Les gares de répartition font le dépouillement des situations aussitôt après leur réception. Elles combinent les mouvements à effectuer pour satisfaire aux demandes au moyen du matériel disponible, et elles donnent les ordres en conséquence. Elles transmettent ensuite, par télégraphe ou téléphone, à la Répartition centrale, un avis destiné à lui faire connaître la nature et la quantité du matériel manquant et du matériel disponible une fois les opérations intérieures de la circonscription terminées.

Dans la combinaison des ordres, la Répartition centrale, de même que les gares de répartition, s'appliquent à réduire le parcours du matériel et à éviter les mouvements ne pouvant pas être effectués dans les 24 heures. Lorsque la gare qui offre le matériel et celle qui le demande sont très éloignées l'une de l'autre, la gare de répartition examine s'il n'est pas possible de faire une commande d'office à une gare intermédiaire, à laquelle le matériel disponible sera envoyé en remplacement. Il y a ainsi deux mouvements simultanés dont l'exécution est plus rapide qu'un mouvement unique à grande distance.

**Echanges de matériel entre réseaux.** — Les règles des échanges de matériel entre exploitations voisines sont différentes suivant qu'il s'agit de matériel à marchandises ou de matériel à voyageurs. Alors que l'échange de wagons est d'importance et d'espèce essentiellement variables et ne peut se faire que sur la base de conventions générales, l'échange des voitures a toujours lieu pour des véhicules, des parcours et des trains déterminés et se fait nécessairement d'après des conventions particulières.

**Matériel à voyageurs.** — Ce sont presque toujours des voitures isolées, roulant dans des trains internationaux, qui passent d'un réseau sur l'autre. Les conditions d'emploi de ces voitures sont fixées le plus souvent dans les conférences internationales des horaires, qui réunissent annuellement au printemps (pour l'organisation du service d'été) et en été (pour le service d'hiver) les délégués des différentes exploitations de l'Europe continentale. Généralement, l'entente s'établit dans des conditions telles que les prestations d'un réseau se compensent par celles de l'autre. (Par exemple, les voitures directes d'Ostende à Bâle sont fournies par l'Alsace-Lorraine et l'Etat belge, de manière que le total des parcours des voitures françaises sur les lignes belges soit égal au total des parcours des voitures belges sur les lignes de France).

Il arrive aussi, en France notamment, que des trains entiers passent d'un réseau sur l'autre, les trains changeant simplement de machine à la gare de jonction. Dans ce cas, les administrations exploitantes s'entendent encore afin qu'il y ait équilibre des prestations.

**Matériel à marchandises.** — Différentes conventions établissent les règles d'échange du matériel à marchandises entre les réseaux d'un même pays et entre les réseaux situés en des pays différents. Plusieurs des conventions conclues entre administrations d'un même pays prévoient la mise en commun de leur matériel à marchandises. En Allemagne, s'est constitué, par convention du 20-21 novembre 1908, le « *Deutsch Staatsbahnwagenverband* », englobant les chemins de fer de tous les Etats de l'Empire en une fédération au sein de laquelle chaque réseau peut librement utiliser les wagons des autres comme s'ils étaient sa propriété (1). En Suisse existe depuis longtemps une

(1) *Deutsche Eisenbahnwesen der Gegenwart*, chapitre XXIV.



association dite du matériel suisse constituée pour l'usage en commun du matériel à marchandises. Un système analogue a été instauré en France après la guerre.

Entre administrations appartenant à des pays différents du continent européen, il existait notamment : 1<sup>o</sup> le règlement pour l'emploi réciproque du matériel sur les lignes des administrations de chemins de fer faisant partie de l'Union Internationale, avec, comme complément, le règlement concernant l'unité technique des chemins de fer, élaboré en 1907 par la Troisième Conférence de Berne et déterminant les conditions techniques d'admission à l'échange ; 2<sup>o</sup> le règlement dit de l'« Union allemande-italienne » (I. W. R.) auquel adhéraient aussi des chemins de fer appartenant à d'autres pays ; 3<sup>o</sup> le « Vereins-wagen-übereinkommen » (V. W. U.), régissant les échanges de wagons entre l'Allemagne et différents pays. Ces deux derniers ont été remplacés, en 1921, par le nouveau règlement pour l'emploi réciproque des wagons en trafic international (R. I. V), édition de Stresa, élaboré par l'Union Internationale du wagon.

Les administrations contractantes sont obligées d'accepter les wagons chargés présentés à l'échange, pourvu qu'ils satisfassent aux conditions techniques de la Convention de Berne, et de les laisser continuer jusqu'à la gare de destination. Le nouveau règlement R. I. V. stipule que, le déchargement opéré, les wagons étrangers doivent être renvoyés sans délai, autant que possible chargés. Ces nouveaux chargements doivent être destinés : *a*) à une gare du chemin de fer propriétaire ; *b*) à une gare située au-delà du réseau de l'administration propriétaire, à la condition que ce réseau soit traversé ; *c*) à une gare de l'itinéraire suivi à l'aller ; *d*) à une gare quelconque située dans la direction du réseau propriétaire, à la condition que le transport rapproche les wagons de leur réseau. Dans le cas où l'on n'en a pas l'emploi dans ces conditions, les wagons sont renvoyés vides : *a*) par les stations du parcours d'aller aux gares de transit par lesquelles ils ont été reçus ; *b*) par la station qui n'a pas été franchie à l'aller au point le plus proche de l'itinéraire d'aller ou bien à la gare de transit la plus proche du réseau propriétaire, selon la proximité.

L'usage des wagons étrangers donne lieu, d'une manière générale, à trois sortes de redevances : redevance d'emploi, indemnités de retard, pénalités pour utilisation irrégulière du matériel.

La redevance d'emploi devrait logiquement tenir compte de la nature et de la capacité des wagons. Le règlement de l'Union Internationale distinguait les wagons de 15 tonnes et moins et ceux de plus de 15 tonnes. Dans leur convention récente, les réseaux français distinguent trois catégories de wagons : plats, couverts, tombereaux, et affectent les véhicules de chaque catégorie d'un réseau d'un coefficient tenant compte de la valeur moyenne des véhicules de cette catégorie du réseau par rapport à l'unité-type adoptée, dénommée unité-véhicule. Dans un but de simplification, la nouvelle convention R. I. V. a adopté l'unité wagon pure et simple.

La redevance d'emploi peut comprendre une redevance de location (ou de durée d'emploi) et une redevance de parcours. La première est établie d'après le temps passé par le wagon sur le chemin de fer où il a été employé ; elle était fixée comme suit par le règlement de l'Union Internationale : par 24 heures, à 1 fr. 25 pour un wagon de 15 tonnes et moins et à 2 fr. 50 pour un wagon de plus de 15 tonnes. La seconde, basée sur le nombre de kilomètres parcourus par les wagons tant à l'aller qu'au retour, s'élevait, par kilomètre, à fr. 0,0125 pour un wagon de 15 tonnes et moins et à fr. 0,0250 pour un wagon de plus de 15 tonnes.

Par suite de l'augmentation incessante des échanges, le système de la superposition des deux redevances est devenu d'une application compliquée. La nouvelle convention R. I. V. ne prévoit qu'une redevance de séjour et la fixe comme suit : 2 fr. 50 par journée entière et par wagon pour chacun des trois premiers jours ; 3 francs pour chacun des 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> jours ; 4 francs pour chacun des 8<sup>e</sup>, 9<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> jours ; 5 francs

pour chacun des 11<sup>e</sup>, 12<sup>e</sup>, 13<sup>e</sup>, 14<sup>e</sup> et 15<sup>e</sup> jours ; 6 francs pour chacun des jours au delà du quinzième.

La convention conclue avant la guerre entre l'Etat belge et le Nord français ne comportait pas non plus de redevance de parcours et considérait uniquement le temps passé par le wagon sur le réseau cessionnaire. La redevance était fixée par 24 heures, à 1 fr. 05 pour les wagons à 4 ou à 6 roues de toute catégorie et de tout tonnage, et à 3 francs pour les wagons à 8 roues et plus de toute catégorie et de tout tonnage.

Les conventions qui fixent des indemnités de retard prévoient leur application après expiration du délai d'emploi. Celui-ci se composait, d'après le règlement de l'Union Internationale, d'un délai de stationnement qui était de deux jours pour le déchargement et de trois jours en cas de rechargement, et d'un délai de parcours qui s'élevait à un jour pour un parcours de 1 à 75 kilomètres, deux jours pour une distance de 76 à 200 kilomètres, trois jours pour une distance de 201 à 325 kilomètres et ainsi de suite en ajoutant un jour par fraction de 125 kilomètres en plus. L'amende pour retard s'élevait à 2 fr. 50 par wagon et par jour pour les wagons de 15 tonnes et moins, et à 3 fr. 25 pour les wagons de plus de 15 tonnes. La nouvelle convention R. I. V. ne prévoit plus d'indemnité de retard, mais établit des revances de séjour croissant jusqu'au 16<sup>e</sup> jour.

En ce qui concerne les pénalités pour utilisation irrégulière du matériel étranger, la convention R. I. V. a adopté une règle très simple en stipulant que tout emploi de wagons étrangers contraire aux dispositions du règlement entraîne pour l'administration en défaut le paiement à l'administration propriétaire d'une amende de 40 francs par wagon, en sus de la redevance de location.

Pendant le premier semestre de 1914, il a été livré à l'Etat belge 731.430 wagons étrangers, dont 573.079 soumis à la redevance kilométrique ont effectué sur le réseau des parcours évalués à 145.580.962 kilomètres, soit un parcours moyen de 254 kilomètres par véhicule. Le nombre de wagons de l'Etat belge livrés aux chemins de fer en relation a été de 220.000 et ces wagons n'ont effectué sur les réseaux étrangers qu'un parcours moyen de 100 kilomètres, le matériel de l'Etat belge étant livré surtout pour les régions limitrophes du réseau.

*Etudes surtout*

*gares  
signaux  
signalisation  
élec. système*

## CHAPITRE XXVIII

### L'EXÉCUTION DES TRANSPORTS <sup>(1)</sup>

---

Dans chaque pays la loi règle les rapports entre les parties qui interviennent directement ou indirectement dans les contrats relatifs au transport, par chemin de fer, des personnes ou des choses <sup>(2)</sup> ; en Belgique, ces rapports sont régis par la loi du 25 août 1891. Les règles des transports internationaux sont définies, en ce qui concerne les marchandises, par une convention conclue à Berne le 14 octobre 1890, entre l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie, la Belgique, le Danemark, la France, l'Italie, le Luxembourg, les Pays-Bas, la Russie et la Suisse <sup>(3)</sup>.

**Obligation de transporter.** — Du fait que la concession d'un chemin de fer constitue un monopole, dérive l'obligation, pour l'exploitant, de transporter, à condition toutefois que le voyageur se présentant pour être transporté et que l'expéditeur demandant le transport se conforment aux lois et règlements légalement publiés.

Seuls sont exclus en principe du transport les voyageurs atteints de la peste ; ceux atteints de maladies contagieuses (lèpre, choléra, typhus, variole) sont transportés à condition que leur admission soit tolérée par un médecin commis à cet effet, qu'ils se soient soumis aux opérations de désinfection reconnues nécessaires et qu'ils prennent place dans un compartiment spécial et isolé.

En trafic intérieur, ne sont pas admis au transport les objets désignés dans le règlement, notamment ceux dont les dimensions excèdent les dimensions du gabarit ou qui se présentent sous forme d'une masse indivisible dont le poids dépasse la capacité de chargement du matériel, ceux dont le conditionnement et l'emballage sont jugés insuffisants, ceux dont le transport est dangereux. La convention de Berne exclut du trafic international : a) les objets dont le monopole de transport est réservé à l'Administration des postes, ne fût-ce que sur l'un des territoires à parcourir ; b) les objets qui, par leur dimension, leur poids ou leur conditionnement ne se prêtent pas au transport, à raison du matériel et des aménagements, même d'un seul des chemins de fer dont le concours est nécessaire pour l'exécution du transport ; c) les objets dont le transport est interdit par mesure d'ordre public sur le territoire de l'un des Etats à traverser.

Sauf les cas fortuits ou de force majeure, l'administration répond de l'arrivée, dans le délai voulu, des personnes et des choses à transporter.

**Egalité de traitement.** — Qu'il soit exploité par une Compagnie ou par l'Etat, le chemin de fer doit profiter d'une manière égale à tous ceux qui sont dans le cas de réclamer ses services.

---

(1) CAUER : *Persohnen in Güterverkehr der vereinigten Preussischen und Hessischen staatsbahnen.*

(2) GUSTAVE FEOLDE : *Des transports par chemins de fer.*

(3) E. DEGELS : *Contrat de transport.*



Les taxes doivent être perçues indistinctement et sans aucune faveur. La Compagnie doit les appliquer telles qu'elles résultent des tarifs dûment publiés et ne faire aucune remise de prix, totale ou partielle, à un voyageur ou expéditeur, du moment qu'elle ne serait pas dans l'obligation de faire cette remise à n'importe quel voyageur ou expéditeur se présentant dans des conditions semblables.

Les transports doivent être effectués sans lourdeur de faveur. Les marchandises doivent être expédiées dans l'ordre de leur acceptation, à moins que l'intérêt général, les nécessités de la défense nationale, l'obligation de parer à une calamité ou à un danger public ne justifient une dérogation à la règle.

**Obligation de publier les tarifs et règlements.** — Les tarifs et règlements doivent être légalement publiés (art. 13 de la loi belge du 25-8-91 et art. 11 de la convention de Berne). Le public ne peut pas plus prétendre d'ignorance en ce qui les concerne qu'il ne peut le faire à l'égard de la loi elle-même.

En Belgique les prix et conditions de transport sont fixés : sur les chemins de fer de l'État, par une loi spéciale ou en vertu de cette loi ; sur les chemins de fer concédés et sur les chemins de fer vicinaux, par leur administration, dans les limites du cahier des charges et sous l'approbation du Ministre compétent, sauf les dérogations consenties en vertu d'une loi spéciale.

En France, sous le régime nouveau instauré par la convention du 31 juin 1921 approuvée par la loi du 29 octobre de la même année, les tarifs sont de la compétence du Conseil supérieur des chemins de fer qui comprend : dix-huit membres représentant les réseaux, deux représentants du personnel désignés par le Ministre pour chacun des six réseaux et trente représentants des intérêts généraux de la Nation. Le Ministre ne peut prendre une décision contraire à un avis du Conseil supérieur qu'après une seconde délibération de celui-ci.

## I. — TRANSPORT DES VOYAGEURS

**Service des billets.** (1) — Le chemin de fer est lié vis-à-vis du voyageur dès que le prix du transport est payé et qu'ainsi la place est louée. Ce paiement est constaté par le billet délivré par la station de départ. Ce billet donne droit à l'accès des salles d'attente et du quai d'embarquement et au transport jusqu'à destination.

Le débit des billets doit se faire rapidement, sans incommoder les voyageurs et de telle sorte que le contrôle des billets retirés des casiers, la vérification de la caisse, les relevés pour la statistique et les décomptes avec les autres compagnies s'effectuent sans difficulté.

Les billets les plus employés sont ceux du système Edmonson, qui consistent en des cartons de 57<sup>mm</sup> × 30<sup>mm</sup>5, de couleurs différentes selon les classes, numérotés généralement de 0000 à 9999, portant une lettre désignant le guichet lorsque dans une même station la distribution se fait par plusieurs employés.

L'on s'efforce de ramener au minimum la variété des billets en usage. C'est ainsi que l'on débite pour les demi-places les mêmes billets que pour les places entières, sauf que l'employé en coupe une partie ; qu'on imprime sur un même billet différentes destinations tarifées au même prix et qu'un seul billet, dont le voyageur retient la moitié pour le retour, sert pour les voyages doubles. C'est ainsi encore qu'en Allemagne, depuis la suppression de la réduction sur les voyages aller et retour, l'on rend le billet à l'aller valable, en y imprimant « Rückf » (retour), ce qui s'obtient au moyen

(1) CAUER : Betrieb und Verkehr der Preuss. Staatsbahnen, t. II, p. 14 et p. 94.

de la presse à dater qui, lorsque le billet lui est présenté à gauche, y marque simplement la date (15-11, par exemple) d'où un billet simple, et qui, lorsqu'il lui est présenté à droite, imprime « 15-11 Rückf », d'où un billet aller et retour. Pour les destinations demandées rarement, on fait usage de billets en blanc, qui sont remplis à la plume au moment du débit.

Afin d'éviter l'encombrement des guichets, on délivre aux abonnés ouvriers, faisant journellement un voyage aller et retour entre leur résidence et leur lieu de travail, un coupon valable pour les six jours de la semaine et l'on ne remet (en Allemagne) aux sociétés voyageant en corps qu'un seul coupon, servant pour toutes les personnes inscrites sur la liste produite pour obtenir la réduction de taxe accordée dans ce cas. Le même résultat est atteint par les billets dits « circulaires » ou « combinables », s'appliquant à une succession de parcours non interrompus d'un développement minimum déterminé, réunis en un livret et délivrés en bloc dans la station initiale, ainsi que par les bureaux de vente de billets, établis dans certaines agences de voyages et dans certains hôtels des grandes villes (1).

D'autres moyens sont appliqués pour accélérer la distribution des billets, notamment : l'obligation (Allemagne) de se présenter au guichet avec la somme exacte du coût du billet, la banalité des guichets (Belgique) c'est-à-dire le fonctionnement simultané de plusieurs guichets vendant chacun des billets de toutes les classes et pour toutes les directions, enfin le débit par des distributeurs automatiques des billets pour les destinations très demandées. Dans ce cas, un même billet sert pour différentes destinations éloignées de la même distance du point initial.

Les casiers des coupons Edmonson sont construits de telle façon que, sous des dimensions relativement réduites, ils puissent emmagasiner un grand nombre de billets. Autrefois ceux-ci étaient placés à plat dans les cases, ce qui nécessitait l'application d'une étiquette (fig. 314a) pour les faire reconnaître. Ils se présentent debout dans les casiers actuels (fig. 314b), ce qui offre comme avantages que les destinations se lisent directement sur les billets et que, tout en débitant ceux-ci, l'employé peut contrôler la suite régulière de leur numérotation. Les deux systèmes ont l'inconvénient qu'un employé indéclicat peut débiter des billets pris dans le corps du tas et qu'un temps assez long peut s'écouler avant la découverte du fait, d'où l'impossibilité d'établir la responsabilité. Pour remédier à cet inconvénient on a introduit récemment les billets enroulés, imprimés sur une bande continue et perforée (fig. 315) et les machines imprimant les billets au moment de la distribution.

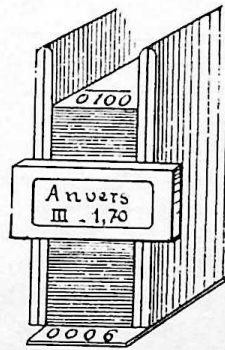


FIG. 314a.



FIG. 314b.

La comptabilité des billets ne donne lieu à aucune complication d'écritures. Dans les petites gares, tous les jours ou tous les deux jours et, dans les grandes gares, chaque fois qu'un employé succède à un autre, il est procédé à la vérification du casier et de la caisse. La vérification du casier se fait en inscrivant dans un registre le numéro visible du billet de chacune des cases ; la différence entre ce nombre et celui de l'in-

(1) Aux Etats-Unis, le « Ticket brokerage », la vente de billets par des bureaux privés est général; des « shops » faisant ce genre d'opération se rencontrent aux abords de toutes les grandes gares. (V. Hoff und Schwabach, Nordamerikanische Eisenbahnen, p. 196).

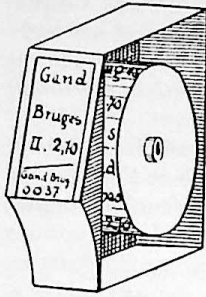


FIG. 315.

cription précédente donne le total de billets retirés de la caisse. Il suffit de faire intervenir les prix des billets, en tenant compte des billets annulés, pour déterminer la somme qui doit se trouver dans la caisse.

En Belgique, les guichets sont ouverts, dans les stations et halles, 30 minutes et dans les points d'arrêts gardés, 15 minutes avant l'heure officielle du départ des trains ; la distribution des billets cesse, dans tous les bureaux, 2 minutes avant cette heure. En France, la distribution commence, dans les grandes gares, 30 minutes et dans les autres gares 15 minutes avant l'heure réglementaire du départ du train ; elle cesse, au plus tôt, dans les grandes gares, 3 minutes et, dans les autres gares, 5 minutes avant l'heure de départ réglementaire du train. Toutefois, en cas de retard, ces délais peuvent être prolongés, en prenant pour limite, non l'heure réglementaire du passage, mais l'heure annoncée pour le passage du train en retard.

**Accès des quais.** — En principe, l'acquisition d'un billet donne le droit de pénétrer dans la gare et de circuler sur les quais. Dans la plupart des administrations, le billet est contrôlé à la sortie de la salle d'attente ou du passage conduisant aux quais, de telle sorte que les personnes non munies d'un billet ne peuvent avoir accès à ceux-ci. Dans le plus grand nombre des stations, il est délivré des tickets de quais, au prix de 25 centimes, qui donnent droit à une seule entrée dans la gare où ils sont pris. Le débit de ces tickets peut être momentanément suspendu chaque fois que des circonstances exceptionnelles exigent que l'accès de la gare soit interdit au public.

**Avant le départ du train.** — Le voyageur ayant le droit d'occuper une place dans le train pour lequel la compagnie lui a délivré un billet et qu'il veut prendre, il importe que les gares de formation donnent aux trains une composition suffisante pour assurer le service normal et que, en cas d'affluence, elles y ajoutent des voitures de renfort. Ces voitures doivent être ajoutées d'avance chaque fois que l'affluence exceptionnelle peut être prévue. L'encombrement de voyageurs résultant de fêtes à date fixe ou même de fêtes extraordinaires (musicales, sportives, etc.) ne peut être invoqué, par le chemin de fer, comme cas de force majeure. Aussi est-il de règle, dans les cas de l'espèce, de dédoubler, détripler ou déquadrupler les trains. Ces dédoublements peuvent être faits en avant ou après le train régulier. Le dédoublement à l'avant présente l'avantage qu'il permet d'assurer sans retard les correspondances des embranchements, mais il est moins efficace : souvent les voyageurs n'arrivent pas assez tôt pour que le train à l'avant soit convenablement utilisé et le train régulier devient insuffisant pour les enlever tous. Le dédoublement à l'arrière n'offre pas cet inconvénient, mais il assure moins régulièrement la correspondance aux embranchements.

Sur presque tous les réseaux il est admis qu'au moins un compartiment de chaque classe soit réservé, dans chaque train, aux femmes voyageant seules. Sur la plupart, il y a également pour chaque classe, des compartiments dans lesquels il est défendu de fumer. En Belgique, certains trains ont des compartiments spéciaux de troisième classe à l'usage des ouvriers abonnés.

Les trains à longs parcours sans arrêt et les trains internationaux comportent souvent des wagons-salons, des wagons-restaurants et des wagons-lits, qui appartiennent généralement à une compagnie privée, exploitant pour son compte le service qu'elle offre aux voyageurs. Cette combinaison a pris une grande extension aux États-Unis, où les chemins de fer n'ont qu'une classe de voitures (les « Standard cars »), mais admettent dans leurs trains des « Pullman cars », à l'usage des voyageurs désirant



plus de confort, effectuant de longs trajets ou devant, au cours de leur voyage, passer d'un réseau sur un autre.

Le voyageur n'a pas le droit d'exiger une place déterminée dans le train, mais l'administration a le droit de lui assigner la place qu'il peut occuper. Les trains D et L des chemins de fer prussiens comportent des places numérotées pouvant être retenues sans supplément de taxe. <sup>(1)</sup>

La Compagnie doit assurer une place au voyageur dans une des voitures de la classe dont il a payé le prix. S'il ne trouve pas de place dans cette classe il a le droit de monter, sans supplément de taxe, dans une voiture d'une classe supérieure ou de se faire rembourser, s'il monte dans une voiture de classe inférieure, la différence de prix entre la place payée et la place réellement occupée.

Le chef de gare et le personnel du train doivent procéder à diverses vérifications avant le départ de celui-ci. Les gardes contrôlent les billets des voyageurs et si ceux-ci occupent la classe et n'ont pas dépassé la station pour laquelle ils ont payé une place. Le chef-garde constate qu'il est muni de tous ses agrès : drapeaux, lanternes, pétards, boîte de secours, etc. Il vérifie si les voitures sont en bon état, si la communication entre le tender et le fourgon fonctionne bien, si les attelages sont bien faits, si le train est muni des signaux réglementaires. Il relève la composition du train, fait la reconnaissance des colis et bagages qui lui sont remis et prend part à l'essai du frein. Le chef de gare fait des vérifications analogues. Il fait procéder à l'essai du frein et ne donne le signal de départ qu'après s'être assuré que toutes les portières ont été fermées.

**Pendant la route.** — La surveillance du train est exercée par le chef-garde et les gardes, qui peuvent provoquer l'arrêt en serrant le frein.

Beaucoup d'administrations ont supprimé le contrôle des billets pendant la marche du train, du moins dans les voitures qui ne sont pas à intercommunication. Cette mesure a été dictée par la préoccupation d'éviter les accidents inhérents à la circulation des gardes à l'extérieur des voitures et les désagréments, pour les voyageurs, de l'ouverture fréquente des portières. Le contrôle se fait de plus en plus dans les gares de départ par des agents spéciaux postés à la sortie des salles d'attente et se continue par les gardes pendant les stationnements tant dans la gare de départ que dans les gares intermédiaires.

Le voyageur ne peut occuper une autre place que celle indiquée sur son billet. S'il a pris place dans une classe supérieure, il doit payer la différence entre le prix de la place qu'il occupe et celui de la place qu'il a payée ; sur beaucoup de réseaux, il est en outre passible d'une taxe supplémentaire, qui est de 2 francs en Belgique. Il doit effectuer le voyage par le train qui atteint le plus promptement la destination indiquée sur son billet, à moins que celui-ci ne trace l'itinéraire à suivre. Sur la plupart des réseaux, le voyage ne peut pas être scindé ; en Allemagne, il peut être interrompu dans l'une des gares intermédiaires.

**A l'arrivée.** — Parvenu à destination, le voyageur doit restituer son billet. Il le remet au garde, sur les Compagnies où le contrôle des billets se fait dans le train, ou à l'agent posté à la sortie de la gare, là où le contrôle se fait dans les stations. Les billets sont envoyés au service des recettes, qui vérifie s'ils ont été contrôlés conformément aux instructions et peut, le cas échéant, rechercher ceux que des employés indécidés auraient débités hors série.

---

<sup>(1)</sup> En France également les voyageurs peuvent, moyennant un supplément de 2 francs par place en 1<sup>re</sup> et en 2<sup>e</sup> classe, retenir à certains trains la place qu'ils ont choisie d'avance.

## II. — TRANSPORT DES BAGAGES ET DES COLIS PAR EXPRESS

**Bagages.** — Les bagages sont les colis que les voyageurs peuvent emmener dans le même train qu'eux-mêmes, soit en les conservant devers eux dans la voiture, soit en les confiant à l'administration qui les place dans les fourgons.

La nature des colis qui peuvent être transportés n'est pas définie dans le cahier des charges des Compagnies françaises. Le règlement des chemins de fer de l'Etat belge considère comme bagages les malles, sacs de voyage, etc. contenant des effets d'habillement, les appareils de photographie, insignes de sociétés et instruments de musique portatifs, les vélocipèdes et voitures pour transport d'enfants, les colis de marchandises et les paniers ou caisses d'animaux domestiques dont le poids et le volume ne dépassent pas 25 kg. et  $1/8$  de  $m^3$ , les colis des voyageurs de commerce et des marchands ambulants, dont le poids et le volume ne dépassent pas 80 kg. et  $1/2$   $m^3$ . La définition des administrations allemandes est sensiblement la même que celle de l'administration belge.

Les bagages que le voyageur a la faculté de garder auprès de lui ne peuvent empiéter sur la place d'autres voyageurs ni incommoder ceux-ci. Ils ne donnent lieu au paiement d'aucune taxe ; l'administration n'en est responsable qu'en cas de faute prouvée à la charge de ses agents.

Les bagages chargés dans les fourgons paient, en Belgique, un prix de transport fixé à 18 centimes par 100 kg. et par kilomètre, avec un minimum de 1 fr. 50 par expédition. En France tout voyageur a droit à 30 kg. de franchise de bagages, quitte à payer 50 centimes pour frais d'enregistrement ; au delà de 30 kg. le transport donne lieu, en outre de l'enregistrement, à une perception en rapport avec l'excédent de poids et la longueur du parcours. En Allemagne, le transport des bagages fait l'objet d'un tarif par zones, ayant pour base une taxe de 25 pf. par 25 kg. et 50 kilomètres. A partir de l'acceptation jusqu'à la livraison, le chemin de fer est responsable des pertes et avaries des bagages qu'il transporte dans ses fourgons (1).

L'acceptation des bagages pour l'enregistrement commence, selon les administrations, une heure ou une demi-heure avant l'heure annoncée du départ du train et cesse 5 ou 3 minutes avant cette heure. Le voyageur remet ses colis au préposé aux bagages ; on lui remet comme reçu un bulletin numéroté et daté, extrait d'un registre à souches, mentionnant les points de départ et de destination, le nombre et le poids total des colis, le prix perçu et, le cas échéant, la déclaration d'intérêt à la livraison. Un double de ce récépissé reste à la souche du registre et des étiquettes, portant le même numéro que le récépissé, sont fixées aux colis. Sur les Compagnies françaises, l'enregistrement donne lieu à la création de trois bulletins, dont l'un est remis au voyageur, l'autre est détaché pour le conducteur du train et le troisième reste fixé à la souche du registre ; chaque colis reçoit deux étiquettes portant, l'une le nom de la gare expéditrice et le numéro de l'enregistrement, l'autre la gare destinataire.

Ces opérations sont notablement simplifiées en Angleterre et aux Etats-Unis, par le système du « label » ou du « check » (2). D'abord le poids du bagage admis en franchise de port est plus important : 60 kg aux Etats-Unis et 54, 4 à 68 kg. en première classe, 45,4 à 54,4 en seconde, 27,2 à 45,4 kg. en troisième en Angleterre. Si, à première vue, les colis ne pèsent pas plus que ces poids, l'employé se borne à y attacher une étiquette portant un numéro, dont il remet un double au voyageur, qui se présente avec celui-ci au fourgon, à l'arrivée à destination, et reçoit ses bagages. Moyennant une faible rétribution, ceux-ci sont pris et remis à domicile.

(1) Les chiffres ci-dessus sont ceux d'avant la guerre.

(2) Ce système est appliqué également sur certaines lignes de l'Etat prussien. Caüter, p. 143.

En Belgique, les campagnards peuvent transporter gratuitement, dans certains trains, dans les voitures ou les fourgons jusqu'à concurrence d'un poids total de 50 kg., les légumes, les œufs, le lait, les animaux de basse-cour, destinés aux marchés ou à leurs clients des villes.

**Colis par exprès.** — Les expéditions par exprès (tarif I, en Belgique) peuvent être assimilées aux expéditions de bagages ; elles n'en diffèrent essentiellement que par ce fait que l'acceptation de ces derniers est subordonnée à la production d'un billet de voyageur jusqu'à la destination pour laquelle on demande l'enregistrement, tandis que les colis par exprès voyagent isolément.

En général, ces colis sont expédiés par le premier train de voyageurs (sauf quelques trains rapides) correspondant à la destination, pourvu qu'il aient été présentés à l'enregistrement une demi heure au moins (en France 3 heures) avant le départ ; ils sont remis à domicile immédiatement après l'arrivée ou le lendemain à la première heure, si l'arrivée a lieu de la nuit.

Comme pour les bagages, le principe est d'éviter, dans les transports par exprès, les manutentions et les formalités qui occasionneraient des retards dans la marche des trains de voyageurs. C'est ainsi que les colis encombrants et d'un chargement difficile ne sont pas admis aux expéditions de l'espèce. (Le règlement belge exclut les colis dont le volume dépasse 1 m<sup>3</sup> et le poids 150 kg.) De même, afin de simplifier les écritures, on exige communément que les expéditions se fassent en franchise de port et sans déboursés ni remboursements. (L'Etat belge applique un supplément de taxe aux colis non affranchis). Les administrations allemandes excluent du transport par exprès les envois comportant un intérêt à la livraison de plus de 500 marks <sup>(1)</sup>, se protégeant ainsi contre les dommages auxquels exposent ces expéditions, plus susceptibles d'avarie, de perte et de dévoiement.

Les colis par exprès doivent porter ou l'adresse du destinataire ou une marque. Ils doivent être accompagnés d'un bulletin d'expédition, rempli en partie par l'expéditeur et qui, en Belgique, comporte quatre parties : le bulletin d'expédition proprement dit, qui est le document qui reste aux mains de l'administration, un récépissé pour le destinataire, un récépissé pour l'expéditeur et les étiquettes en nombre voulu (portant le même numéro que les trois parties précédentes) à appliquer sur les objets à transporter.

Au bureau d'expédition, les colis sont l'objet d'une reconnaissance et de pesées de la part de l'agent préposé à cet effet qui, après avoir reconnu l'exactitude des inscriptions faites au bulletin d'expédition par l'expéditeur, applique les étiquettes de destination et passe le bulletin au receveur. Celui-ci procède, sur le bulletin même, à la taxation du transport et remet à l'expéditeur le récépissé revêtu du timbre à date du bureau de départ. Le bulletin d'expédition proprement dit et le récépissé pour le destinataire, qui constitue ce qu'on appelle les « titres du transport » et qui voyagent avec les colis jusqu'à la destination, sont transmis ensuite au facteur, qui les remettra avec les bulletins de tous les autres colis du même genre au conducteur-chef du train qui les enlèvera.

Afin d'accélérer les opérations de l'enregistrement des colis par exprès et d'éviter l'encombrement des locaux, la plupart des administrations ont introduit l'affranchissement au moyen de « timbres chemin de fer », mis en vente aux guichets des gares et que les expéditeurs, connaissant le tarif, appliquent d'avance sur les colis. Certaines compagnies admettent aussi que les maisons faisant de nombreuses expéditions s'acquittent elles-mêmes de la plupart des opérations (pesées, inscriptions des taxes sur les bulletins d'expédition, etc.), qui incombent à leurs agents.

(1) Chiffre d'avant la guerre.



Différentes administrations allemandes (Bavière, Baden, Württemberg) transportent dans certains trains, comme colis par exprès mais au prix du tarif de grande vitesse, le beurre, le fromage, les œufs, les légumes, les raisins, afin de permettre aux producteurs de faire arriver directement leurs produits aux marchés et aux consommateurs.

Les bagages et les colis par exprès sont amenés au train par les agents des gares et sont reçus, contre émargement, par un garde ou le chef-garde ; ils sont rangés dans le fourgon de manière qu'aux destinations la remise des bagages contre le bulletin, d'enregistrement et le déchargement des colis se fassent sans encombrement et sans perte de temps.

### III. — TRANSPORT DES MARCHANDISES.

En Belgique, les gares sont ouvertes pour le transport des marchandises de 6 heures à 19 heures, du 1<sup>er</sup> avril au 30 septembre, et de 7 heures à 19 heures, du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars. Elles sont fermées les dimanches et jours fériés.

Tout colis présenté au transport doit porter une marque ou une adresse bien visible. Il doit être convenablement emballé et ne présenter aucune trace évidente de détérioration ; des colis ne réunissant pas ces conditions peuvent être transportés, si l'expéditeur signe une « déclaration de garantie », (on dit aussi « déclaration de non-responsabilité ») c'est-à-dire constate par écrit le défaut ou la défectuosité de l'emballage, la détérioration de la marchandise et décharge la Compagnie de toute responsabilité à ce point de vue.

Le contrat de transport est conclu aux prix et conditions des tarifs publiés par l'administration, lorsque l'expédition a été acceptée par un agent du chemin de fer commis à cet effet. Cette acceptation se constate par l'apposition sur la lettre de voiture du timbre de la station avec mention de la date. La lettre de voiture doit, en Allemagne et en Belgique, être conforme au modèle adopté par l'administration et mentionner, comme indications essentielles, le lieu et la date de sa création, la station d'expédition, la station de destination et l'adresse du destinataire, la nature de l'envoi (nombre de colis, marques, poids, etc.), le mode d'expédition (grande ou petite vitesse), la demande d'application d'un tarif spécial et, s'il y a lieu, la déclaration de garantie, l'évaluation de l'intérêt à la livraison, les débours et le remboursement grevant la marchandise.

Le chemin de fer répond de l'inobservation des délais de transport ainsi que des pertes et avaries, depuis l'acceptation jusqu'à la livraison. En cas de retard, il doit une indemnité à l'expéditeur, qui sur la plupart des réseaux se fixe d'après la durée du retard. En Belgique, l'indemnité est limitée au quinzième du prix du transport par jour de retard, avec minimum de 1,50 fr. et sans que le chiffre de l'indemnité puisse dépasser le montant du prix du transport, ni que l'ayant droit ait à fournir la preuve du dommage. Si la livraison n'a pas lieu dans les quinze jours qui suivent l'expiration du délai de transport, l'expéditeur ou le destinataire a droit au dédommagement tel qu'il est réglé en cas de perte.

En cas de perte totale ou partielle, le chemin de fer rembourse la valeur des objets perdus, d'après le prix-courant du commerce au moment et au lieu de l'expédition, ainsi que les frais de transport et de douane acquittés sur les objets non livrés. En cas d'avarie, il paie le montant intégral de la dépréciation. L'expéditeur peut s'assurer une indemnité plus élevée, aussi bien pour le cas de retard que pour celui de perte ou d'avarie, en faisant une stipulation « d'intérêt à la livraison », c'est-à-dire en stipulant sur la lettre de voiture la somme à laquelle il évalue le préjudice que le retard, la perte ou l'avarie pourrait lui occasionner. Cette déclaration donne lieu à la perception

d'une taxe supplémentaire qui, en Belgique, est de 3 francs par expédition et par partie indivisible de 500 francs.

Les marchandises peuvent être expédiées en grande ou en petite vitesse.

### 1<sup>o</sup> Transports en grande vitesse.

Les chemins de fer de l'Etat belge transportent en grande vitesse (tarif 2) les colis pesant jusque 250 kilogrammes par expédition (1), à moins que l'expéditeur n'en demande, par écrit, le transport par exprès ou en petite vitesse. — L'expéditeur peut également demander par écrit la grande vitesse pour les expéditions d'un poids supérieur à 250 kg.

Les expéditions en grande vitesse diffèrent de celles en petite vitesse en ce que le délai de transport est plus court et que la remise à domicile des colis, dans un rayon déterminé autour de la station de destination, est prévue par le contrat de transport. Cette remise a lieu, sur les chemins de fer belges, dans le délai de 4 jours comptés à partir de la première heure du jour suivant celui de l'acceptation du transport (2).

C'est dans les transports à grande vitesse que la prise à domicile des marchandises joue son rôle principal. Les Compagnies anglaises font de ce service ainsi que de la remise à domicile une branche spéciale de leur exploitation : camions, chevaux, personnel sont à la compagnie. Sur le continent, le service du « factage » (3) est le plus souvent affermé, mais s'exécute sous le contrôle et la responsabilité des administrations. Celles-ci établissent également, en différents points des grandes agglomérations, des « bureaux intérieurs », où les colis sont acceptés, pour être camionnés ensuite aux gares d'expédition.

Les bulletins d'expédition et les formalités d'acceptation sont les mêmes que pour les colis par exprès. Ces formalités sont plus simples en Angleterre que sur le continent : les Compagnies anglaises n'imposent pas un bulletin d'un modèle déterminé et le bulletin n'accompagne pas le colis depuis la gare de départ jusqu'à celle de destination ; il reste dans la première.

Les transports de marchandises en grande vitesse sont organisés avec la préoccupation de réduire au minimum les transbordements des colis, qui occasionnent inévitablement pour ceux-ci des avaries, des pertes ou des retards et qui augmentent les dépenses d'exploitation. Chaque fois que l'importance du trafic le justifie, on affecte un wagon spécial aux colis en destination d'une même gare et, en règle générale, on groupe dans un même wagon, parfois en les réunissant par gare dans des paniers ou des enveloppes de groupage, ceux pour une même section ou un même embranchement ; les avantages de ce groupement, surtout pour la célérité et la régularité des expéditions, comptent parmi les considérations qui déterminent les compagnies anglaises à maintenir en service leurs wagons de petit tonnage (4). On crée aussi, quand les circonstances le permettent, des trains spéciaux de denrées, de marée, de lait, de primeurs, etc.

Les administrations s'efforcent de combiner, pour le service de la grande vitesse, une organisation commode pour le public, facilitant le service de route, libérant le plus tôt possible le service des gares et le matériel de transport. Dans la poursuite de

(1) On entend par expédition un ou plusieurs colis provenant d'un seul expéditeur à l'adresse d'un seul destinataire.

(2) La remise à domicile ou la remise de l'avis d'arrivée à la poste ou au télégraphe doit avoir lieu avant midi le jour suivant l'expiration du délai.

(3) Le mot de « factage » est réservé à la prise et à la remise à domicile des colis en grande vitesse ; celui de camionnage, pour les expéditions en petite vitesse.

(4) FRAHM : Das englische Eisenbahnwesen, p. 295.

ce programme, elles trouvent un auxiliaire efficace dans les *entreprises de groupage*, qui réunissent et expédient en un seul envoi les colis pour une même destination et réalisent un bénéfice sur la diminution que subit la tarification quand le poids des colis transportés augmente. Cette tarification est la suivante en Belgique pour les envois affranchis au moyen de timbres « chemin de fer » :

Envois du poids de 3 kg. et moins	fr. 1,10 ;
Envois de plus de 3 kg. jusque 5 kg.	1,50 ;
Envois de plus de 5 kg. jusque 10 kg.	1,80 ;
Envois de plus de 10 kg. jusque 20 kg.	3,10.

An-delà de 20 kg., application d'un barème kilométrique dont les bases, par 100 kg., croissent, à partir d'une taxe uniforme de 2,70 fr. jusque 5 km., de 6 centimes par km. jusque 75 km., 4,8 centimes de 75 à 150 km., 3,6 centimes de 150 à 200 km., et 2,4 centimes de 200 à 400 km., avec taxe minimum de 2,40 fr. par envoi.

L'on voit que si le groupeur réunit vingt paquets de 3 kg. chacun en une seule expédition de 60 kg. pour laquelle il ne paie que 3,30 fr. de port pour une distance de 50 km., il peut réaliser un beau bénéfice, même en réclamant à l'expéditeur ou au destinataire de chacun des paquets un port inférieur à celui de 1,10 fr. du tarif du chemin de fer. Celui-ci trouve, dans la combinaison, cet avantage qu'il peut réduire le nombre de ses bureaux d'acceptation, que ses écritures sont simplifiées, que le service des conducteurs de trains est facilité et qu'une partie de ses remises à domicile disparaît.

Les Compagnies américaines se déchargent totalement des transports en grande vitesse et abandonnent ce service, de même qu'elles font pour les Pullman cars, aux Compagnies d'express (Adams, American, Pacific, United States, Wells Fargo, etc.) (1). Entre le chemin de fer et la Compagnie, il intervient un contrat (de 15 ans en général) aux termes duquel le premier renonce à tout transport de marchandises dans ses trains de voyageurs et s'engage à accepter, dans ceux-ci, à toutes les gares où ils s'arrêtent, les colis qui lui seront remis par la seconde. Ces colis sont reçus ou dans des wagons spéciaux ou dans des compartiments fermés à clef des fourgons à bagages ; sur les sections où l'importance du trafic ou les exigences de la concurrence le justifient, la Compagnie d'express est autorisée à demander l'organisation de trains spéciaux, quitte à en supporter une partie des frais, si la redevance payée aux termes du contrat n'est pas suffisante.

Les Compagnies d'express ne sont pas exigeantes quant à l'emballage des colis qu'elles acceptent et qu'elles groupent d'ailleurs dans des paniers, des caisses et des coffres ; leur personnel est transporté gratuitement et un local est mis à leur disposition dans chaque gare. Elles établissent leurs tarifs de commun accord avec la compagnie de chemin de fer et payent à celle-ci une redevance qui varie de 30 à 50 % de leurs recettes nettes.

## 2° — Transports en petite vitesse.

**Règles générales.** — Les transports en petite vitesse se font dans des conditions de délai et de tarif différentes de celles relatives à la grande vitesse. Ces conditions sont d'ailleurs variables suivant que l'expédition a lieu d'après le tarif général (tarif 3, en Belgique) ou en vertu de tarifs spéciaux qui, en compensation d'une réduction sur le prix du tarif kilométrique, laissent au chemin de fer plus de temps pour effectuer le transport.

(1) HOFF et SCHWABACH : Nordamerikanische Eisenbahnen, p. 285.



On distingue, dans la petite vitesse, les *expéditions par wagons incomplets* ou de *détail* et les *expéditions par wagons complets*. La différence porte, en premier lieu, sur ce que, pour les premières, le chargement et le déchargement sont faits par les agents du chemin de fer, tandis que, pour les secondes, le chargement doit être fait par l'expéditeur et le déchargement par le destinataire. Les premières peuvent être camionnées par les soins de l'administration, c'est-à-dire prises et remises à domicile, si la demande en est faite par l'expéditeur ou le destinataire ; il n'en est pas de même des secondes.

*Taxes minima.* — La taxation des expéditions en petite vitesse donne lieu à l'application de minima, justifiés par les complications dans le transport et la dépense plus élevée auxquelles elles donnent lieu, quand il s'agit de marchandises expédiées en petites masses.

Aux chemins de fer de l'Etat belge, les marchandises expédiées en petite vitesse par charges complètes sont réparties en quatre classes dont les taxes vont en décroissant de la première à la quatrième. Cette classification est basée en principe sur la valeur des marchandises, la quatrième classe comprenant celles de moindre valeur. Les trois premières classes sont subdivisées chacune en classe A et en classe B ayant comme minimum de chargement ou de base de taxation respectivement 5.000 et 10.000 kg. ; la taxe A est supérieure de 20 % à la taxe B. On applique toujours la taxation la plus favorable à l'expéditeur. La quatrième classe n'a pas de subdivision ; ses taxes ne s'appliquent qu'aux chargements minimum de 10.000 kg ou payant pour ce poids ; pour les chargements de 5 tonnes la taxe A de la troisième classe est plus avantageuse.

Pour les marchandises expédiées par charges incomplètes d'un poids minimum de 300 kg ou payant pour ce poids, il existe un « tarif de charges incomplètes » (1) dont les taxes sont celles du tarif 2 (grande vitesse) diminuées de 30 %. Ce tarif est appliqué à moins que le tarif 2 ou le tarif 3 avec le poids minimum exigé ne donne une taxe plus réduite.

Les marchandises de toute nature présentées par charge incomplète et pour lesquelles l'expéditeur demande l'emploi exclusif d'un wagon sont taxées d'après un poids minimum de 5.000 kg.

*Mode de transport.* — Les tableaux d'application des tarifs indiquent les marchandises qui, pour une classe déterminée du tarif, sont transportées en wagons découverts et non bâchés. Ces marchandises peuvent être déclassées et expédiées d'après un tarif plus élevé, lorsque l'expéditeur, voulant éviter la responsabilité du transport à découvert, demande sur la lettre de voiture l'emploi de wagons fermés ou bâchés. Dans les cas de l'espèce, l'expéditeur peut aussi, s'il veut éviter le déclassement, fournir lui-même les bâches nécessaires ou prendre en location des bâches de l'administration, mais alors la responsabilité de celle-ci n'est engagée que si le chargement est effectué sous la surveillance spéciale de ses agents.

Le chemin de fer n'est pas tenu d'accepter, non emballées, les marchandises qu'il est dans l'usage du commerce d'emballer. L'envoi en vrac est admis, lorsque l'emballage ne rentre pas dans les habitudes commerciales ; toutefois les marchandises susceptibles de se confondre avec d'autres ne sont acceptées, sous cette forme, que par wagon complet ou moyennant paiement du prix d'un wagon complet.

**Délais de transport et de livraison.** — Aux termes de leur règlement, les chemins de fer de l'Etat belge ont l'obligation de rendre à la station de destination les marchandises expédiées en petite vitesse dans un délai de 8 jours à partir de la première heure du jour suivant l'acceptation, pour autant que le transport ait lieu aux condi-

---

(1) Tarif mis en vigueur le 15 août 1922.

tions du tarif général. Ce délai peut être prolongé lorsque les marchandises voyagent aux conditions des tarifs spéciaux. Le délai est observé : a) pour les marchandises remises à domicile, par leur présentation au domicile du destinataire ; b) pour les marchandises à livrer en gare, par la remise de l'avis d'arrivée au destinataire ou le dépôt de cet avis à la poste ou au télégraphe, avant midi le jour suivant l'expiration ou délai.

En France, les marchandises doivent être expédiées le lendemain du jour qui suit la remise. La durée du trajet est calculée à raison de 24 heures par fraction indivisible de 125 kilomètres, étant entendu qu'un excédent de 25 kilomètres ne sera pas compté. Cette durée peut être réduite à 24 heures par 200 kilomètres pour certaines catégories de marchandises. Ces délais sont augmentés de 24 heures, quand la marchandise transite par une gare commune et de 2 jours si le transit s'effectue par deux gares distinctes en communication par rails. Enfin les marchandises doivent être remises au destinataire dans le jour qui suit leur arrivée. Lorsque les marchandises voyagent aux conditions des tarifs spéciaux, ces délais peuvent être augmentés ; l'augmentation est souvent fixée à 5 jours.

**Délais de déchargement et d'enlèvement.** — Les marchandises dont l'administration n'effectue pas le déchargement et celles qu'elle ne remet pas à domicile doivent être enlevées de la station par les soins du destinataire. Le délai accordé pour cet enlèvement, y compris éventuellement le déchargement des wagons, est fixée sur le réseau belge à 8 heures prenant cours à partir du moment de la remise de l'avis d'arrivée au destinataire. Les wagons remis aux établissements reliés au chemin de fer au moyen de raccordements privés doivent être restitués dans un délai de 6 heures par opération de chargement et de déchargement, soit 12 heures si le wagon remis chargé est restitué avec un nouveau chargement. Les chemins de fer ont grand intérêt à libérer leur matériel le plus tôt possible. Pour obtenir ce résultat, quelques-uns ont recours au système des délais réduits ; ils appliquent un tarif spécial réduit aux expéditeurs qui s'engagent à prendre livraison dans un délai plus court que celui prescrit par le règlement général. La Compagnie du Nord a adopté en grand les tarifs spéciaux avec délai réduit à 6 heures.

Les marchandises qui ne sont pas déchargées dans le délai prescrit donnent lieu à une indemnité de chômage du matériel, qui, en Belgique, est fixée à 0,50 fr. par heure pour les 24 premières heures, 1 fr. par heure pour les 24 heures suivantes, 1,50 fr. par heure pour les 4 jours suivants, 2,50 fr. par heure pour toute période subséquente, pour chaque wagon. Les marchandises déchargées, mais non enlevées, sont frappées d'une taxe de magasinage.

**Expéditions par wagons incomplets.** — La marchandise est amenée à la gare par l'expéditeur ou le service du camionnage, déposée dans le hangar si elle craint la mouille, dans le cas contraire, laissée à l'extérieur, à proximité d'une voie de chargement. Dans les grandes gares, les différents quais des halles sont affectés spécialement à des directions ou des destinations déterminées et les colis peuvent être reçus en face des wagons dans lesquels ils seront transportés ; on évite ainsi les erreurs d'expédition et on accélère les opérations de chargement.

La reconnaissance et le comptage des colis, la vérification de l'emballage, le pesage, le contrôle de la lettre de voiture et la taxation s'effectuent comme pour les expéditions en grande vitesse. Et de même que pour celles-ci, se pose la difficulté de la mise en wagons, avec la préoccupation de réaliser l'utilisation la plus économique de la capacité de chargement de ceux-ci, de réduire au minimum les transbordements en cours de route et de faire parvenir la marchandise à destination dans le plus court délai.

Il va sans dire qu'une gare n'est justifiée à spécialiser un wagon pour une destination déterminée que si elle a, pour cette destination, des expéditions en quantité suf-

fisante pour utiliser avantageusement ce wagon. En Allemagne, pareille spécialisation n'est tolérée que pour autant que ces expéditions groupées donnent un chargement de 2000 kg (1) au moins ou, à défaut de ce minimum de poids, une utilisation convenable du volume du wagon ; en Belgique, ce poids minimum est de 1500 kg. mais les stations sont tenues de grouper dans un même wagon les expéditions pour deux destinations situées dans la même direction, lorsque ces expéditions atteignent un poids de 1500 kg. pour chacune d'elles.

Les expéditions de détail qui ne peuvent pas être groupées utilement dans un wagon spécialisé sont chargées dans des *wagons de transbordement* dont le chargement se modifie en cours de route, qui reçoivent et déposent des colis dans les gares intermédiaires. Le « livret d'affectation » indique aux stations d'origine le nombre de wagons de l'espèce qu'elles ont à introduire dans les trains. En France, ces wagons portent des numéros apposés en gros caractères, correspondant à ceux d'un carnet spécial dressé pour tout le réseau et désignant les groupements de colis en destination de telles gares ou de telle destination, de même que les groupements à prendre par les trains, dans certaines gares bien définies de leur parcours. Les gares savent ainsi de suite dans quels wagons elles doivent effectuer les chargements. Tous les jours un train régulier de marchandises ramasse, dans toutes les stations d'une section, les colis de détail qui y ont été remis et y laisse les colis en destination de ces stations.

Les chemins de fer prussiens ont ce qu'ils appellent des gares de transbordement (Umladestationen), dont chacune groupe les marchandises de détail qui lui sont amenées par les trains de transbordement qui y aboutissent et les réexpédient, par wagons cadencés et directs, vers d'autres gares de transbordement, qui les distribuent aux trains de transbordement chargés de les amener à destination.

C'est ainsi, par exemple, que la gare de Magdebourg-N. (fig. 315), dans laquelle

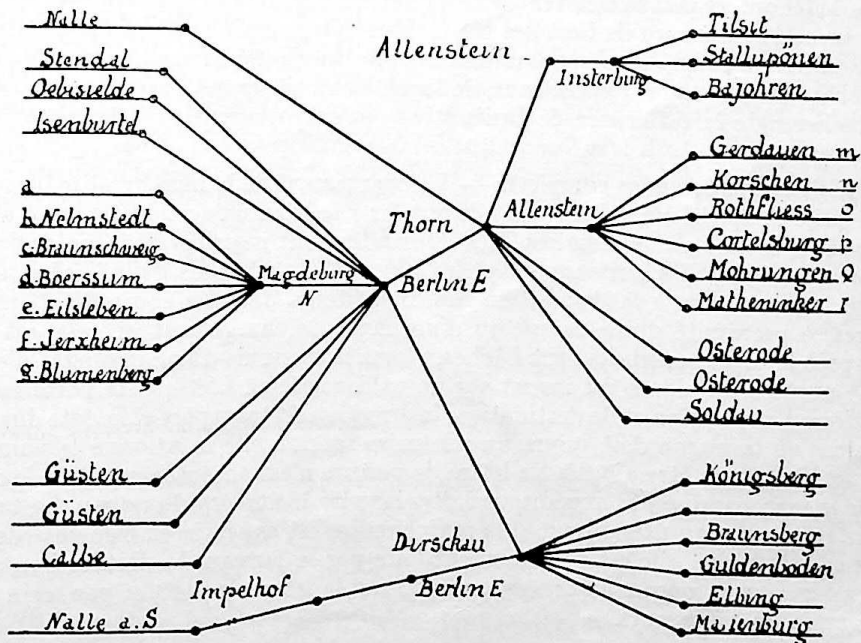


FIG. 315.

(1) Ce poids de 2000 kg. pour un wagon d'une capacité de 10 tonnes peut paraître faible, mais la perte subie par l'utilisation insuffisante du wagon est généralement moindre que la dépense (main-d'œuvre, dommages pour pertes, avaries ou retards) à laquelle donnent lieu les transbordements.



arrivent les trains de transbordement *a, b, c, d, e, f, g*, fait trois groupes de wagons directs, dont l'un pour Berlin E, l'autre pour Dirschau et le troisième pour Thorn, celui-ci pouvant contenir des wagons directs pour Allenstein. Les marchandises arrivées par *a, b, c, d, e, f, g*, en destination des lignes *m, n, o, p, q, r*, sont donc expédiées directement à Allenstein, par un train de marchandises rapide, sans devoir être transbordées ni à Berlin-E, ni à Thorn.

Les installations des halles et des voies de ces gares de transbordement ont tout le développement et réunissent tous les perfectionnements nécessaires pour que les opérations s'y fassent avec la célérité voulue. Pour faciliter la tâche des chargeurs, l'employé préposé à la taxation inscrit sur la lettre de voiture, en même temps que la taxe, le nom de la gare de transbordement sur laquelle la marchandise doit être dirigée. Chaque chargeur reçoit un exemplaire des « Ladevorschriften », qui donne toutes les indications nécessaires au sujet des gares de transbordement et des sections et gares qu'elles desservent. Chaque gare à son « Ladeplan », son tableau de chargement qui lui indique les trains par lesquels les colis qui lui ont été remis ou qui lui sont parvenus en sa qualité de gare de transbordement, doivent être expédiés et à quelle heure les marchandises qui lui parviennent doivent être déchargées ou remises au camionnage. Le principe est que toute marchandise doit être chargée le jour même où est reçue, et qu'il ne peut y avoir qu'une expédition par 24 heures pour n'importe quelle destination ou gare de transbordement.

L'habileté et l'intelligence qu'apportent les chargeurs à grouper les colis dans les wagons de transbordement a une grande importance au point de vue de l'utilisation du matériel de transport. Les compagnies américaines ont des surveillants spéciaux pour ce genre de travail et accordent des primes aux chargeurs habiles.

Malgré tous les perfectionnements apportés au service des transbordements, les chemins de fer ont avantage à éviter les manœuvres inhérentes aux expéditions de détail. C'est pour cette raison qu'ils font des tarifs plus avantageux pour les expéditions par wagons complets et que la plupart favorisent l'industrie des groupeurs, qui réunissent les marchandises de divers expéditeurs, de façon à constituer des chargements complets et à bénéficier de la différence de tarification, qu'ils partagent avec leurs clients.

**Expéditions par wagons complets.** — Le chargement de la marchandise incombant dans ce cas à l'expéditeur, celui-ci doit demander à la gare, un certain temps d'avance, les wagons qui lui sont nécessaires. Les demandes sont inscrites dans un registre au fur et à mesure qu'elles parviennent et les wagons sont fournis dans l'ordre des inscriptions. Ils sont mis à la disposition des expéditeurs dans les cours de chargement des gares, à proximité d'une rampe ou d'un engin de chargement si cela est nécessaire. Après le chargement, ils sont bâchés, plombés et munis d'une étiquette d'expédition. Le numéro du plomb est inscrit sur un cahier spécial. L'étiquette porte les noms des stations d'expédition et de destination, la direction du transport et la date du départ; dans le cas où le wagon doit suivre un itinéraire spécial, elle mentionne le numéro du train auquel il devra être ajouté. La lettre de voiture n'est acceptée qu'après le chargement de la marchandise et l'expéditeur doit y inscrire le numéro du wagon. La taxation est faite par le bureau expéditeur, si la marchandise est expédiée en franchise de port; dans le cas contraire, elle est généralement faite par le bureau de destination, auquel, en Allemagne, pour gagner du temps, on transmet la lettre de voiture par train exprès ou par train de voyageurs.

**Exécution des expéditions en petite vitesse.** — Chaque gare importante dresse un règlement de service indiquant, d'une manière précise, les heures auxquelles les wagons chargés doivent être retirés des halles et des voies de la cour aux marchandises

ainsi que les numéros des trains par lesquels ils doivent être expédiés. Ce règlement détermine les voies et les quais réservés aux wagons arrivants et l'organisation qu'il prescrit est combinée de telle sorte que toute confusion soit évitée entre les marchandises à l'arrivée et celles au départ. Dans les gares de transbordement, il désigne les trains par lesquels les wagons et les colis destinés à un embranchement doivent continuer leur route.

Le livret d'affectation et d'utilisation des trains (en Belgique : Livret du service des trains) est fait par les directions, qui tiennent compte de l'importance du trafic et de la capacité des gares et qui s'efforcent de faire arriver les wagons à destination dans le délai le plus court, en réduisant au minimum les manœuvres en cours de route. Ainsi qu'il a été dit précédemment, les expéditions en petite vitesse sont assurées par des trains de transit (trains de charbon de Lens à Paris, 210 km.), de Nyslowitz à Hambourg, 835 km), faisant les transports entre les grands centres de consommation ou les ports de mer, des trains directs n'ayant d'arrêts fixes qu'aux points principaux de leur parcours, et des trains de détail s'arrêtant dans toutes les gares pour y enlever soit des marchandises de détail, soit des wagons complets.

Le train étant formé, le chef-garde prend possession des titres de transport qui, outre les lettres de voiture, comportent pour chaque véhicule une feuille de route qui l'accompagne jusqu'à destination. Aidé de ces documents, il fait la reconnaissance des wagons ; il s'assure qu'ils sont classés dans l'ordre voulu, vérifie s'ils sont plombés. si les chargements des wagons découverts sont bien faits et constate que les attelages sont bien assurés. Il établit le tonnage de son train ; ce tonnage ne doit pas dépasser la charge limite de la locomotive, eu égard à la vitesse et au profil de la ligne à suivre et il doit tenir compte des demandes de place des gares du parcours, qui ont à annoncer aux stations de formation le nombre, le tonnage et la destination des wagons qu'ils ont à remettre au train. Avant le départ, le chef-garde s'assure également que le freinage du train est réglementaire et que celui-ci est muni des signaux.

En cours de route, le chef-garde inscrit ses expéditions sur un carnet qu'il fait émarger par les gares au passage ; il fait le classement par destinations et par directions de ses titres de transport, en dressant des bordereaux pour les expéditions qui doivent continuer sur les embranchements. Dans la station d'arrivée, il procède à la vérification du train, contradictoirement avec le personnel de la gare ; cette vérification porte principalement sur le nombre et le plombage des wagons. Ceux-ci sont conduits ensuite dans les halles ou sur les voies des cours de déchargement, conformément aux prescriptions du règlement de service de la gare. Si la marchandise ne doit pas être remise à domicile par l'administration, le chef de station envoie un avis d'arrivée au destinataire.

#### IV. — SERVICES ANNEXES DES TRANSPORTS.

##### 1° Transport des voyageurs.

**Nettoyage des voitures.** (1) — Les voitures pour voyageurs, les voitures-poste et les fourgons doivent être nettoyés à fond et au moins une fois par jour quand ils font un service de navette. Ce nettoyage est fait dans les gares que désigne le livret de roulement des rames et qui sont outillées en matériel et en personnel en conséquence. Outre le nettoyage à fond, qui s'effectue dans les gares de formation, il est fait des nettoyages sommaires, sur les voies des stations dans l'intervalle qui sépare deux voyages consécutifs. Sur différents réseaux, les trains à longs parcours sont accompagnés de

(1) Handbùch der Ingenieurwissenschaften. V. Theil, VI. Band, XII. Kapitel, pp. 145 à 158.

nettoyeurs ambulants, qui veillent à la propreté des water-clossets, des couloirs et des rampes d'entrée.

Le nettoyage comprend le battage des carpettes, le balayage des tapis et des parquets, le battage et le brossage des coussins et banquettes, l'époussetage et le brossage des garnitures, le nettoyage des parois intérieures, de la tableterie, des miroirs et des photographies, le lavage des cuvettes et sièges des water-clossets, le lavage et l'époussetage des parois extérieures de la caisse, le nettoyage intérieur et extérieur des glaces, le frottement des cuivres intérieurs et extérieurs, des serrures, des poignées et rampes d'entrée, le nettoyage des coupes de lampe et des chapiteaux et des cols de cygne des appareils à gaz. A ces opérations s'ajoutent le remplissage des réservoirs à eau des voitures et des wagons-restaurants, l'entretien et le remplacement des housses, linges de lavabos, taies d'oreiller, savons, papier hygiénique, etc.

Le brossage et le battage des tapis, des coussins et des garnitures donnent lieu à des déplacements de poussières, qui ne laissent pas d'être dangereux au point de vue de la propagation des maladies contagieuses. Pour combattre ce danger, beaucoup d'administrations ont recours à des aspirateurs de poussières, par le vide ou l'air comprimé, qui ont comme autre avantage d'effectuer un nettoyage plus complet et plus rapide.

Toute voiture ayant servi au transport d'un voyageur atteint d'une maladie contagieuse doit être retirée immédiatement du service, fermée à clef et dirigée sur l'atelier spécialement chargé de la désinfection de véhicules de l'espèce.

Le nettoyage intérieur et extérieur des voitures incombe, en général, aux agents du service de l'exploitation et doit être exécuté sous les ordres et la responsabilité des chefs de gare.

**Chauffage et éclairage des trains** (1). — L'organisation du chauffage des trains varie d'un réseau à l'autre, suivant le climat et les appareils employés. Le règlement de l'Etat belge énonce que le chauffage commence le 1<sup>er</sup> novembre pour les trains de nuit et les trains internationaux et le 15 novembre pour les trains en général. Il va sans dire que cette prescription n'est pas exécutée à la lettre et que, selon la température extérieure, on commence à chauffer les trains un peu avant ou un peu après la date prévue. Le chauffage à la vapeur donne à cet égard toutes facilités, puisqu'il suffit de lancer un ordre pour l'obtenir ou l'arrêter et qu'il peut être modéré suivant les circonstances. L'essentiel est que le service du chauffage prenne des mesures pour que, avant la date prévue par le règlement, les installations fixes des gares soient en état de fonctionner, que les robinets des locomotives aient été revisés et les accouplements placés aux voitures. On profite de l'été pour faire la réparation des appareils et les remettre en bon état.

Les chefs de gare ont à veiller à ce que les chaufferettes, remplies d'eau suffisamment chaude, soient placées dans les compartiments 20 minutes avant le départ du train et que le chauffage préalable des rames chauffées à la vapeur soit fait à temps (40 minutes avant le départ). (2).

Le règlement du service de l'éclairage détermine, pour chaque mois de décade en décade, l'heure à laquelle les appareils d'éclairage doivent être allumés et éteints, aussi bien dans les gares que dans les trains. L'observation de ces heures se fait sans difficulté aux trains éclairés à l'électricité ; les gardes ont les clefs pour les commutateurs et allument, pendant la marche du train, quand le moment est venu. Aux trains éclairés

(1) Handbûch der Ingenieurwissenschaften. V. Theil, VI, Band, XII Kapitel, pp. 153-287.

(2) Depuis la guerre, le chauffage par chaufferettes a disparu en Belgique.



par le gaz ou au moyen de lampes à l'huile, l'intervention d'un lampiste montant sur les impériales des voitures est nécessaire ; il en résulte que l'allumage ne peut se faire que pendant l'arrêt dans une station.

## 2° Transport des marchandises.

**Nettoyage et désinfection des wagons (1).** — Après qu'ils ont été déchargés et avant de recevoir un nouveau chargement, les wagons à marchandises doivent être balayés à l'intérieur. Ils doivent en outre être désinfectés quand ils ont servi au transport d'animaux vivants ou de matières putrescibles.

En France, l'arrêté ministériel du 13 mars 1906 rend la désinfection obligatoire pour tout le matériel de chemin de fer ayant servi au transport d'animaux d'espèces bovine, ovine, caprine. Aussitôt après l'embarquement, la gare doit coller sur chaque wagon ou boîte une étiquette « à désinfecter à l'arrivée » (ou « à désinfecter par la gare de ..... », si la gare destinataire n'est pas centre de désinfection). Cette étiquette est timbrée à date ; après désinfection, elle est détruite et remplacée par une étiquette « désinfecté » timbrée également.

La désinfection est faite, après enlèvement de la paille et du fumier et lavage à eau chaude du plancher, soit avec du lait de chaux à 10 %, soit avec des hypochlorites de soude ou de potasse étendus au 10<sup>e</sup>, soit encore avec de l'eau bouillante, projetée à l'aide de vapeur sous pression. Les chemins de fer prussiens emploient une lessive obtenue par 2 kg de soude sur 100 litres d'eau, chauffée à 50 degrés au moins, avec laquelle on lave le plancher, la plafond et les parois extérieures et intérieures du wagon. Une fois désinfectés, les véhicules sont laissés ouverts jusqu'à ce qu'ils soient parfaitement secs.

La loi allemande prescrit une désinfection approfondie, lorsque les animaux transportés arrivent de régions dans lesquelles règnent la peste bovine, le charbon, la stomatite aphteuse, etc. Dans ces cas, les wagons ayant subi la désinfection ordinaire sont badigeonnés à l'intérieur au moyen d'une solution à 3 % d'acide crésolsulfonique. L'opération de désinfection nécessite des installations spéciales, que les administrations ne réalisent que dans un certain nombre de stations, de préférence celles vers lesquelles s'effectuent principalement les transports des animaux d'espèces bovine, ovine, caprine et porcine, et sur lesquelles les autres gares dirigent leurs wagons à désinfecter.

**Bâches.** — Suivant les conditions du transport, le tarif prévoit que le bâchage des wagons découverts incombe à l'administration ou ne lui incombe pas. Dans ce dernier cas, l'expéditeur peut fournir lui-même les bâches qu'il juge nécessaires ou les emprunter à l'administration, moyennant un droit de location qui est de 6 francs par bâche en Belgique, en service intérieur.

En France, chaque réseau compte un certain nombre de gares dites de concentration de bâches, qui sont chargées de la répartition de celles-ci comme s'il s'agissait de wagons. Les gares détentrices de bâches doivent en informer de suite la gare de concentration dont elles relèvent et les retourner d'office à celles-ci, dans les 24 heures, si elles n'ont pas reçu l'ordre de les réexpédier sur une autre gare ou si elles-mêmes n'en ont pas eu l'emploi. Un tableau leur donne le numéro du train par lequel doit se faire le renvoi au centre de concentration. Lorsqu'il s'agit de bâches étrangères, on doit, si on ne les utilise pas dans un délai court (48 heures à la compagnie du Nord) les réexpédier haut-le-pied avec feuille en service, sur la gare d'échange la plus voisine avec le réseau propriétaire. Lorsque les bâches sont renvoyées haut-le-pied, soit aux

(1) Handbuch der Ingenieurwissenschaften. V. Theil, VI Band, XII Kapitel, pp. 228 à 235.

gares de concentration, soit aux gares d'échange, elles doivent être soigneusement pliées de façon à faire apparaître leur numéro et leur marque. Les bâches fixes, attachées aux wagons, doivent, après déchargement, être convenablement roulées et fixées à leurs attaches.

**Petit matériel divers.** — En dehors des bâches, les gares disposent de prolonges, garrots, cales, etc., qu'elles utilisent pour maintenir les chargements. Une partie de ce matériel leur appartient et doit leur être retourné comme expédition de service, par la gare destinataire, lorsque celle-ci n'en a pas l'utilisation.

# TABLE DES MATIÈRES

## TROISIÈME PARTIE. — L'EXPLOITATION TECHNIQUE.

### CHAPITRE XIX. — LES TRAINS.

	Pages
I. — Nature et affectation des trains .....	7
II. — Charges-limites et durées de parcours .....	11
1. Le calcul des charges-limites .....	11
α) Méthode de Strahl .....	11
β) Méthode de Sanzin .....	15
2. Le calcul des durées de parcours .....	16
α) Méthode de von Borries .....	17
β) Méthode de Strahl .....	19
3. Détermination graphique des durées de parcours des trains .....	21
α) Méthode de Müller .....	22
β) Méthode de Caesar .....	24
III. — Choix du remorqueur .....	27
1. Locomotives à grande vitesse .....	27
2. Locomotives mixtes et à marchandises .....	30
α) Locomotives mixtes .....	30
β) Locomotives à marchandises .....	31
3. Locomotives articulées .....	33
4. Locomotives-tender .....	34
α) Locomotive-tenders pour trains de banlieue .....	34
β) Locomotive-tenders pour la grande ligne et les lignes d'embranchement .....	35
5. Voitures automotrices .....	37
α) Voitures à moteur à vapeur .....	37
β) Voitures à moteur à explosion .....	39
γ) Voitures à moteur électrique .....	40

### CHAPITRE XX. — LA VOIE COURANTE.

I. — Sens de la circulation. Numérotation des trains .....	42
II. — Points spéciaux de la voie .....	42
III. — Quadruplements de voie .....	47
IV. — Limitation de la vitesse .....	51

### CHAPITRE XXI. — LES GARES.

I. — Les gares spécialisées .....	54
1. Les grandes gares à voyageurs .....	54
A) Considérations générales .....	54
B) La construction au point de vue du trafic .....	56
C) La construction au point de vue de l'exploitation .....	60
D) Particularités des grandes gares à voyageurs .....	64
2. Les gares de remisage .....	67



3. Les grandes gares à marchandises .....	69
A) Gares affectées au trafic en général .....	69
B) Gares à marchandises spéciales .....	78
4. Les gares de triage et de formation .....	78
A) Généralités .....	78
B) Formes des gares de triage et de formation .....	85
C) Détails de construction et de fonctionnement .....	88
II. — Les gares non spécialisées .....	95
1. Considérations générales .....	95
2. Service des voyageurs .....	96
3. Service des marchandises .....	97
4. Disposition des voies .....	98
III. — Les dépôts de locomotives .....	101
1. Les remises .....	102
A) Remises rectangulaires .....	102
B) Remises circulaires .....	105
C) Détails de construction .....	106
2. La cour .....	110

#### CHAPITRE XXII. — LES SIGNAUX.

I. — Les signaux de la voie .....	116
1. Les signaux mobiles .....	116
2. Les signaux fixes .....	117
A) Signaux optiques de jour .....	118
B) Signaux optiques de nuit .....	121
C) Signaux de brouillard .....	122
D) Indicateurs d'approche .....	124
3. Les répéteurs de signaux sur les machines ou signaux d'abri .....	125
A) Appareils à commande mécanique .....	125
B) Appareils électriques avec contact de voie .....	126
C) Appareils électriques sans contact de voie .....	129
4. L'arrêt automatique du train .....	131
5. La construction des signaux .....	132
A) Signaux à voyant .....	132
B) Sémaphores .....	133
6. La manœuvre des signaux .....	134
A) Transmissions à simple fil .....	135
B) Transmissions à double fil .....	136
C) Signaux conjugués .....	138
D) Signaux automatiques .....	139
E) Désengageurs .....	139
II. — Les signaux du mécanicien .....	140
III. — Les signaux des agents des trains .....	141
IV. — Les signaux échangés entre les agents de la voie .....	141

#### CHAPITRE XXIII. — LA SIGNALISATION.

I. — Protection des obstacles .....	143
1. Trains en mouvement .....	143
2. Ponts tournants. Passages à niveau. Haltes .....	145
3. Bifurcations .....	146
4. Gares et stations .....	149
A) Gare ordinaire ne servant pas au garage des trains .....	150
B) Gare ordinaire servant au garage des trains .....	151
C) Grandes gares .....	154

II. — Signalisation d'une ligne .....	158
III. — Distance d'implantation des signaux .....	159
IV. — Position des signaux par rapport à la voie .....	160
V. — Dispositif imposant l'arrêt aux trains .....	161

## CHAPITRE XXIV. — L'ORGANISATION DES POSTES DE SÉCURITÉ.

I. — Théorie des enclenchements .....	163
A) Les notations .....	163
B) Enclenchements binaires .....	165
C) Enclenchements conditionnels .....	166
D) Composition des enclenchements .....	168
E) Réduction des enclenchements .....	171
II. — Application des enclenchements dans l'organisation des postes de sécurité .....	173
1. Classification des enclenchements .....	173
2. Réalisation des enclenchements .....	175
III. — Etude d'un projet d'enclenchements .....	185
A) Programme d'enclenchements .....	185
B) Tableaux d'enclenchements .....	191
C) Vérification des projets d'enclenchements .....	191
IV. — Appareils d'enclenchements .....	192
1. Appareils d'enclenchements mécaniques .....	193
A) Appareils du type anglais .....	193
B) Appareils du type allemand .....	200
2. Appareils d'enclenchements à transport de force .....	205
A) Système hydrodynamique .....	207
B) Système pneumatique à basse pression .....	208
C) Système hydropneumatique .....	209
D) Système électropneumatique .....	211
E) Système électrique .....	213
F) Leviers d'itinéraires .....	222
G) Postes de triage .....	224
3. Comparaison des appareils à commande manuelle et des appareils à commande dynamique .....	225
4. Enclenchements économiques .....	226

## CHAPITRE XXV. — LE FREINAGE DES TRAINS.

I. — Le freinage à main .....	228
1. Le coefficient de freinage .....	228
2. Le réglage de freinage .....	234
II. — Le freinage continu .....	238
1. Le freinage continu des trains de marchandises .....	239
2. Le freinage continu sur longues pentes .....	241

## CHAPITRE XXVI. — LE MOUVEMENT DES TRAINS.

I. — L'expédition des trains .....	243
II. — Le Block-system .....	247
1. Lignes exploitées à double voie .....	248
A) Block-system à appareils gardés .....	249
B) Block-system automatique .....	258
2. Lignes exploitées à voie unique .....	270
A) L'exploitation en navette et le pilotage .....	271

b) Le train staff-system .....	271
c) Le Block-system .....	272
III. — Incidents de route .....	273

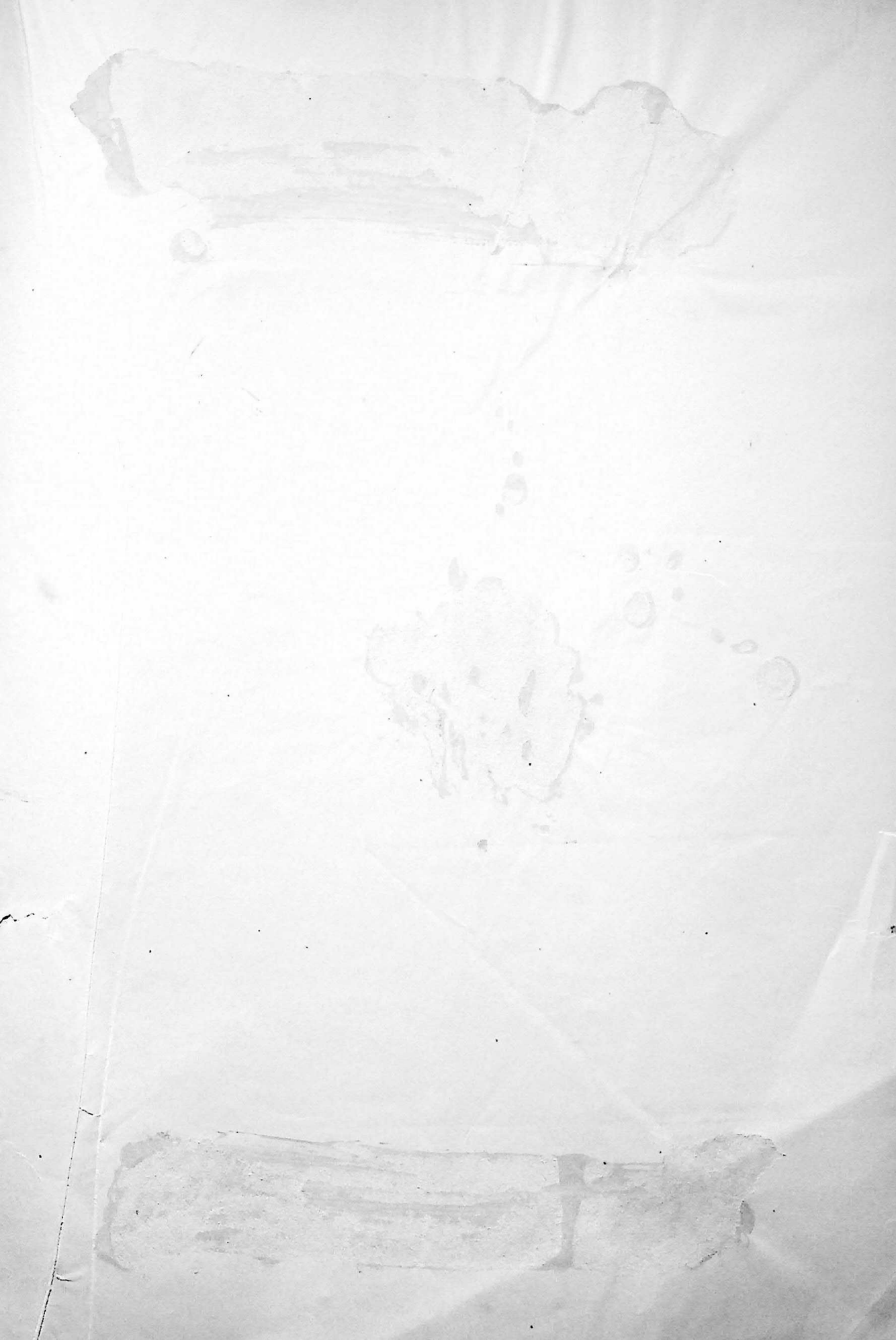
CHAPITRE XXVII. — L'ORGANISATION DU SERVICE DES TRAINS.

I. — L'économie du service des trains .....	277
II. — L'étude des horaires .....	284
III. — L'utilisation du matériel de transport .....	288

CHAPITRE XXVIII. — L'EXÉCUTION DES TRANSPORTS.

I. — Transport des voyageurs .....	298
II. — Transport des bagages et des colis par exprès .....	302
III. — Transport des marchandises .....	304
1. Transports en grande vitesse .....	305
2. Transports en petite vitesse .....	306
IV. — Services annexes des transports .....	311
1. Transport des voyageurs .....	311
2. Transport des marchandises .....	313





# Librairie Polytechnique Ch. Béranger

PARIS

RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE

RUE DES DOMINICAINS, 8

- 
- Humbert.** *Traité complet des chemins de fer*, 3 vol. . . . . 90 fr.  
Tome I : Historique et organisation financière, Infrastructure, Superstructure, Voie.  
Tome II : Gares et Stations, Signaux et Enclenchements, Matériel roulant.  
Tome III : Description de la Locomotive, Freins.
- Demoulin.** *Traité pratique de la Machine Locomotive, comprenant les principes généraux relatifs à l'Étude et à la Construction des Locomotives*, 4 vol. grand in-8°, reliés . . . . . 150 fr.
- Sauvage.** *La Machine Locomotive*, 7<sup>me</sup> édition, reliée . . . . . 25 fr.  
Manuel pratique donnant la description des organes et du fonctionnement de la locomotive à l'usage des Mécaniciens et des Chauffeurs.
- Carol.** *Résistance des Matériaux appliquée aux Machines, Assemblages fixes et démontables, transmission de mouvement, Machines-Outils, Appareils de levage, Matériel roulant des Chemins de fer, Spécifications techniques, etc.*  
2 vol. reliés, in-8° . . . . . 70 fr.
- Séries normales de boulons, goujons, écrous, rondelles, rivets** . . . . . 15 fr.
- Spécifications techniques et cahiers des charges des Unifiés français.** . . . . 19.50
- Bodmer.** *Réception du Matériel des Chemins de fer*, in-8°. . . . . 12 fr.
- Partiot.** *Construction des Chemins de fer*, 1 vol. in-4° avec planches . . . . . 20 fr.
- Maréchal.** *Chemins de fer Electriques*, 1 vol. in-8° avec 516 fig. . . . . 40 fr.
- Maréchal.** *Tramways Électriques*, 1 vol. in-8° . . . . . 15 fr.
- Kauffmann (de).** *Politique française en matière de Chemin de fer* . . . . . 30 fr.
- Hamon.** *Politique française en matière de Chemin de fer* . . . . . 10 fr.
- A. Petit.** *Aide-mémoire des Sous-Ingénieurs des Ponts et Chaussées*, 1 vol. in-12, 1325 pages . . . . . 50 fr.
- Plumon.** *Dictionnaire des Termes techniques français, anglais, allemands, italiens, espagnols, hollandais, concernant les Travaux Publics, Ponts et Routes*, relié. 35 fr.

---

Envoi du Catalogue sur demande.



Titre créé après  
le 6 octobre 1944



# Charbonnages de

# **BONNE ESPERANCE - BATTERIE**

# **BONNE FIN & VIOLETTE**

*Société Anonyme*  
Siège Social: Liège

Constituée par acte passé devant le Notaire MARTROYE, à Bruxelles, le 9 novembre 1859, autorisée par Arrêté Royal du 11 décembre 1859, et dont les statuts ont été modifiés une première fois par procès-verbal dressé par Maître J. REMY, Notaire à Liège, le 29 avril 1892, publié au « Moniteur Belge », les 19-20 mai 1892 sous le n° 1363 de l'annexe; modifiés ensuite par procès-verbal dressé par Maître A. REMY, Notaire à Liège, aux dates ci-après: le 7 avril 1902 (publication aux annexes du « Moniteur Belge », le 26 avril 1902, n° 3137); le 27 juillet 1905 (publication idem les 14-15 août 1905, n° 4341); le 30 mars 1920 (publication idem les 19-20 avril 1920, n° 4185); le 7 avril 1930 (publication idem le 27 avril 1930, acte n° 6563); Maître DUCHESNE, Notaire à Liège, le 23 décembre 1932 (publication idem le 31 décembre 1932, acte n° 16011) et le 25 avril 1933 (publication idem le 19 mai 1933, acte n° 7201); Maître F. SERSTEVENS, Notaire à Liège et Maître BINARD, Notaire à Châtelet, le 5 janvier 1940 (publication idem le 20 janvier 1940, acte n° 527); Maître F. SERSTEVENS, Notaire à Liège, Maître SCHEYVEN, Notaire à Bruxelles et Maître BINARD, Notaire à Châtelet, le 10 juillet 1950 (publication idem les 31 juillet/1<sup>er</sup> août 1950, acte n° 18603).

**ACTION n° 20189 au porteur**  
sans mention de valeur  
donnant droit à un 24.304<sup>e</sup> de l'avoir social et des bénéfices

L'assemblée générale extraordinaire du 10 juillet 1950 a décidé d'absorber la Société Anonyme des Charbonnages de Bonne-Fin contre :

- 1<sup>o</sup> remise de 4.304 actions à créer;
- 2<sup>o</sup> annulation des 60.028 actions de capital actuelles de 250 francs non transformées de la Société Anonyme des Charbonnages de Bonne-Fin se trouvant dans le portefeuille de la Société Anonyme des Charbonnages de Bonne-Espérance, Batterie et Violette.

Un Administrateur,

*P. Lamiot*

Le Président du Conseil  
d'Administration,

*L.L.*

Titre créé après  
le 6 octobre 1944