

II, 1 : SIGNAUX

200 =

TRAITÉ D'EXPLOITATION

DES

CHEMINS DE FER

Bruxelles. — Imprimerie A. LEFÈVRE, 9, rue Saint-Pierre.

TRAITÉ D'EXPLOITATION
DES
CHEMINS DE FER

PAR

A. FLAMACHE

Ingénieur des chemins de fer de l'État belge
chargé du cours de chemins de fer
à l'Université de Gand

A. HUBERTI

Ingénieur
Professeur des cours de chemins de fer
et de topographie à l'Université de Bruxelles

ET

A. STÉVART

Ingénieur en chef honoraire des chemins de fer de l'État belge
Professeur honoraire à l'Université de Bruxelles
Chargé du cours d'exploitation des chemins de fer à l'École des mines de Liège

TOME DEUXIÈME

(1^{er} fascicule)

SIGNAUX

BRUXELLES

GUSTAVE MAYOLEZ, LIBRAIRE-ÉDITEUR

13, RUE DE L'IMPÉRATRICE, 13

—
1887

AVANT-PROPOS

En commençant la publication du second volume de ce traité, nous sommes heureux de pouvoir joindre à nos noms celui de M. A. STÉVART, ingénieur en chef honoraire des chemins de fer de l'État belge, chargé, à l'École des mines de Liège, du cours d'exploitation des chemins de fer.

Notre ami commun s'étant consacré à cet enseignement depuis quatre ans, a pu nous prêter le concours de sa science et l'autorité de son nom, que de multiples occupations l'avaient forcé de nous refuser au début de notre travail.

Non seulement notre tâche en sera facilitée, mais notre livre reflètera plus complètement l'état de l'enseignement de la technique des chemins de fer dans les écoles spéciales de la Belgique. Aussi, croyons-nous que cette nouvelle sera accueillie avec sympathie par le public spécial auquel nous nous adressons.

A. HUBERTI.

A. FLAMACHE.

1860

THE STATE OF NEW YORK
IN SENATE
January 15, 1860.

REPORT
OF THE
COMMISSIONERS OF THE LAND OFFICE
IN ANSWER TO A RESOLUTION PASSED BY THE SENATE
MAY 15, 1859.

ALBANY:
PUBLISHED BY
J. B. KNEELAND, STATE PRINTER,
1860.

ALBANY:
J. B. KNEELAND, STATE PRINTER,
1860.

TABLE DES MATIÈRES

DU

DEUXIÈME VOLUME.

(Premier fascicule.)

LIVRE IV. — LES SIGNAUX.

SIGNALISATION.

	Pages
Généralités sur les signaux	6
Choix des formes	7
Choix des couleurs. — <i>Daltonisme.</i> — <i>Action des brouillards sur les feux colorés</i>	7
Choix des sons.	10
Classification des opérations de la signalisation.	10
I. — SIGNAUX ÉCHANGÉS ENTRE LES AGENTS DE LA VOIE.	
1. — ANNONCE DES TRAINS	11
Annonce au cornet	11
Grosses sonneries.	11
Annonce à l'aide de signaux optiques.	13
Annonce au moyen d'indicateurs spéciaux	14
2. — DEMANDES DE SECOURS	14
3. — SIGNAUX COMMANDEURS	16

	Pages.
II. — SIGNAUX DE LA VOIE AUX TRAINS.	17
A. — Couverture des points dangereux simples.	
1. — POINTS DANGEREUX TEMPORAIRES. — <i>Signaux portatifs</i>	18
2. — POINTS DANGEREUX PERMANENTS. — <i>Rôle et interprétation du signal à distance.</i>	
<i>Règles en vigueur sur diverses exploitations</i>	19
<i>Cas spéciaux : ponts tournants, traversées, passages à niveau, etc.</i>	25
B. — Protection des trains en marche.	
Protection des trains sur les lignes à double voie.	
§ 1 ^{er} . — INTERVALLE DE TEMPS.	
§ 2. — BLOCK-SYSTEM.	
1. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.	30
Fonctionnement du Block-system. — <i>Block absolu.</i> — <i>Block permissif.</i> — <i>Block conditionnel.</i>	
2. — THÉORIE GÉNÉRALE DU BLOCK-SYSTEM.	
Discussion des conditions générales à remplir	38
Block à sections ouvertes et Block à sections fermées.	44
Extrémités de lignes	46
3. — CAS PARTICULIER D'EXPLOITATION	47
Block à sections dépendantes et à déclenchement indépendant	48
Block à sections indépendantes	48
Block à sections séparées	49
Combinaison du Block et de l'interlocking-system	50
Protection des trains sur les lignes à voie unique.	
§ 1 ^{er} . — EXPLOITATION EN NAVETTE	50
§ 2. — PILOTAGE.	50
§ 3. — TRAIN STAFF	52
§ 4. — TRAIN STAFF AND TICKET	53
§ 5. — BLOCK-SYSTEM PAR LE TÉLÉGRAPHE ORDINAIRE	58
§ 6. — DISPATCH-SYSTEM	61
§ 7. — BLOCK-SYSTEM AU MOYEN D'APPAREILS SPÉCIAUX.	62
C. — Signaux des bifurcations.	
§ 1 ^{er} . — DISPOSITIONS DIVERSES AUX BIFURCATIONS.	
1. — BIFURCATIONS ANCIENNES	67
2. — BIFURCATIONS AVEC SIGNAUX DE PASSAGE ET DE DIRECTION DISTINCTS. — <i>Nord</i> <i>français.</i> — <i>Ouest français.</i> — <i>P.-L.-M.</i>	68
3. — BIFURCATION OU LES FONCTIONS DE PASSAGE ET DE DIRECTION SONT CONCENTRÉES DANS LE MÊME APPAREIL. — <i>Lignes allemandes.</i> — <i>Lignes anglaises et</i> <i>belges</i>	69

	Pages.
§ 2. — POSITIONS RELATIVES DES APPAREILS ET DES SIGNAUX AUX BIFURCATIONS.	72
§ 3. — POSITIONS NORMALES DES SIGNAUX	77
§ 4. — VITESSE DES TRAINS	78
§ 5. — LE BLOCK-SYSTEM AUX BIFURCATIONS	78
D. — Points dangereux successifs.	
E. — Signaux des stations.	
§ 1 ^{er} . — STATIONS SECONDAIRES	84
§ 2. — STATIONS IMPORTANTES.	
SERVICE LOCAL.	84
1 ^{er} système. — <i>Gare de Bruxelles-Nord</i>	85
2 ^e système. — <i>Régions dangereuses</i>	88
<i>Gare de Paris-Nord, de London-Bridge, de Bruxelles-Nord</i>	90
<i>Gares allemandes. — Schlesischer Bahnhof.</i>	95
SERVICE DE TRANSIT.	98
SERVICES DE MANŒUVRES	100

III. — SIGNAUX DU TRAIN A LA VOIE.

1. — SIGNAUX RELATIFS A LA MARCHÉ PROPRE DU TRAIN	102
2. — SIGNAUX RELATIFS A LA MARCHÉ D'AUTRES TRAINS	104
3. — SIGNAUX RELATIFS A L'ÉTAT DE LA ROUTE.	104

IV. — SIGNAUX DU TRAIN AU TRAIN 105

V. — SIGNAUX POUR LE PUBLIC 107

DES SIGNAUX CONSIDÉRÉS COMME APPAREILS.

I. — SIGNAUX ORDINAIRES.

A. — Signaux amovibles.

Drapeaux	109
Voyants à main.	109
Lanternes	109
Signaux pyrotechniques.	110
Signaux acoustiques	110

B. — Signaux fixes.

§ 1^{er}. — SIGNAL PROPREMENT DIT.

Mât	111
Voyant	112
Lanterne	113

	Pages.
§ 2. — MANŒUVRE ET CONNEXION.	
Transmission à un fil	
1. — COMPENSATEUR D'ORIGINE. — <i>Surcroît de course.</i> — <i>Contrepoids</i>	115
Appareil anglais	117
Appareil de l'Ouest français.	118
Appareil de l'Est français	118
Appareils du Grand-Central belge	119
Appareil Flamache	119
Appareil du P.-L.-M.	119
2. — CONTREPOIDS PLACÉS SUR LA CONNEXION ELLE-MÊME.	
Tendeur Robert	121
Compensateur Dujour	121
Compensateur Saxby et Farmer	121
Manœuvre à longue distance. — Relais	122
3. — FIL DE TRANSMISSION.	123
4. — CONTRÔLE DE LA POSITION DES SIGNAUX MANŒUVRÉS A DISTANCE	124
Transmission à deux fils	
	124

II. — SIGNAUX SPÉCIAUX.

A. — Signaux de correspondance.

§ 1^{er}. — SONNERIES D'ANNONCE DES TRAINS.

Sonneries de Siemens et Halske	125
Cloches Leopolder	128
Cloche Regnault, de l'Ouest.	129

§ 2. — AVERTISSEURS SPÉCIAUX.

Avertisseur Walker (Train Describer)	129
Avertisseur Jouselin.	130
Avertisseur à guichets du Nord français	131
Appareil Guggemos	132
Avertisseur Leduc.	133
Téléphones.	133

B. — Signaux indicateurs.

§ 1^{er}. — INDICATEURS DE POSITION. — SIGNAUX D'AIGUILLES

Ouest français	134
Nord français	134
P.-L.-M.	134
Orléans	134
Est français	135
Midi.	135
Signal anglais.	135
Signal de Saarbrücke-Trèves	135
Signaux-lanternes des chemins de fer allemands	135

	Pages.
Signal Bender	136
Signal Taurel	136

§ 2. — INDICATEURS DE VITESSE.

Dromoscope Leboulangé.	137
Dromopétard Leboulangé	138

C. — Signaux du Block-system.

§ 1^{er}. — APPAREIL DE BLOCK SIMPLES 139

Appareil de Cooke	140
Id. de Clarke	140
Id. de Highton.	140
Id. de Walker	141
Id. de Spagnoletti.	141
Id. de Preece	142
Id. de Tyer	142
Id. de Tyer modifié	144
Id. de Regnault	144
Résumé	145

§ 2. — APPAREILS DE BLOCK ENCLENCHÉS 146

Appareil Siemens et Halske.	148
Électro-sémaphore Lartigue-Tesse et Prudhomme	151
Appareils Regnault modifiés	158
Nouveaux appareils du P.-L.-M.	160
Appareil Hodgson.	162
Appareil Flamache	166

§ 3. — APPAREILS DE BLOCK ENTIÈREMENT AUTOMATIQUE 172

D. — Intercommunication dans les trains.

Avertisseur Prudhomme.	175
Avertisseur Westinghouse	177

III. — ENCLENCHEMENTS.

A. — Enclenchements directs 179

§ 1^{er}. — ENCLENCHEMENTS ÉLÉMENTAIRES 180

Origine des enclenchements. — Système Vignier	181
Appareils d'enclenchement du chemin de fer du Midi français	182
Système Saxby et Farmer	183

§ 2. — ENCLENCHEMENTS CONDITIONNELS.

Balancier articulé de Dujour	187
Enclenchements conditionnels de Saxby :	
<i>Taquet articulé.</i>	188

	Pages.
<i>Enclenchement à marteau</i>	188
<i>Enclenchement à boîte.</i>	189
<i>Enclenchement à glissière</i>	189
Solution générale du problème des enclenchements conditionnels	190
<i>Solution Saxby et Farmer</i>	191
<i>Solution Dujour</i>	193
§ 3. — ÉTUDE D'UN APPAREIL D'ENCLENCHEMENT.	
Emplacement et espacement des cabines	193
Nombre de leviers	195
Position normale des leviers	195
Nombre de barres.	196
Disposition des leviers	197
Tableau des relations.	197
Application.	198
§ 4. — NOTATION FLAMACHE	
	200
B. — Enclenchements indirects.	
APPAREILS A MANŒUVRE MULTIPLE	203
Signal à plusieurs transmissions de l'Ouest français	203
Signal à plusieurs transmissions du système Robert	204
Slots du sémaphore Saxby	204
Désengageur Saxby	204
Electric-slot de Saxby	265
SERRURE ANNETT.	206
ENCLENCHEMENT DU VERROU DES PONTS TOURNANTS	206
Appareil du Grand-Central	206
Appareil Flamache	207

TRAITÉ D'EXPLOITATION

DES

CHEMINS DE FER

LIVRE IV.

LES SIGNAUX.

Nous donnerons le nom général de *signaux* à tous les moyens employés pour établir, entre les différents agents, l'entente nécessaire à la sécurité et à la rapidité du service des trains.

Dans l'origine de l'exploitation, alors qu'il n'existait que quelques lignes parcourues par un petit nombre de trains marchant à faible vitesse, les signaux se réduisaient à fort peu de chose; mais aujourd'hui il n'en est plus de même. Peu à peu les réseaux se sont compliqués; de nouvelles lignes sont venues se souder aux anciennes; le nombre des bifurcations, des stations et, en général, de tous les points considérés comme dangereux s'est progressivement accru; la circulation a augmenté dans des proportions énormes et, par suite, toutes les causes de danger se sont trouvées notablement multipliées. Aussi les moyens rudimentaires, suffisants à l'origine, ont-ils dû faire place à des procédés plus perfectionnés.

Le code des signaux, jadis si simple, comporte maintenant l'exposé d'une organisation complète exigeant la solution de problèmes parfois très compliqués. Les appareils, qui, à l'époque de Stephenson, se réduisaient à quelques poteaux indicateurs et à quelques drapeaux, sont aujourd'hui

d'ingénieux mécanismes pour la construction desquels il faut faire appel à toutes les ressources de la science. La matière, très étendue, que nous allons traiter constitue donc l'une des branches les plus importantes de l'exploitation des chemins de fer.

Assurer la sécurité tout en permettant une rapide expédition des trains, autant pour satisfaire aux exigences légitimes du public que pour augmenter le pouvoir transporteur de la ligne, tel est, en dernière analyse, le rôle des signaux.

Un train ne pouvant circuler avec sécurité sur une ligne ferrée que s'il trouve devant lui une voie *continue et sans obstacle*, toute discontinuité, tout obstacle quelconque devra lui être annoncé à une distance suffisante pour qu'il puisse s'arrêter à temps dans les conditions admises de profil et de vitesse. L'annonce préalable des trains, les dispositions en usage pour permettre aux trains lents de céder le pas aux trains rapides, les signaux de bifurcations, de ponts tournants, de passages à niveau, etc., concourent donc simultanément à la rapidité de la marche et à la sécurité de l'exploitation.

Les appareils, c'est-à-dire les procédés employés pour assurer l'exécution du *système de signaux admis*, constituent une véritable télégraphie conventionnelle, qui emploie les moyens de transmission les plus variés : connexions mécaniques, électriques, pneumatiques, signaux optiques, acoustiques, etc.

Dans toute émission de signal, il faut considérer : le signal proprement dit et le moyen de l'exécuter. A ces deux ordres d'idées, bien distincts, correspondent deux parties de notre étude. Dans la première, à laquelle nous donnerons le nom de signalisation, nous étudierons les signaux au point de vue de leur organisation, c'est-à-dire en les débarrassant de tous les détails de construction d'appareils. Ce sera, à proprement parler, l'étude des systèmes de signaux. Dans une seconde partie, nous décrirons les appareils et nous discuterons les conditions auxquelles ils doivent satisfaire pour remplir le but en vue duquel ils ont été créés.

SIGNALISATION.

Tous les procédés employés pour produire des signaux se ramènent à agir à distance sur la vue ou sur l'ouïe. On peut agir sur la vue soit par des gestes conventionnels, soit au moyen d'un objet apparent, de forme et de

couleur déterminées, tel qu'un drapeau, une lanterne, un voyant. On agit sur l'ouïe directement par la voix ou au moyen d'un instrument, cornet, trompette, sifflet, cloche, timbre, pétard, etc. Il résulte de là que les signaux peuvent être divisés en deux grandes catégories, que nous verrons reparaitre dans tout ce qui va suivre et qui jouissent chacune de propriétés spéciales :

Les signaux optiques ;

Les signaux acoustiques.

Les premiers comportent des indications différentes pour le jour et pour la nuit. Le jour, on utilise un objet apparent, auquel sa forme, sa couleur et sa position, par rapport à des repères fixes, donnent une signification convenue à l'avance. La nuit, il est difficile d'éclairer convenablement les objets par réflexion et l'on a généralement recours à des feux colorés. A part quelques exceptions, le signal optique est donc différent le jour et la nuit. Il a, en outre, la propriété caractéristique de devoir être *observé* pour être *perçu*.

Les signaux acoustiques possèdent des qualités entièrement opposées. Ils *forcent* l'attention des agents auxquels ils s'adressent ; ils sont les mêmes de jour et de nuit, mais leur cercle d'action est bien plus limité, la perception n'en étant possible qu'à petite distance. Ils sont facilement étouffés, en effet, par les bruits extérieurs et certaines circonstances atmosphériques, telles que le grand vent ou la neige, en diminuent notablement la portée ; en revanche, ils sont les seuls efficaces en temps de brouillard.

Ces deux modes de signaux ont donc leurs avantages propres : aucun d'eux ne peut constituer isolément un système complet, mais ils se combinent heureusement l'un avec l'autre. Le choix des formes, des couleurs et des sons n'est pas indifférent et quelques indications générales sur ce point ne seront pas sans utilité.

CHOIX DES FORMES. — L'expérience prouve qu'à surface égale, un objet allongé est plus apparent qu'un objet rond ou carré. Une *palette* est donc plus nettement visible qu'un *voyant* ; elle a d'ailleurs d'autres avantages : le mât qui la supporte est généralement plus élevé, ce qui permet de soustraire sa couleur à l'influence des fonds ; grâce aux positions variées qu'elle peut prendre par rapport à son support, elle convient particulièrement aux signaux à indications multiples ; enfin, il est possible d'en disposer plusieurs sur le même mât. Pour ces diverses raisons, l'usage des sémaphores s'étend de plus en plus.

CHOIX DES COULEURS. — Toutes les couleurs n'étant pas également visibles à distance, il est assez naturel d'affecter la plus apparente à l'indication la

plus importante, c'est-à-dire au signal de *danger* ou d'*arrêt*. La lumière blanche doit être écartée à cause de la confusion que son emploi entraînerait dans le voisinage des villes et des grandes gares, mais il n'y a aucun inconvénient à l'utiliser pour la voie libre. Le signal d'arrêt se donnera donc au moyen de la couleur la plus apparente après le blanc, et cette couleur est le *rouge*, qui, sur tous les chemins de fer, est employée pour désigner le danger. Il résulte, en effet, d'expériences faites sur la visibilité relative des différents feux colorés de même intensité que, la lumière blanche étant visible à la distance 1, les lumières rouge, verte et bleue le seront aux distances $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{7}$. La perception des couleurs se fait à des distances d'autant plus grandes que leur réfrangibilité est moins forte.

Il faut ajouter cette considération importante, qu'on emploie exclusivement, pour les signaux de nuit, non des lumières de couleur, mais des lumières blanches vues à travers des verres colorés; or, ceux-ci ont des pouvoirs absorbants très variés. C'est ainsi que les verres bleus, comptant parmi ceux qui absorbent le plus de lumière, voient restreindre leur emploi pour cette cause.

Le *vert* indique assez ordinairement le *ralentissement*.

Le *bleu* et le *jaune* ne sont utilisés que pour des signaux secondaires.

En résumé :

Le blanc marque la voie libre;

Le rouge, l'arrêt;

Le vert, le ralentissement.

Toutefois, ces règles ne sont pas absolues, et, sur le réseau de l'État belge, le feu blanc signifie que la voie est libre, alors que le drapeau blanc marque le ralentissement. Il y a là un manque d'unité regrettable au point de vue de la précision des signaux et, si nous le citons, c'est pour qu'on ne l'imite pas.

Daltonisme. — L'emploi de couleurs variées peut présenter de graves inconvénients si les agents chargés d'interpréter les signaux sont affectés du défaut de vision connu sous le nom d'*achromatopsie* ou, plus généralement, de *Daltonisme* (*Colour blindness*, *Farbenblindheit*, ou cécité pour les couleurs). Ce défaut de vision, consistant en une perception fautive ou incomplète des couleurs, est plus fréquent qu'on ne le croit et il résulte d'assez nombreuses statistiques que 3 à 10 p. c. des personnes examinées en étaient affectées à un degré plus ou moins marqué; mais cette proportion diminue considérablement si l'examen se borne à la distinction des couleurs vives employées pour les signaux.

L'expérience montre que les daltoniens parviennent quelquefois à diffé-

rencier les couleurs au moyen de caractères, dont le principal est leur intensité différente. Ils remarquent, par exemple, que tel objet désigné sous le nom de rouge est plus pâle que tel autre que l'on appelle vert et, par une série d'observations, ils accoutument leur œil à ces distinctions et acquièrent une habileté qui dissimule leur défaut de vision. C'est ce qui explique comment certains daltoniens peuvent faire partie longtemps du personnel d'un chemin de fer sans qu'on s'aperçoive de leur infirmité; ce sont naturellement les plus à redouter et il importe de disposer de moyens certains et rapides de s'assurer de l'état de la vue des agents qui peuvent avoir à interpréter les signaux.

On y arrive par de nombreux procédés, dont le plus simple est fondé sur l'emploi d'une série d'écheveaux de laine colorés que l'on fait trier et assortir par l'examiné, de manière à mettre les défauts de sa vision en évidence. Cette méthode est due à M. le professeur Holmgren, d'Upsal.

Notre cadre ne nous permet pas d'entrer dans plus de détails sur ce sujet intéressant, qui a été résumé d'une façon très complète dans un travail de M. le docteur Moeller (1) auquel nous renvoyons le lecteur.

Le daltonisme peut être congénital ou acquis; ce dernier provient surtout de l'abus de l'alcool ou du tabac, circonstance qui n'est pas sans présenter quelque importance au point de vue des ouvriers de chemins de fer.

Action des brouillards sur les signaux colorés. — Le brouillard est l'un des ennemis les plus redoutables des exploitants de chemins de fer. Lorsque l'air perd sa transparence, la visibilité des signaux diminue et devient rapidement insuffisante. Il n'y a guère de remède au danger qui résulte des brumes épaisses, si ce n'est de placer sur les rails des pétards destinés à attirer l'attention des machinistes et à les informer à l'avance de la position des signaux à l'arrêt; mais ce n'est là qu'un insuffisant palliatif.

Les brouillards ont encore l'inconvénient d'absorber inégalement les rayons de différentes couleurs. Il en résulte que la coloration d'un faisceau lumineux se modifie quand il traverse une brume plus ou moins épaisse. Les rayons rouges étant les moins absorbés, une lumière blanche devient

(1) *Du Daltonisme. Étude critique des méthodes d'exploration du sens chromatique*, par M. le docteur Moeller; Bruxelles, Manceaux, 1879.

Examen de la vision du personnel attaché aux chemins de fer. Rapport de MM. Warlomont et Moeller. Extrait des *Annales d'oculistique*, septembre et octobre 1880.

Voir aussi les observations récentes de M. le docteur Worms dans la *Revue générale des chemins de fer*, avril 1886.

rougeâtre quand elle est vue à travers une couche de vapeur d'eau. La lumière verte, au contraire, qui contient encore certains rayons rouges, tend vers le blanc par suite de l'absorption plus rapide du vert. Cette considération importante constitue un argument de plus en faveur du rouge comme signal d'arrêt, cette couleur étant la moins altérée par les brouillards (1).

Quant aux signaux optiques de jour, il va sans dire qu'en temps de brouillard leur portée devient absolument insignifiante. Une forte pluie ou la neige tombante, surtout quand ses flocons frappent le disque, ont la même action fâcheuse.

CHOIX DES SONS. — Les sons employés comme signaux doivent être clairs, nets et perceptibles à la plus grande distance possible. Les sons au timbre mordant pourvus de nombreux harmoniques, tels que ceux des cloches métalliques, des instruments à anche, etc., sont les meilleurs.

CLASSIFICATION DES OPÉRATIONS DE LA SIGNALISATION.

Au début de l'exploitation, les opérations de la signalisation se réduisaient à peu de chose et, pour assurer la sécurité, il suffisait de couvrir, par des signaux convenables, les points regardés comme dangereux. Sauf dans des circonstances spéciales, la voie était considérée comme libre pour la circulation des trains réguliers.

Mais aujourd'hui, le problème est devenu plus complexe et les efforts des ingénieurs tendent à établir entre les différents agents un système permanent de communications. Alors qu'autrefois il suffisait de résoudre quelques problèmes particuliers, on se trouve maintenant en présence de questions générales qui font l'objet de véritables théories.

Afin d'apporter de l'ordre dans l'exposition et de rencontrer tous les cas de la pratique, nous classerons les opérations de la signalisation comme suit :

- 1° Signaux échangés entre les agents de la voie ;
- 2° Signaux échangés entre les agents de la voie et ceux des trains ;
- 3° Signaux des trains ;
- 4° Signaux échangés entre les agents des trains ;
- 5° Signaux s'adressant au public.

(1) Voir, sur ce sujet, une note : « La lumière électrique dans les phares, » par M. Allard, inspecteur général des ponts et chaussées. (*Annales des ponts et chaussées de France*, mai 1882.)

I

SIGNAUX ÉCHANGÉS ENTRE LES AGENTS DE LA VOIE.

Les signaux échangés entre les agents de la voie concernent l'annonce préalable des trains, les demandes de secours et certaines indications spéciales.

1^o Annonce des trains.

L'annonce des trains est générale sur tous les réseaux ; son importance est grande, car il convient que chacun soit à son poste au moment du passage des convois et s'assure que ceux-ci peuvent, sans encombre, poursuivre leur itinéraire.

Le signal d'annonce précède le train de poste en poste jusqu'à son prochain arrêt et invite les agents de la route à redoubler d'attention afin d'être en mesure de signaler au machiniste tout incident de nature à compromettre la sécurité. En Allemagne, les signaux d'annonce des trains prennent le nom de *durchgehende Signale*.

L'ANNONCE AU CORNET est le procédé le plus simple, et tout le monde connaît le son des cornets à anche, encore en usage sur beaucoup de lignes. Le train est annoncé au moyen d'un nombre déterminé de coups que les gardes-barrières se répètent de distance en distance jusqu'au prochain arrêt du train.

Les cornets ayant une portée très limitée, ce mode d'annonce est peu efficace et n'a pour lui que sa simplicité. On a cherché à le remplacer par une indication se produisant sur place et déterminant un bruit assez intense pour forcer l'attention de l'agent. C'est à cet ordre d'idées que répond la *grosse sonnerie de route*, dont nous allons nous occuper maintenant.

LES GROSSES SONNERIES sont originaires de l'Allemagne, d'où le nom de *sonneries allemandes* qui leur a été donné longtemps et qui leur est conservé quelquefois.

En 1862, la Compagnie du Nord français en fit une première application sur ses lignes belges de Namur à Givet. En 1874, l'administration des chemins de fer de l'Etat belge en introduisit l'usage sur les lignes de Leuze à La Pinte et de Denderleeuw à Courtrai, et, depuis cette époque, leur emploi s'est étendu à diverses sections à simple voie du même réseau. En France, différentes circulaires ministérielles de 1877, 1879, 1880 et 1882 recommandèrent aux compagnies et, finalement, rendirent obligatoires sur les lignes à voie unique les sonneries d'annonce des trains.

Le système comporte une sonnerie à chaque barrière et à chaque poste de route. Toutefois, quand deux postes sont assez rapprochés, une seule sonnerie peut être placée entre les deux; réciproquement, si une longue section est dépourvue d'agents à poste fixe, on y établira néanmoins quelques sonneries intermédiaires, avertissant le personnel ambulante de la voie de l'arrivée prochaine d'un train.

On peut admettre que, en général, aucun point de la route ne doit être dépourvu d'annonce. L'espacement des sonneries dépend donc de leur portée, qui, dans la plupart des types existants, atteint de 300 à 500 mètres. La sonnerie de route se compose d'un timbre de forte dimension (0,40 à 0,50 de diamètre), sur lequel un marteau frappe un nombre de coups déterminé. Le mécanisme moteur est actionné par un courant électrique émis par le poste d'origine. Au moment où un train quitte une station, on met en action toutes les sonneries de la section, qui tintent à la fois.

Ces appareils permettent de donner au personnel de la route certaines indications spéciales et de satisfaire aux importantes nécessités des demandes de secours. Plusieurs types de sonneries se prêtent à l'échange de phrases conventionnelles suffisantes pour assurer ce service.

Sur le chemin de fer Rhénan, l'annonce des trains est réglée comme l'indiquent les diagrammes suivants, dans lesquels chaque point représente un coup de timbre :

Trains vers Cologne.

Ligne de Verviers à Cologne :

Autres lignes :

Trains s'éloignant de Cologne.

Ligne de Verviers à Cologne :

.

Autres lignes :

Signal annonçant la fin de la journée.

.

Sur la ligne de *Leuze à La Pinte* et de *Denderleeuw à Courtrai*, du chemin de fer de l'État belge, les indications données par les sonneries sont les suivantes :

Trains de Leuze à La Pinte et de Denderleeuw à Courtrai.

.

Trains de La Pinte à Leuze et de Courtrai à Denderleeuw.

.

Signal annonçant la fin de la journée.

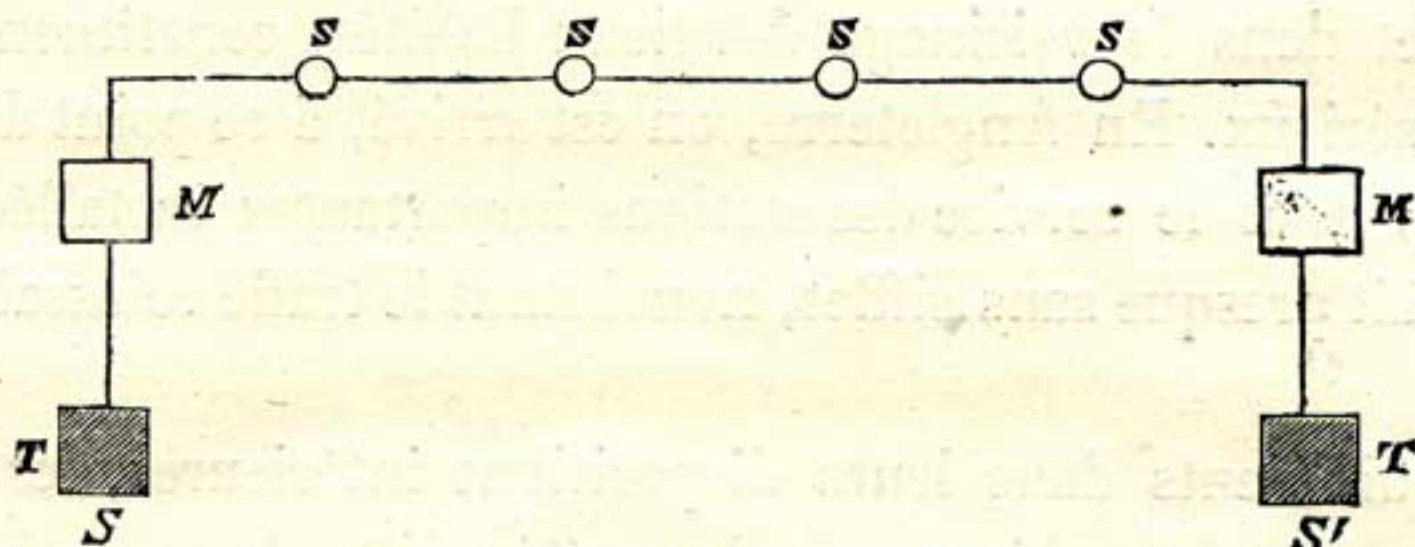
• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •

Le signal précédent doit être considéré comme non venu.

• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •

Les grosses sonneries établies sur les lignes de l'État belge comprennent deux systèmes superposés destinés, l'un à l'annonce des trains, l'autre aux demandes de secours ; mais ces deux systèmes utilisent les mêmes fils et leurs organes principaux sont communs. L'espacement des sonneries varie de 500 à 1,500 mètres.

Tous les appareils d'une même section sont reliés par un seul circuit électrique aboutissant à la terre à ses deux extrémités et constituant une communication télégraphique entre les deux stations extrêmes. Chacune de celles-ci est munie d'une sonnerie d'appel, et un appareil Morse M peut être intercalé dans le circuit.



En exploitation régulière, les choses se passent comme suit : quand un train doit quitter la station S, celle-ci demande à la station S' de mettre en mouvement les sonneries de la section SS'. Si rien ne s'y oppose, la station S' répond « voie libre » en déclenchant toutes les sonneries et le train est annoncé.

ANNONCE AU MOYEN DE SIGNAUX OPTIQUES. — On peut également annoncer les trains au moyen de signaux optiques extérieurs et ce procédé, d'ailleurs peu usité aujourd'hui, a été longtemps en vigueur sur plusieurs lignes allemandes. L'annonce se fait au moyen de drapeaux, de lanternes ou de signaux fixes dont les indications sont transmises de poste en poste : ces signaux sont alors des ballons, des voyants de forme spéciale ou des palettes sémaphoriques. Dans son traité des signaux (1), M. Schmitt cite différentes applications de ce système, dans le détail desquelles il ne nous paraît pas utile d'entrer, les signaux optiques étant, à tous les points de vue, inférieurs aux signaux acoustiques pour l'annonce des trains. Tous,

(1) *Vorträge über Eisenbahnbau. Signalwesen* von E. SCHMITT.

en effet, ont l'inconvénient commun de disparaître en temps de brouillard, de se transmettre avec une lenteur relative et surtout de ne pas *forcer* l'attention de l'agent chargé de les recevoir. L'annonce régulière au moyen de signaux optiques exige la chose la plus difficile à obtenir des agents subalternes : une attention soutenue et sans défaillance. Ajoutons à cela que ces signaux viennent accroître le nombre déjà grand d'indications optiques placées le long des voies et peuvent être confondus avec d'autres.

ANNONCE DES TRAINS AU MOYEN D'INDICATEURS SPÉCIAUX. — Dans certaines stations importantes, il peut y avoir intérêt à annoncer aux postes de signaleurs ou d'aiguilleurs la direction des trains ou des machines ; ces directions étant généralement nombreuses, l'emploi de timbres et de sonneries donnerait lieu à d'inévitables confusions. Dans ce cas particulier, on recourt quelquefois à des indicateurs optiques manœuvrés par l'électricité et donnant tous les avertissements nécessaires. Ces appareils permettent, en outre, la suppression des coups de sifflet répétés, qui, dans les grandes gares à voyageurs et dans le voisinage des lieux habités, constituent un inconvénient très sérieux. En Angleterre, on est arrivé, à ce point de vue, à un résultat complet et le service des stations importantes installées au milieu des villes se fait presque sans sifflet, nonobstant le trafic colossal que l'on y assure.

Bien que différents dans leurs dispositions intérieures, les indicateurs spéciaux se composent toujours de deux éléments, le transmetteur et le récepteur, ayant ordinairement la forme de cadrans et portant huit à douze inscriptions. En amenant une manette ou une aiguille sur l'une des inscriptions du transmetteur, on émet une série de courants qui ont pour effet de faire répéter par l'aiguille du récepteur l'indication correspondante. En somme, ces appareils ne manquent pas d'analogie avec les anciens télégraphes à cadran dans lesquels les lettres sont remplacées par des indications plus explicites.

2° Demandes de secours.

Quand la ligne n'est pas munie d'appareils spéciaux, les demandes de secours sont ordinairement transmises au moyen de signaux portatifs, cornets, drapeaux ou lanternes, les règlements fixant la marche à suivre dans chaque cas. Ainsi, sur le chemin de fer de l'État belge, on demande du secours en agitant vivement la lanterne ou le drapeau rouge après avoir attiré l'attention du garde voisin à l'aide de coups de cornet brefs et répétés. Mais ce sont là des moyens très primitifs, qui ne donnent de renseignements ni sur la nature de l'accident ni sur le secours qui est demandé.

On a comblé cette lacune par l'adjonction, aux sonneries de route, de dispositions spéciales permettant la transmission d'un certain nombre de signaux, choisis parmi les plus usités.

Citons, comme exemple, les sonneries Siemens et Halske, établies sur le réseau de l'État belge : elles peuvent, au moyen d'un mécanisme très simple, servir à l'envoi des phrases suivantes sans aucun apprentissage préalable des agents :

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. Voie obstruée ; | 5. Envoyez secours médicaux ; |
| 2. Train déraillé ; | 6. Envoyez civière et porteurs ; |
| 3. Envoyez machine ; | 7. Envoyez train pour reprendre. |
| 4. Envoyez ouvriers et outils ; | 8. (Disponible.) |

Ces sonneries sont également munies d'un manipulateur Morse ordinaire, qui permet aux agents familiarisés avec la manœuvre de cet appareil de sortir des phrases conventionnelles pour communiquer avec les stations d'about. A la vérité, celles-ci ne peuvent répondre qu'au moyen des signaux de sonnerie ; mais, tel quel, cet ensemble de dispositions peut rendre de précieux services dans les circonstances difficiles.

Dans un autre ordre d'idées, quelques tentatives ont été faites pour établir des *télégraphes volants*.

La disposition du Nord français paraît assez pratique : elle consiste à établir de distance en distance, dans les maisonnettes de garde par exemple, des appareils télégraphiques à manipulation facile en relation avec les stations voisines. Des flèches tracées sur les poteaux télégraphiques indiquent, en chaque point de la voie, la direction du poste le plus proche.

On peut aussi intercaler dans une ligne télégraphique spéciale, amenée à hauteur d'homme, le long d'un poteau, un appareil manipulateur transporté par le train. Les extrémités de cette ligne aboutissent dans une boîte dont la porte sert de commutateur et donne, quand elle est fermée, la communication directe.

Les télégraphes volants ne rendent pas tous les services que l'on pourrait en attendre. Les agents des trains sont toujours de médiocres télégraphistes et les appareils qui ne fonctionnent qu'en cas d'alarme de médiocres appareils. Il en résulte des pertes de temps qui rendent illusoire la rapidité que l'on espérait obtenir.

Les appareils *téléphoniques* semblent, au contraire, appelés à un certain avenir dans la pratique des chemins de fer : leur extrême simplicité, l'incomparable facilité avec laquelle on en fait usage sont des propriétés précieuses qui permettent de les mettre entre les mains d'agents inexpérimentés.

3° Signaux commandeurs.

Quand les postes de signaux d'entrée d'une gare sont à une grande distance du bâtiment des recettes, il est utile d'établir une communication entre la station et le signaliste, pour permettre au chef de gare de commander, lorsqu'il le juge à propos, la fermeture des signaux.

On établit, dans ce but, un signal spécial dit *signal commandeur*, qui ne s'adresse pas au machiniste, mais au signaliste voisin. Il se compose soit d'un disque, soit d'un mât sémaphorique, placés à proximité du point d'arrêt des trains. Les signaux commandeurs ne remplissent que très imparfaitement le rôle qui leur est assigné et, dans les installations modernes, ils sont remplacés avantageusement par des communications mécaniques ou électriques. D'ailleurs, les signalistes, se trouvant ordinairement dans des cabines élevées au-dessus du sol, peuvent se rendre compte par eux-mêmes des voies qui sont occupées.

II

SIGNAUX DE LA VOIE AUX TRAINS.

Les signaux faits par le personnel de la route aux agents des trains ont pour but d'indiquer à ceux-ci, et particulièrement aux machinistes, si leur itinéraire est libre et peut être parcouru à la vitesse réglementaire.

Bien qu'un train soit exposé sur son parcours entier à des chances multiples d'accident, il existe néanmoins sur tout chemin de fer certains points où la circulation présente moins de sécurité qu'en pleine voie et qu'on désigne sous le nom général de *points dangereux*. Citons, comme exemples, les ponts tournants, les traversées à niveau, les bifurcations, les stations, etc.

Un point quelconque de la ligne peut d'ailleurs devenir dangereux par suite de circonstances particulières, telles qu'un éboulement, une avarie à la voie, un train arrêté en pleine route, etc. La circulation des convois elle-même, si elle est quelque peu active, est aussi une cause de danger permanente : sur les lignes à double voie, on peut redouter qu'un train qui en suit un autre le rattrape et entre en collision avec lui ; sur les lignes à simple voie, il peut arriver que deux trains marchant en sens inverse se rencontrent.

Il est donc important qu'un système complet de signaux mette le machiniste en garde contre les dangers de toute nature qui l'environnent et que la manœuvre de ces signaux soit assurée le plus complètement possible.

Cette manœuvre fait l'objet de prescriptions réglementaires bien coordonnées, et, si l'on pouvait avoir la certitude que celles-ci seront fidèlement exécutées, la sécurité serait sauvegardée. Mais l'expérience nous apprend qu'une attention soutenue est une des choses les plus difficiles à obtenir du personnel subalterne des chemins de fer. La réglementation pure et simple, suffisante sur des lignes peu parcourues, devient d'autant moins efficace que le réseau est plus complexe et la circulation plus active.

Pour se mettre à l'abri, autant que faire se peut, des erreurs, négligences et défaillances du personnel, on s'est efforcé depuis longtemps de rendre les fausses manœuvres *matériellement* impossibles en *enclenchant mécaniquement* les leviers des signaux et ceux des appareils dont ils ont pour mission d'indiquer la position.

C'est ainsi que, dans les installations modernes, la position des signaux de bifurcation est solidaire de celle des aiguilles correspondantes ; c'est ainsi encore que les signaux des ponts tournants sont généralement enclenchés avec l'appareil de calage et ne peuvent être ouverts que quand le pont est en état de supporter le passage du train ; parfois aussi, aux passages à niveau importants, la position des barrières est enclenchée avec certains signaux ; dans les appareils de Block-system, divers enclenchements électriques et mécaniques assurent la succession régulière et normale des opérations. Partout, enfin, on trouve cette préoccupation de compléter par un contrôle mécanique l'attention trop souvent défaillante des agents.

Ce principe fécond a fait entrer les signaux de chemins de fer dans une ère nouvelle et nous en verrons des applications nombreuses et importantes quand nous nous occuperons de la description des appareils.

A raison de la complication des réseaux, de l'étendue des stations et de l'activité du trafic, le système des signaux *de la voie aux trains* est devenu assez complexe pour que les nécessités de l'exposition nous obligent à en faire l'objet d'une vraie classification. En premier lieu, nous aurons à nous occuper de la couverture des points dangereux, considérée d'une manière générale. Dans l'origine de l'exploitation, cette étude eut embrassé tout notre sujet ; mais actuellement il n'en est plus de même. Certains points dangereux ont pris un caractère si spécial qu'il est indispensable d'en faire une étude distincte ; les bifurcations, notamment, sont dans ce cas ; elles comportent des changements de direction donnant lieu à des problèmes nouveaux et exigeant des relations spéciales entre les signaux et les appareils. Il en est de même des stations importantes, qui, indépendamment des changements de direction qui s'y rencontrent, sont le siège d'une circulation *intérieure*, due au service des manœuvres, de nature à compro-

mettre la sécurité des itinéraires. Stations et bifurcations sont donc des points dangereux, à la protection desquels les règles ordinaires ne suffisent plus.

Enfin, par suite de l'activité du trafic, il est devenu nécessaire d'assurer la couverture permanente des trains en marche, qui constituent des points d'autant plus dangereux qu'ils sont mobiles et peuvent se succéder à court intervalle sur les lignes très fréquentées.

Nous avons donc été amenés à classer comme suit les opérations de la signalisation de la voie aux trains :

- 1° Couverture des points dangereux simples ;
- 2° Protection des trains pendant leur marche ;
- 3° Signaux des bifurcations ;
- 4° Couverture des points dangereux successifs, c'est-à-dire suffisamment rapprochés pour qu'il existe des relations entre les signaux des uns et des autres ;
- 5° Signalisation des grandes gares.

A. — COUVERTURE DES POINTS DANGEREUX SIMPLES.

Un endroit quelconque de la route peut devenir dangereux par suite de circonstances ayant un caractère essentiellement passager. Dans ce cas, il suffit d'employer des *signaux amovibles* ou *portatifs*, que l'on enlève dès que la cause de danger a disparu.

Mais d'autres points de la voie sont dangereux par leur nature même et la circulation doit y être surveillée d'une manière continue ; il est donc naturel de substituer un *signal fixe* à l'indication temporaire, qui suffisait dans le cas précédent.

A ces deux cas généraux correspondent des nécessités différentes, dont l'étude nous occupera successivement.

1° Points dangereux temporaires.

Toute avarie à la route : éboulement, affaissement de la plate-forme, bris d'un rail, déformation du plan de pose de la voie, etc., toute réparation qui compromet momentanément la solidité de la voie donne naissance à un *point dangereux temporaire* ; il en est de même d'un train arrêté entre deux stations.

Les signaux en usage pour couvrir ces points sont : des *drapeaux* ou des *voyants portatifs* pendant le jour, des *lanternes* pendant la nuit et des *pétards* en temps de brouillard.

L'emploi des signaux amovibles est réglé d'une manière à peu près semblable sur la plupart des chemins de fer. Le signal d'*arrêt* est fait, au moyen du drapeau ou de la lanterne rouges, à une distance de 700 à 1,000 mètres du point dangereux. En temps de brouillard, ou si le signal optique n'est pas visible d'assez loin, quelques pétards sont placés sur les rails, pour attirer l'attention du machiniste. Il va de soi que ces signaux doivent être donnés des deux côtés du point dangereux, sur les lignes à simple voie ou lorsque les deux voies sont obstruées. A défaut de drapeaux ou de lanternes, certains signes conventionnels avec les bras, ou un objet quelconque agité vivement, commandent l'arrêt.

A titre d'exemple, voici les prescriptions du *Clearing-House*, en vigueur sur toutes les lignes anglaises, pour couvrir un train arrêté en pleine voie :

Art. 213. Quand un train est arrêté, par suite d'un accident ou de toute autre cause (excepté s'il est efficacement protégé par des signaux fixes), le garde, s'il n'y en a qu'un, ou le garde d'arrière, s'il y en a plus d'un, doit immédiatement se transporter à 1,200 yards en arrière pour arrêter le train suivant et doit, outre son signal à main, emporter avec lui six pétards au moins (qui doivent être employés le jour aussi bien que la nuit). Il doit placer sur la voie où l'arrêt est nécessaire, à une distance de 400 yards de son train, un de ces pétards; à une distance de 800 yards, un autre pétard, et à une distance de 1,200 yards, deux pétards à 10 yards l'un de l'autre, puis exhiber son signal d'arrêt à main d'une manière bien visible (*conspicuously*) pour arrêter tout train arrivant. Le garde ne doit retourner à son train que quand il est appelé par le machiniste, au moyen du sifflet de la machine, et, lorsqu'il est rappelé, il doit laisser les deux pétards les plus éloignés et retourner à son train, en ramassant les pétards qu'il rencontre sur son chemin.

Voici les règles les plus ordinaires relatives à la signification des différents signaux portatifs :

EN ANGLETERRE, sur tous les chemins de fer : le drapeau ou la lanterne rouge marquent l'*arrêt* (*danger*) ; le drapeau ou la lanterne verte, le *ralentissement* (*caution*) ; le drapeau ou la lanterne blanche, la voie libre (*all right*).

A défaut de drapeaux ou de lanternes, les trois signaux principaux sont donnés à la main de la manière suivante : *Arrêt* : les deux bras élevés au-dessus de la tête, ou un objet quelconque vivement agité ; *Ralentissement* : un bras élevé au-dessus de la tête ; *Voie libre* : un bras étendu normalement à la direction de la voie.

EN ALLEMAGNE, le signal d'*arrêt* est donné par le drapeau rouge ou, à son défaut, par un objet quelconque, agité vivement de côté et d'autre. Le *ralentissement* est indiqué par le drapeau vert, et la *voie libre* par le drapeau enroulé dans son étui et dirigé horizontalement dans le sens de la marche des trains.

En pleine voie, le signal d'arrêt doit être fait à 500 mètres au moins du

point dangereux pour les sections dont la pente n'excède pas 0,002 et à 750 mètres pour toutes les parties de voie plus inclinées.

En FRANCE, les prescriptions en usage sont les mêmes. Le drapeau ou la lanterne rouges commandent l'*arrêt*; la lanterne ou le drapeau verts, le *ralentissement*; le drapeau roulé ou le bras étendu dans le sens de la marche du train et le feu blanc, la *voie libre*. Certaines compagnies introduisent quelques distinctions qui ne changent rien à ces règles générales. Le Midi, par exemple, distingue le ralentissement local du ralentissement soutenu. Le premier est commandé en inclinant vers le bas le drapeau vert ou, à son défaut, le bras; il est donné en cas de mauvais état local de la voie. Le deuxième s'indique avec le drapeau vert ou le bras élevé au-dessus de la tête; il a pour but de maintenir l'intervalle des trains.

Quelquefois, on emploie des signaux spéciaux pour donner des indications exceptionnelles. Sur beaucoup de lignes allemandes, par exemple, le commencement et la fin des sections en réparation sont marqués par un disque en osier peint en vert, pour l'origine de la section, et en blanc, pour la fin de celle-ci. Le premier porte la lettre A (*Anfang*); le deuxième, la lettre E (*Ende*).

2^o Points dangereux permanents.

Les points dangereux permanents sont couverts par des signaux fixes, palettes sémaphoriques ou voyants, sur la disposition desquels nous reviendrons ultérieurement.

D'une manière générale, un seul signal a toujours été considéré, avec raison, comme insuffisant pour couvrir un point dangereux; cet office est rempli, dans la plupart des cas, par deux signaux distincts. Le premier, désigné sous le nom de *signal d'arrêt*, est placé à proximité du point à garantir; le second est établi à une distance variable avec les circonstances locales, le profil de la ligne et la vitesse des trains; presque jamais inférieure à 600 mètres, elle atteint souvent 1,800 mètres et davantage. Il porte le nom de *signal à distance* ou de *signal avancé*, répète les indications du signal d'arrêt et permet, lorsque le passage n'est pas libre, de couvrir un train à l'arrière, ce qui dispense le personnel de l'obligation assujettissante de se porter à 700 mètres pour faire les signaux commandés par les règlements, en cas d'arrêt en pleine voie; il suffit pour cela de l'effacer momentanément, pour permettre au train de s'avancer doucement jusqu'au signal d'arrêt. Lorsqu'il est pourvu par d'autres dispositions à la protection des trains à l'arrière, cette deuxième fonction du signal à distance devient sans objet, et il n'est plus que répétiteur des indications du disque d'arrêt.

Dans ce cas, on est amené à se demander si le double signal est bien utile et s'il ne suffirait pas d'une indication unique, faite à la distance convenable. Mais un examen quelque peu attentif montre qu'il n'en est rien. Un signal unique, placé à proximité du point dangereux, ne couvrirait pas efficacement celui-ci ; car, s'il était franchi, soit par inadvertance, soit parce qu'il n'était pas nettement perceptible, un accident serait à redouter. Si, au contraire, ce signal était établi à grande distance, il causerait inutilement des retards aux trains, en les arrêtant trop loin du point dangereux. Avec la double indication, ces inconvénients sont écartés, le train peut arriver jusqu'au signal d'arrêt et le point à couvrir reste garanti, quand bien même le signal à distance n'aurait pas été respecté.

L'INTERPRÉTATION du signal à distance n'est pas partout la même.

En *Belgique*, il marque l'arrêt absolu et ne peut être franchi sous aucun prétexte. Il résulte de là que, en approchant d'un signal avancé dont il connaît l'emplacement, mais qu'il ne peut distinguer encore, le machiniste doit régler sa vitesse de manière à pouvoir s'arrêter sur la distance qu'il voit libre devant lui, et cela quels que soient l'état de l'atmosphère et le profil de la voie. Cette conséquence du système n'est pas explicitement formulée dans les règlements, mais elle résulte de la nature des choses. Dans un pays comme la Belgique, où les stations sont très rapprochées, cette interprétation du signal à distance ne peut que nuire à la rapidité des trains.

Quand le passage n'est pas libre, le signaliste attend que le train ait marqué l'arrêt ; puis, il efface le signal pour permettre au machiniste de s'avancer jusqu'au signal d'arrêt ; il referme ensuite le signal avancé et couvre ainsi le convoi arrêté.

Dans le but de forcer l'attention du machiniste, certaines exploitations munissent le signal à distance d'un pétard, qui se place sur le rail quand la voie n'est pas libre. Cette addition est, à la fois, un contrôle et une indication supplémentaire.

En *Angleterre*, le signal à distance ne prescrit pas l'arrêt absolu : il peut être franchi lorsque le machiniste s'est rendu suffisamment maître de la vitesse de son train pour être en mesure de s'arrêter sur l'espace qu'il voit libre devant lui ; mais, s'il n'existe aucun obstacle, il doit continuer sa marche avec précaution jusqu'au signal d'arrêt (*Home signal*).

En temps normal, le *distant signal* est toujours visible d'assez loin pour que la prescription précédente puisse être exécutée rigoureusement : il peut n'en pas être de même par les brumes épaisses, si fréquentes en Angleterre. Aussi, toutes les compagnies prévoient-elles les mesures spéciales suivantes, applicables en temps de brouillard : les indications du *distant signal* sont

répétées au moyen d'un drapeau ou d'une lanterne, par un agent placé, aussi loin que possible, en avant du mât; en outre, deux pétards restent fixés sur le rail, à 10 yards l'un de l'autre, aussi longtemps que la voie n'est pas libre. Grâce à ces précautions, la position du signal à distance est toujours indiquée d'assez loin pour que le machiniste puisse circuler avec une assurance complète.

Ajoutons que la couverture des trains à l'arrière est assurée, sur toutes les lignes anglaises, au moyen d'une organisation complète, que nous étudierons dans le chapitre suivant, sous le nom de *Block-system*. Néanmoins, on ne compte pas absolument sur les indications du block, et l'article 219 du règlement général du *Clearing-House* s'exprime ainsi :

Quand des trains sont arrêtés entre le *Home* et le *distant signal*, les gardes ne doivent pas se considérer comme protégés par le *distant signal*, à moins que la machine ne soit arrêtée près du *Home signal*, mais ils doivent se rendre à l'arrière et protéger leurs trains, ainsi qu'il est stipulé par la règle 213.

Le signal à distance anglais n'a donc pour objet que de répéter les indications du *Home signal* et pourrait, sans inconvénient, être dépassé en pleine vitesse s'il n'était à craindre que le *Block-system* ne fonctionnât pas bien et qu'un train précédent ne fût arrêté au point dangereux. La circulation à vitesse réduite est un surcroît de précaution, indispensable d'ailleurs lorsque l'activité du trafic et le grand nombre de trains multiplient les chances d'accidents.

En *France*, le système est le même qu'en Angleterre, avec de légères variantes. Sur le Nord et le P.-L.-M., le machiniste doit se borner à ralentir sa marche et avancer prudemment jusqu'au disque d'arrêt, de façon à pouvoir s'arrêter sur l'espace qu'il voit libre devant lui. C'est le système anglais.

Sur l'Est, l'Ouest et le Midi, il doit marquer l'arrêt complet et ne peut repartir que sous certaines conditions : au Midi, par exemple, le train doit être précédé par le conducteur chef.

Le réseau d'Orléans fait exception à cette règle; son signal à distance marque l'arrêt absolu, comme dans le système belge.

Le *Block-system* étant de date relativement récente sur les chemins de fer français, on avait été amené à placer les disques avancés à très grande distance, afin de couvrir efficacement un train arrêté et pour éviter les conséquences d'un dépassement intempestif du signal. C'est ainsi que les disques avancés sont établis à 1,500, 1,800 et même 2,000 mètres, alors que, en Angleterre, ils sont fréquemment à 500 yards seulement du point dangereux. La limite de protection du signal à distance est marquée par un

poteau portant l'inscription suivante : *Limite de protection du disque, sauf en cas de brouillard* (1). La longueur à ménager entre le poteau et le point d'où le signal est visible dépend du profil de la ligne et de la distance considérée comme nécessaire pour arrêter un train lancé à toute vitesse. Elle varie, suivant l'inclinaison : de 650 à 1,150 mètres sur l'Ouest; de 800 à 1,500 mètres sur le P.-L.-M.; de 800 à 1,000 mètres sur l'Est. Au réseau d'Orléans, elle est fixée à 800 mètres, et le poteau du Nord doit être de 800 à 900 mètres du disque, ce qui implique que ce dernier peut être franchi à toute vitesse. En outre, le poteau est placé à une distance du point dangereux variable avec la longueur du train à couvrir, soit ordinairement 400 mètres.

Abstraction faite des différences de détail, le signal à distance peut donc recevoir deux interprétations distinctes : ou il commande l'arrêt absolu, ou il peut être franchi et ne sert qu'à annoncer aux machinistes la position du signal principal. Cette deuxième solution est préférable à tous égards, et la longue expérience qui en a été faite en Angleterre et en France doit dissiper les craintes de ceux qui considèrent comme grosse de périls la faculté donnée à un machiniste de franchir un signal. Au point de vue de la sécurité, les deux systèmes sont équivalents ; au point de vue de la régularité et de la rapidité de la marche des trains, le système anglais l'emporte évidemment sur le nôtre, puisqu'il n'oblige pas le mécanicien à être toujours en mesure de s'arrêter en vue d'un signal qui sera peut-être au passage. Rappelons, toutefois, que le système anglais doit être doublé d'un procédé efficace de couverture des trains à l'arrière, comme c'est le cas de la plupart des lignes du Royaume-Uni, généralement munies du *Block-system*.

En *Allemagne*, les points dangereux sont fréquemment couverts au moyen d'un seul mât sémaphorique (*Flügel-Signal*), qui n'est autre que le signal d'arrêt des lignes belges, anglaises et françaises. Ce signal est placé à une distance variable du point à garantir ; sur le réseau de l'État de Saxe, il est à proximité des aiguilles extrêmes de la station ; sur celui de l'État badois, à 100 ou 200 mètres de ces mêmes aiguilles.

Quand les circonstances locales l'exigent, le signal d'arrêt est complété par un disque à distance (*Vorsignal*), établi de 600 à 1,000 mètres du signal principal et relié à celui-ci. Ce signal est vert et pourvu d'un feu vert pour la nuit : il peut être dépassé, comme dans les systèmes anglais et français.

(1) Voir BRAME et AGUILLON, *Étude sur les signaux des chemins de fer français*, pp. 85, 95, 109, 135 et 138.

La FORME des différents signaux qui viennent de nous occuper est particulière à chaque exploitation et nous serons sobres de détails sur cette question, qui n'a qu'un intérêt local.

En *Belgique*, le signal à distance est un voyant rectangulaire peint en rouge avec une bordure blanche. Le signal d'arrêt est un disque rond ou une palette sémaphorique. Les ponts tournants, les stations intermédiaires sont encore couverts par ces disques, qui, autrefois, servaient généralement de signal d'arrêt ; mais les bifurcations et les stations importantes sont garanties par des sémaphores anglais. Ce manque d'uniformité regrettable, que nous retrouverons encore dans le système des signaux belges, ne devrait pas subsister sur un réseau important, bien qu'il ne présente pas, dans la pratique, les inconvénients qu'on serait tenté de lui attribuer.

En *Angleterre*, l'usage des palettes sémaphoriques a généralement prévalu et, si l'on rencontre encore sur certaines lignes des voyants de formes diverses, ce sont, pour la plupart, d'anciens types que l'on remplace au fur et à mesure par des sémaphores (1). La palette du *Home signal* est rectangulaire ; celle du *distant signal* est taillée en oriflamme. Le signal à distance anglais, qui ne se distingue, pendant le jour, du *Home signal* que par la découpe de la palette, est identique à celui-ci pendant la nuit : tous deux donnent un feu rouge. Il y a dans cette situation une cause de danger assez grave, bien que les Anglais ne semblent pas y attacher d'importance : si le signal à distance est éteint et le temps obscur, le premier signal rouge rencontré par le train sera le *Home*, et il est à craindre qu'il ne soit confondu avec le *distant* et franchi comme tel. En Belgique, les deux signaux sont également identiques le soir ; mais, comme ils ont tous deux la signification d'arrêt absolu, aucun danger n'est à redouter de ce côté.

Il serait plus rationnel de donner des couleurs différentes aux indications du *Home* et du *distant*, mais l'expérience semble s'être prononcée contre l'emploi d'un grand nombre de couleurs et la tendance actuelle est plutôt d'en diminuer le nombre.

Le réseau du *Great-Western Railway* a conservé des voyants de formes variées. Sur toutes les lignes situées à l'est d'Exeter, les signaux des stations n'ont pas été modernisés et il n'y en a qu'un pour chaque direction. Dans ce cas, il est expressément recommandé de considérer cette indication unique comme un *Home*, c'est-à-dire de ne la franchir sous aucun prétexte quand elle marque l'arrêt.

(1) On consultera avec intérêt plusieurs articles, donnant des détails sur la forme des anciens signaux anglais, publiés dans le *Railway Engineer* et traduits dans le *Mémorial des chemins de fer de l'État belge*.

Sur toutes les lignes anglaises, la signification des palettes est la même :

Horizontale, elle marque l'arrêt (*danger*);

Inclinée à 45° vers le bas, elle indique le ralentissement (*caution*);

Pendante le long du mât, elle signifie que la voie est libre (*all right*).

Le signal à distance anglais ne donne que les deux indications *all right* et *danger*; le signal *caution* n'aurait aucune utilité, étant donné la règle qui préside à l'interprétation du signal à distance.

En *Allemagne*, les palettes sont placées à droite du mât pour celui qui doit les observer; elles se relèvent à 45° vers le haut, pour permettre le passage.

En *Belgique*, on rencontre des sémaphores allemands et des sémaphores anglais, ayant exactement la même signification; c'est un nouvel exemple du manque fâcheux d'uniformité dont nous avons parlé plus haut.

En *France*, le signal à distance de toutes les compagnies est un disque circulaire rouge, avec un feu rouge pour la nuit. Sur le réseau du Nord, la face postérieure de ce voyant est peinte en damier noir et blanc.

Le signal d'arrêt absolu se présente sous les formes suivantes :

Ouest : voyant rectangulaire à deux feux rouges;

Nord : voyant carré, peint en damier rouge et blanc, à deux feux rouges sur une ligne horizontale;

P.-L.-M. : même voyant; avec les deux feux sur une ligne verticale;

Est, Midi et État : voyant carré à un seul feu rouge.

Avant d'abandonner l'étude des points dangereux simples, il ne sera pas inutile de compléter les règles générales que nous venons de formuler, par l'indication de quelques particularités qui ne constituent pas des exceptions, mais des compléments applicables à certains cas tout à fait spéciaux.

PONTS TOURNANTS. — En règle générale, ils sont traités comme des points dangereux simples, et les règlements anglais, français et belges ne comportent pas de stipulation spéciale en ce qui les concerne. Toutefois, une erreur de signalisation pouvant avoir, dans ce cas, des conséquences désastreuses, on enclenche ordinairement la manœuvre du signal et celle des appareils de calage du pont. Aussi longtemps que le pont est décalé, les signaux qui le couvrent devront donc rester à l'arrêt. Mais cette condition n'est pas suffisante. Il pourrait arriver, en effet, que le pont fût décalé pour livrer passage à un bateau et les signaux mis à l'arrêt au moment même où un train vient de les franchir et pendant qu'il parcourt la distance qui

les sépare du pont. Dans ce cas, un accident serait imminent, et, pour en éviter la possibilité, il faut qu'il s'écoule un temps déterminé entre la fermeture des signaux et le décalage du pont. En parlant des appareils, nous signalerons plusieurs dispositions qui permettent d'obtenir ce résultat important.

TRAVERSÉES. — Les règles ordinaires leur sont applicables, étant entendu que les quatre directions qui donnent accès à la traversée doivent être garanties. Cependant, sur certaines lignes allemandes, on se borne à couvrir les traversées au moyen d'un sémaphore à quatre bras placé au point dangereux même. Il est prudent d'enclencher les signaux, de manière à rendre impossible la manœuvre simultanée de ceux d'entre eux pouvant donner lieu à une collision.

PASSAGES A NIVEAU. — Les passages à niveau ne sont munis de signaux que si la circulation y est particulièrement active ou si les abords empêchent de voir ou d'entendre les trains arrivants.

Dans ce dernier cas, on installe parfois des sonneries d'annonce manœuvrées à distance; mais le public ne retire que peu d'avantages de cette disposition, le tintement de la sonnerie se produisant trop longtemps avant que le train ne soit en vue. On a essayé, mais sans succès, des sonneries automatiques mises en action par le train lui-même et fonctionnant sans interruption jusqu'à ce qu'il ait atteint le passage. Quand le passage n'est pas gardé, les barrières manœuvrées à distance, dont la fermeture est annoncée par une sonnerie, peuvent rendre de très bons services.

Lorsque l'importance du passage justifie l'établissement de signaux spéciaux, il y a tout avantage à les enclencher avec la barrière, de manière qu'ils ne puissent être effacés si le passage sur la voie de terre est libre.

Parfois, les barrières se trouvent à proximité de cabines où sont installés des appareils de sécurité. On peut alors en confier la manœuvre au garde-cabine et enclencher le treuil avec les leviers des signaux. Il est à noter que cette combinaison est impossible si la ligne n'est pas pourvue d'un service de nuit; car le garde-cabine, en quittant son service, doit laisser ses signaux ouverts, ce qui enclencherait la barrière à l'arrêt.

LIMITATION DE LA VITESSE. — Certains points dangereux ne pouvant être abordés qu'à une vitesse réduite, les signaux qui les protègent sont complétés par des indicateurs spéciaux. Ces indicateurs se composent parfois d'un simple poteau portant le mot *Ralentissement*, en caractères apparents. D'autres fois, deux poteaux, espacés de 50 à 100 mètres, permettent au machiniste de contrôler la vitesse de sa marche. D'autres fois encore, des appareils plus complets sont installés aux points où il importe de ne pas

dépasser une certaine vitesse. Nous reviendrons sur ce sujet en parlant des appareils.

B. — PROTECTION DES TRAINS EN MARCHÉ.

Quel que soit le soin apporté à maintenir la régularité des itinéraires, il se produit inévitablement, dans la marche des trains, des retards qui modifient les intervalles ménagés entre eux par l'horaire réglementaire. Il y a là une cause de danger qui peut passer inaperçue sur les lignes à faible trafic, mais qui devient d'autant plus grave que les trains sont plus nombreux et se suivent à plus court intervalle.

Aussi s'est-on préoccupé depuis longtemps d'assurer la protection régulière des trains en marche et ce problème, par les questions de toute nature qu'il soulève, est devenu l'un des plus importants de la signalisation.

Sur les chemins à double voie, il suffit de couvrir les trains à l'arrière ; mais sur les lignes à voie unique, il faut également les protéger à l'avant.

Nous distinguerons ces deux cas généraux, soumis à des nécessités toutes différentes, dans l'examen qui va suivre.

PROTECTION DES TRAINS SUR LES LIGNES A DOUBLE VOIE.

§ 1^{er}. — INTERVALLE DE TEMPS.

Le premier moyen qui s'offre à l'esprit, le plus simple, sinon le plus efficace, pour maintenir l'intervalle réglementaire entre deux trains qui se suivent est de déterminer le *temps minimum* qui doit s'écouler entre leur passage au même point et de charger les gardes-route de faire les signaux nécessaires pour que cette condition soit remplie.

C'est ce qui s'est fait, dans le principe, sur tous les chemins de fer et ce qui se pratique encore sur les lignes à faible trafic. Cet intervalle de temps, déterminé par la vitesse des trains, est supposé représenter un certain intervalle d'espace. Il doit être réglé de manière qu'un train soit en mesure de se couvrir dans les plus mauvaises conditions possibles. Dans l'hypothèse d'un arrêt intempestif en pleine voie, il faut donc que le personnel dispose du temps nécessaire pour se porter à l'arrière et y faire les signaux d'arrêt avant l'arrivée d'un deuxième train ; ces signaux doivent être placés à 600 ou 700 mètres, et on estime que ce parcours exige au moins cinq minutes. En général, le temps qui doit s'écouler entre le passage de deux trains ne peut être inférieur à dix minutes.

On maintient l'*intervalle de temps* réglementaire entre les trains au moyen de signaux amovibles ou de signaux fixes.

Les signaux amovibles sont, comme toujours, les drapeaux et les lanternes

dont sont pourvus tous les gardes-route. Lorsque l'un de ces agents constate que deux trains se suivent de trop près, il présente au second le signal d'arrêt ou le signal de ralentissement, selon le cas, afin de l'aviser qu'il ait à se tenir sur ses gardes. Les règlements fixent la durée qui doit s'écouler entre le passage de deux trains au même point.

L'article 162 des *General regulations* du *Clearing-house* s'exprime ainsi :

Quand le *Block-system* n'est pas en activité, aucun train ou machine ne peut suivre un autre train ou machine à moins de cinq minutes d'intervalle.

On peut utiliser les signaux explosifs dans certains cas déterminés, pour maintenir entre deux trains l'intervalle réglementaire.

Sur les lignes de l'État belge, quand la marche d'un convoi est suffisamment ralentie pour qu'on puisse le suivre au pas, le garde d'arrière doit descendre de son fourgon et fixer un pétard sur le rail, tous les 50 mètres. Ces pétards, qui servent d'avertissement aux trains suivants, rendent de très grands services en temps de brouillard.

Sur les lignes du Nord et du Midi français, on a essayé des signaux lumineux, formés d'un tube de carton contenant une matière inflammable ; ces signaux, allumés au foyer de la machine et jetés sur le sol, brûlent en projetant une vive lumière, analogue à celle des feux de Bengale. Le tube en carton est muni d'une bague en fil de fer portant un chevalet à quatre pieds, de manière que la flamme se trouve toujours à 12 ou 15 centimètres du sol, dans quelque position que le signal tombe. On a expérimenté des flammes rouges et des flammes blanches ; mais les premières ont été abandonnées dès le début, à cause du prix élevé du nitrate de strontiane nécessaire pour obtenir la coloration voulue. Au Nord français, le prix de la flamme blanche était de 1 fr. 25 c., 1 fr. 60 c. et 2 fr. 60 c., et celui de la flamme rouge, de 2 francs, 2 fr. 75 c. et 4 fr. 50 c. pour une durée de deux, trois et cinq minutes. On comprend qu'un tel prix ne permet pas un emploi courant des signaux de l'espèce. (Voir le traité de Brame sur les signaux des chemins de fer à double voie.)

En Allemagne, sur les lignes non pourvues du *Block-system*, l'intervalle des trains est maintenu au moyen de signaux fixes (*Bahnzustand-Signale*). Ces signaux sont des ballons hissés au sommet d'un mât élevé, ou, plus généralement, des palettes sémaphoriques, marquant l'arrêt lorsqu'elles sont horizontales, le *ralentissement* quand elles sont inclinées de 45° vers le bas et la *voie libre* lorsqu'elles sont à 45° vers le haut. Pendant la nuit, ces trois indications sont données par un feu rouge, un feu vert ou un feu blanc. Sur les lignes à double voie, deux palettes, l'une à droite, l'autre à gauche du mât, se rapportent à chacune des deux directions. Parfois, la palette ne

donne que deux indications : *arrêt* et *voie libre*. Le ralentissement est marqué alors par la palette à 45° vers le haut, complétée soit par un drapeau tenu à la main, soit par un disque placé sur le sol ou fixé au mât. Mais cette disposition est moins simple que la précédente, car elle exige une double observation du machiniste. Les signaux fixes qui nous occupent peuvent être normalement à l'arrêt ou au passage. Le premier système présente plus de garanties parce qu'il implique une manœuvre effective, c'est-à-dire l'intervention du garde pour le passage de chaque train. Quel que soit, d'ailleurs, le procédé adopté, le garde-route ne peut laisser deux trains se succéder à un intervalle plus court que celui qui est fixé par les règlements. Les signaux fixes de la voie courante occupent, dans le système allemand, une place très importante et remplacent même, en beaucoup de points, le signal à distance.

Dans les pays qui ne font pas usage de signaux spéciaux pour maintenir l'intervalle réglementaire entre les trains, on utilise néanmoins dans ce but les signaux fixes ordinaires.

Ainsi, l'article 161 du règlement-type du *Clearing-house* dit à ce sujet :

Aux endroits où le *Block-system* n'est pas en activité, quand un train ou une machine s'est arrêté ou a passé sans s'arrêter à une station, ou à tout endroit autre qu'une bifurcation où sont installés des signaux fixes, le « danger » doit être immédiatement indiqué au *Home* et au *distant signal*, et rester jusqu'à ce que le train ou la machine l'ait dépassé ou quitté de cinq minutes au moins. Si la ligne est libre, le signal à distance doit alors être mis au passage, et le *Home signal* au ralentissement, pour cinq minutes de plus ; à l'expiration de ce délai, le signal « voie libre » peut être donné.

En résumé, que ce soit au moyen de signaux fixes ou de signaux amovibles, et à part des différences n'ayant qu'un intérêt local, l'intervalle de temps est maintenu d'une manière analogue sur tous les chemins de fer où n'existe pas le *Block-system*.

Quand on emploie des signaux fixes, chaque train est couvert pendant un temps déterminé, ordinairement cinq minutes, par le signal d'arrêt et, pendant cinq autres minutes, par le signal de ralentissement. Les trains reçoivent donc une indication *positive* dans tous les cas.

Quand on emploie des signaux amovibles, le garde-route ne donne d'indication que si l'intervalle qui sépare le passage de deux trains est trop faible : sans signal, la voie est considérée comme libre. Néanmoins cette règle n'est pas absolue et parfois le signal *all right* est donné avec le drapeau ou à la main. C'était le cas, notamment, sur les lignes du Luxembourg (réseau de l'Etat belge) avant que le *Block-system* n'y fût établi.

Nous ne parlerons que pour mémoire des appareils automatiques mettant le signal à l'arrêt après le passage de chaque train et le maintenant dans cette position pendant un temps déterminé, ces appareils étant tous abandonnés.

§ 2. — BLOCK-SYSTEM.

I. — *Considérations générales.*

La protection des trains à l'arrière par l'observation du temps, suffisante sur les lignes à circulation modérée, cesse d'être efficace et ne donne plus qu'un semblant de sécurité lorsque le trafic est actif. Sur les lignes très chargées, en effet, la même voie est parcourue, à des intervalles rapprochés, par de pesants convois de marchandises roulant à faible vitesse et par des trains de voyageurs de toutes catégories, depuis le train de banlieue, faisant arrêt à chaque station, jusqu'au Rapide, qui dessert des relations importantes et franchit de longues étapes sans arrêt.

Le moindre incident d'exploitation devient grave dans ce cas. Un train en retard, un arrêt ou un ralentissement intempestif en pleine voie sont des causes de danger d'autant plus grandes que les trains se suivent à plus petite distance.

L'intervalle de temps ménagé au départ variant à chaque instant, ne correspond pas à un espace réel, et tout train à allure rapide est exposé à atteindre celui qui le précède. Les annales des chemins de fer fournissent de nombreux exemples de l'insuffisance de l'exploitation par le temps, et les collisions à l'arrière ne sont pas les accidents les plus rares sur les lignes exploitées par ce système.

Le seul moyen efficace d'assurer la protection des trains à l'arrière est de substituer à l'intervalle de temps un espace réel, en d'autres termes, d'organiser l'exploitation de manière qu'un même point de la voie ne puisse jamais être occupé à la fois par deux trains qui se suivent.

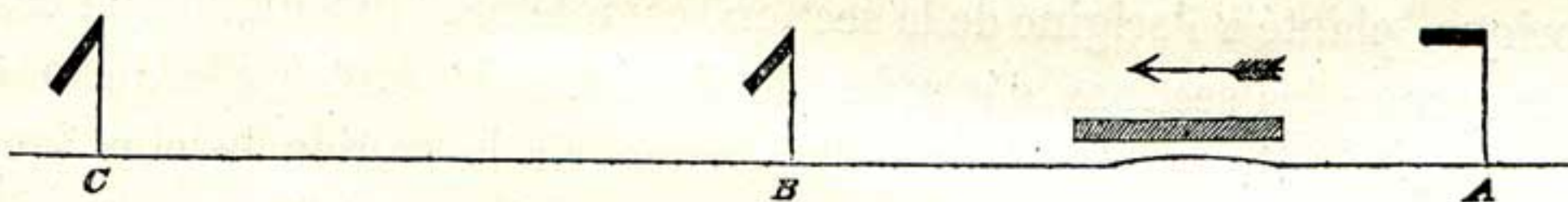
Ce résultat important est obtenu par le *Block-system*, qui a pris naissance en Angleterre, il y a déjà de longues années, et s'est répandu peu à peu sur le continent, où il est considéré actuellement comme l'accessoire obligé des lignes à grande circulation.

Le principe du *Block-system*, appelé quelquefois *exploitation sectionnelle* ou *par cantonnement*, est très simple. Il consiste à diviser la ligne en un certain nombre de sections, à placer un signal à l'origine de chacune d'elles et à ne permettre l'ouverture de ce signal que lorsque la section qu'il couvre est libre. Une même section n'est donc jamais occupée, dans

chaque sens, que par un seul train à la fois et tout train en marche est couvert par un signal en un point quelconque de son parcours.

Le signaliste n'étant pas en mesure de s'assurer, par lui-même, si la section à l'origine de laquelle il est posté est libre, doit être en relation avec son collègue d'aval, pour connaître le moment où un train, engagé sur la section, franchit le poste qui la termine. Chaque stationnaire sera donc en communication avec ses deux voisins et, vu la distance ordinaire des postes de *Block*, cette communication ne peut s'établir pratiquement qu'au moyen de l'électricité.

L'exploitation est alors réglée comme suit :



Quand un train s'engage sur la section AB (voir fig. ci-dessus), il est couvert par le signal A, puis annoncé au stationnaire B, qui, dès lors, est informé que la section BA est occupée. Pendant tout le temps que le train met à parcourir cette section, le signal A reste à l'arrêt et, si un deuxième train se présente, il doit s'arrêter et attendre que la voie soit libre. Aussitôt que le premier train a dépassé le poste B, le stationnaire de B le couvre à son tour, l'annonce à C et informe son collègue d'amont A que la section BA est libre et peut recevoir un deuxième train. Le stationnaire A peut alors, en remettant son signal au passage, *débloquer* la station AB. Il va de soi que, si ces prescriptions sont rigoureusement observées, la sécurité est garantie d'une manière absolue. Théoriquement, la réalisation du *Block-system* ne comporte donc qu'un signal fixe à l'origine de chaque section et un moyen de correspondance quelconque entre les signalistes : nous verrons bientôt que, dans la pratique, elle entraîne la solution de problèmes nombreux et variés.

La première idée qui se présente à l'esprit est d'utiliser les stations comme postes de *Block*; on évite ainsi toute installation supplémentaire et l'on dispose des appareils télégraphiques existants, pour les communications relatives au *Block-system*. Ce procédé simple et économique a été souvent employé et, notamment, pendant de longues années, sur la ligne du Grand-Luxembourg (Bruxelles à Arlon); mais il ne se prête pas à tous les cas d'exploitation, à cause de l'espacement trop grand et souvent très inégal des stations. Un train ne pouvant s'engager sur une section que si le train pré-

cèdent l'a quittée, le temps nécessaire pour la parcourir limitera le nombre de convois à expédier dans un temps donné, et, si les stations sont éloignées l'une de l'autre, il deviendra difficile de les utiliser exclusivement comme postes de *Block*. Ce n'est guère que dans des cas particuliers, comme celui du Métropolitain de Londres, où la plus grande distance des haltes n'excède pas 1,500 mètres, que la solution qui nous occupe pourra être appliquée.

Dans la plupart des cas, il faudra donc des postes intermédiaires convenablement espacés. Autant que possible, on choisira, pour les établir, des loges de gardes-barrières existantes, dans lesquelles pourront être placés les appareils de communication. Un signal fixe, le plus souvent un mât sémaphorique, planté à l'origine de la section, complétera l'installation du poste. La *longueur* des sections dépendra de l'activité du trafic; elle devra être telle, que le train le plus lent puisse parcourir la section la plus longue en un temps moindre que l'intervalle réglementaire. La distance des postes devra d'ailleurs être suffisante pour qu'un signal couvre efficacement un train arrêté sur la section. Cette distance dépend de la vitesse des trains les plus rapides et ne peut guère être inférieure à 1,000 ou 1,200 mètres. Sur la ligne de Gand à Ostende du réseau de l'État belge, où fut d'abord installé le *Block-system*, la distance moyenne des postes était de 3,000 mètres. Sur le Métropolitain, certains postes ne sont espacés que de 400 mètres; mais, la vitesse n'étant pas très grande, cette circonstance ne présente pas d'inconvénient.

LA SIGNIFICATION DES SIGNAUX DE BLOCK ne peut être aussi rigoureuse que celle des autres signaux d'arrêt, car ils ne marquent pas un danger immédiat; ils indiquent simplement si la section qu'ils commandent est libre jusqu'à son extrémité.

La plupart des instructions prescrivent au signaliste de ne débloquent une section que lorsque le train qui vient de la quitter est engagé de 700 mètres au moins sur la section suivante. Si cette prescription est observée, le signal de *Block* sera toujours à une distance suffisante de l'obstacle éventuel pour qu'on puisse le franchir d'une petite quantité sans inconvénient. A moins de réduire notablement la vitesse des trains, on ne peut astreindre le machiniste à ne jamais franchir, ne fût-ce que d'un seul mètre, le signal de *Block* à l'arrêt, sauf si celui-ci est doublé d'un signal à distance. Aussi faut-il considérer le signal de *Block* comme l'équivalent d'une lanterne ou d'un drapeau présenté inopinément au train et devant lequel le machiniste doit mettre tout en œuvre pour s'arrêter le plus promptement possible.

Le règlement des signaux du chemin de fer de l'État belge s'exprime comme suit à ce sujet :

Bien que les conséquences d'un dépassement de signal de *Block* à l'arrêt ne soient pas aussi dangereuses que celles du dépassement d'un signal ordinaire de bifurcation ou de station, il importe cependant que les machinistes se pénètrent bien de l'obligation, qu'ils ont, de respecter les signaux de *Block* et de prendre toutes les mesures possibles pour ne pas les dépasser.

Toutefois, il ne faut pas que l'obligation de respecter les signaux de *Block* soit telle, qu'elle apporte des entraves sérieuses à la régularité du service, et, lorsqu'un train aura dépassé un signal de ce genre à l'arrêt, il suffira de constater si le machiniste a mis tout en œuvre pour arrêter son train dès qu'il se sera aperçu que le passage n'était pas libre.

Toutefois, il y a certains inconvénients à tolérer le dépassement d'un signal dont l'observation est quelquefois impossible à l'arrière. En outre, il peut y avoir danger à laisser un train à cheval sur deux sections. Enfin, certaines sections sont trop courtes pour subordonner le déblocage à la condition que le train soit engagé de 700 mètres sur la section suivante. En temps de brouillard ou quand les circonstances locales ne permettent pas d'apercevoir les signaux de loin, il y a donc intérêt à doubler les indications du *Block* au moyen de répéteurs ayant la signification du signal à distance anglais. Les disques avancés des stations et des bifurcations peuvent être utilisés dans ce but ; mais, pour les postes de pleine voie, il faut des signaux spéciaux. Sur le réseau du Nord français, chaque poste de *Block* est doublé d'un signal à distance et c'est là une utile mesure dans les cas de trafic actif. On pourrait aussi, si les postes ne sont pas trop éloignés, utiliser comme signal à distance le *Block signal* du poste précédent.

Dans un autre ordre d'idées, certains exploitants, considérant le peu de rigueur que doit avoir le signal de *Block* pour remplir son office, ont cru pouvoir le réduire au rôle de simple *avertisseur*.

A ces deux modes d'interprétation des signaux correspondent deux variétés de *Block*, désignées, jusque dans ces dernières années, sous les noms de *Block absolu* et de *Block permissif*.

Dans le *Block absolu*, le signal commande l'arrêt et ne peut être franchi sous aucun prétexte.

Dans le *Block permissif*, le signal est un simple avertisseur ; le machiniste peut donc le dépasser, après s'être rendu maître de la vitesse de son train et s'être mis en mesure de s'arrêter sur l'espace libre devant lui.

Au Congrès des chemins de fer de Bruxelles, en 1885, une assez vive discussion s'est élevée sur cette terminologie. Les compagnies françaises exploitent toutes en autorisant le dépassement du signal après un certain

temps d'arrêt et à certaines conditions déterminées. Cette interprétation, qu'elle soit une variante du permissif ou un tempérament du système absolu, constitue un système intermédiaire, auquel le Congrès a donné le nom d'*absolu conditionnel*. Le mot absolu, contradictoire avec le second qualificatif, n'ayant été ajouté, selon nous, que pour mettre le *Block* français en conformité avec les circulaires ministérielles, nous ne croyons pas devoir le maintenir dans un traité didactique (1).

Nous admettons donc trois variétés de *Block* :

1° Le *Block absolu*, dans lequel un train qui se présente devant un signal fermé s'arrête et ne se remet en marche que lorsque le signal est ouvert ou lorsqu'il a été constaté que les appareils sont dérangés ;

2° Le *Block conditionnel*, dans lequel un train qui se présente devant un signal fermé s'arrête et ne se remet en marche qu'après un temps déterminé et après avoir rempli certaines formalités ;

3° Le *Block permissif*, dans lequel un signal fermé peut être franchi sans arrêt, mais en ralentissant convenablement.

Le *Block absolu* (*absolute Block working*), tel qu'il est pratiqué aujourd'hui sur la plupart des lignes anglaises, est réglé comme il suit dans le règlement du *Clearing-House* :

Art. 91. Sur les sections exploitées par le *Block-system* absolu, un second train ou machine ne peut être autorisé à pénétrer sur la section bloquée avant que le train ou la machine qui précède n'ait été signalé comme en étant sorti, excepté dans les cas spécifiés aux articles 100 et 101, pour prévoir les cas d'accidents aux trains ou aux appareils.

(Les articles 100 et 101 détaillent les précautions à prendre si les appareils sont dérangés ou si un accident bloque la ligne.)

Le *Block*, ainsi compris, est donc absolu dans toute la rigueur du mot, c'est-à-dire qu'un signal à l'arrêt est infranchissable, sauf dans le cas de dérangement constaté aux appareils ou d'accident signalé sur la voie.

Il n'est pas douteux que le *Block* conditionnel, tel qu'il est pratiqué sur les chemins de fer français, ne soit incomparablement supérieur au *Block* permissif, mais il présente encore des lacunes.

Si l'on tient compte de cette seule circonstance, que le train doit s'arrêter devant le signal fermé du *Block* absolu et du conditionnel, il y a une grande analogie entre les deux systèmes et c'est sur cette analogie que les ingénieurs français se fondent pour soutenir qu'ils font de l'absolu aussi rigoureux que le comporte la pratique ; mais, si l'on considère qu'aussi

(1) L'un de nous avait proposé au Congrès de ne considérer que deux types de *Block-system* : le *permissif* et le *non permissif*, celui-ci pouvant varier quant à la rigueur plus ou moins grande des conditions imposées à la remise en marche d'un train arrêté d'une manière absolue par un signal de *Block*.

bien avec le conditionnel qu'avec le permissif, deux ou plusieurs trains peuvent occuper à la fois la même section, on devra reconnaître qu'il existe une grande ressemblance entre le conditionnel français et le permissif anglais.

En fait, le conditionnel est donc un système de *Block* dans lequel le train pénètre sur la section bloquée, mais seulement après avoir stationné un temps déterminé et rempli certaines formalités.

Ce temps d'arrêt et ces formalités sont réglés comme suit sur les lignes françaises :

Ouest.— Pendant les cinq premières minutes qui suivent le passage d'un train, le signal fermé marque l'arrêt absolu. Pendant les cinq minutes suivantes, un deuxième train peut pénétrer sur la section moyennant remise au machiniste d'un bulletin écrit. Après dix minutes, le signal n'est plus qu'un simple avertissement et le système devient du permissif pur.

Est et Nord.— Pendant cinq minutes, le signal d'entrée de la section est d'arrêt absolu. Passé ce délai, qui est réduit à deux minutes si la partie de ligne à parcourir en commun par les deux trains n'excède pas 3 kilomètres, le stationnaire autorise l'entrée de la section bloquée après avoir noté sur une ardoise les numéros du train et de la machine. Il biffe ces numéros quand il est débloqué par le poste d'aval en *ayant soin de se remettre à l'arrêt* pour couvrir le deuxième train. Il est évident que cette manœuvre doit être répétée pour chaque train engagé sur la section déjà occupée.

P.-L.-M.— Un train ne peut pénétrer sur une section occupée que sur l'ordre écrit remis au machiniste par le stationnaire et dans les délais suivants, après le passage du premier train :

Dix minutes pour les sections de moins de 3 kilomètres ;

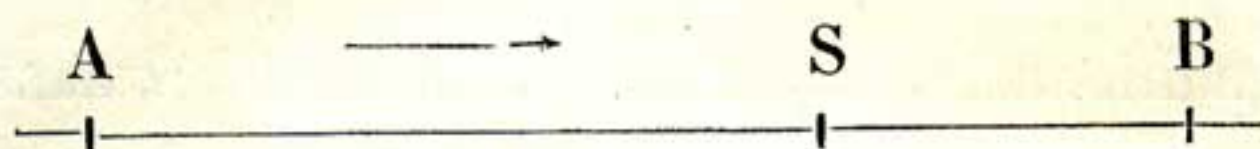
Vingt minutes pour les sections comprises entre 3 et 6 kilomètres ;

Trente minutes pour les sections de plus de 6 kilomètres.

Le stationnaire tient un registre de passage des trains, analogue à l'ardoise du Nord. D'après M. Brame, on se proposerait, au P.-L.-M., de modifier le règlement du *Block* de manière à le rendre absolu dans le sens de notre définition.

Orléans.— L'Orléans applique le *Block* absolu, c'est-à-dire qu'un train ne peut pénétrer sur une section occupée que pour aller au secours et sur l'ordre écrit du stationnaire. En cas de dérangement d'appareils exigeant l'intervention du service télégraphique, le signaliste démonte la tringle de son sémaphore ; il peut alors s'en servir comme d'un disque à main et maintenir entre les trains l'*intervalle de temps* réglementaire.

Malgré ces précautions, un accident est possible, aussi bien avec le conditionnel qu'avec le permissif, alors même que tout le monde fait son devoir et que les appareils fonctionnent régulièrement.



Soit, en effet, une section AB munie de l'appareil Lartigue, qui se manœuvre de poste à poste, ainsi que nous le verrons plus tard, et un train qui franchit le poste A se dirigeant vers B. Le stationnaire de A le couvre en mettant son signal à l'arrêt. Pour une cause quelconque, ce train est arrêté momentanément en S. Survient un deuxième train, qui pénètre sur la section bloquée après avoir accompli les formalités réglementaires et s'avance avec précaution vers B. Sur ces entrefaites, le premier convoi, ayant réparé ses avaries, se remet en marche et arrive en B. Le stationnaire de ce poste débloque A en abaissant à distance la palette du sémaphore de ce dernier. Avant que A se soit rendu à son appareil pour remettre son signal à l'arrêt, ainsi que le lui prescrit le règlement, arrive un express qui pénètre sur la section, à la faveur du signal encore effacé, et entre en collision avec le train précédent, d'autant plus sûrement que celui-ci marche à vitesse réduite.

On nous objecterait vainement que le concours de circonstances que nous avons supposé est invraisemblable : l'accident de Blackburn, en Angleterre, et celui de Charenton, en France, ont été produits par des causes analogues.

C'est également sans raison qu'on nous opposerait qu'un accident ne permet pas de juger un système; s'il en était ainsi, la plupart des précautions deviendraient inutiles, car un accident ne se reproduit presque jamais dans des circonstances absolument identiques. L'observation attentive des accidents conduit à des conclusions pratiques très utiles, et, à défaut d'expériences directes possibles, il faut s'en rapporter à l'observation des faits journaliers de l'exploitation, qui, seuls, permettent de conclure dans quelles limites il convient d'admettre la faillibilité humaine et le concours du hasard.

Les ingénieurs français insistent sur ce fait qu'une machine qui va au secours d'un train en détresse pénètre forcément sur une section bloquée et qu'il y a atteint virtuelle au principe du *Block-system*, quel qu'absolu que soit celui-ci; mais c'est là une erreur. Quand une locomotive de secours pénètre sur une section bloquée, c'est en suite d'un ordre *motivé* et comme conséquence d'une situation *connue* à l'avance. Le machiniste n'est plus

dans le cas de l'exploitation régulière : il sait qu'il a devant lui un obstacle précis, déterminé. Mais, s'il a franchi dix fois un signal à l'arrêt, à la faveur du régime conditionnel, et si, dix fois, il a trouvé la section libre, il sera fort enclin à ne plus attacher la même importance au signal d'arrêt. Nier ce fait serait méconnaître l'une des tendances les plus ordinaires de la nature humaine.

La seule raison que l'on puisse invoquer pour donner la préférence au permissif et au conditionnel, c'est que l'un et l'autre sont plus favorables que l'absolu à la rapide expédition des trains : ce dernier peut, en effet, avoir pour conséquence l'arrêt d'un train, alors que plusieurs kilomètres sont libres devant lui. Mais cet avantage est plus apparent que réel et un examen quelque peu attentif montre qu'il se réduit à rien dans presque tous les cas (1).

(1) Il est facile de s'en rendre compte en examinant ce qui se passe dans les trois seules hypothèses possibles :

1° LE SIGNAL DE BLOCK EST FERMÉ PARCE QUE LES APPAREILS SONT DÉRANGÉS.

Dans le système absolu, le train fait arrêt au signal. Pour bien préciser, citons le règlement du chemin de fer de l'État belge, qui applique le *Block* absolu dans toute sa rigueur :

Lorsque l'appareil n'est pas débloqué, bien qu'il paraisse probable que le dernier train ait dépassé le poste suivant, le signaleur interpelle son collègue par quatre roulements de la sonnerie spéciale d'annonce. Le garde appelé débloque s'il y a oubli de sa part, répond par trois roulements de sonnerie si le train n'est pas arrivé ou s'il ne se trouve pas dans des conditions telles que le poste précédent puisse être débloqué, et par cinq roulements s'il existe un dérangement à son appareil.

Dans ce dernier cas, ainsi que dans le cas de non-réponse, le signaleur s'efforcera, sans toutefois quitter son poste et en ayant recours aux ouvriers de la voie, de se renseigner le plus vite possible sur la situation.

Il maintiendra toutefois son signal à l'arrêt aussi longtemps que son disque restera rouge (bloqué).

Si un train se présente en ce moment, le signaleur devra l'arrêter et devra, en présence du chef-garde, interpeller de nouveau son collègue du poste suivant, au moyen de la sonnerie.

Le chef-garde doit s'assurer, par lui-même, que le poste voisin ne répond pas ou répond par le signal « dérangement » et recherche la cause du dérangement. Il ne peut donner ordre de continuer la marche que si le dérangement est bien constaté et s'il s'est écoulé au moins dix minutes depuis le passage du train précédent, etc.

Il est clair, en effet, que, du moment où les appareils sont dérangés ou que le signaleur d'aval ne répond pas, la section doit être considérée comme dépourvue de *Block* et son exploitation réglée en conséquence. En fait, le règlement de l'État belge établit immédiatement l'intervalle de temps, sans prescrire un délai d'attente réglementaire.

Que serait-il arrivé avec le *Block* conditionnel ? Le train aurait fait arrêt, aurait attendu le délai réglementaire, puis se serait remis en marche ; s'il y a une légère différence de retard, elle est à l'avantage du *Block* absolu ;

2° LA SECTION EST OCCUPÉE PAR UN TRAIN ARRÊTÉ OU DÉRAILLÉ.

Dans le *Block* absolu, si un train arrive devant le signal fermé, le signaleur du poste interpelle son collègue d'aval. Celui-ci répond que le train engagé n'est pas arrivé et que, par conséquent, la section est occupée ; le train stationne à l'origine de la section. Avec le *Block* conditionnel, il aurait finalement pénétré sur la section pour venir s'arrêter devant l'obstacle. Nous nous demandons quel avantage il peut y avoir à faire avancer un train de quelques kilomètres pour le faire stationner en pleine voie ? Si le poste dépassé est en station, le procédé ne se justifie plus du tout ; car le train arrêté était infiniment mieux en gare, d'où le chef pouvait l'expédier soit à contre-voie, soit par un chemin détourné et où les voyageurs pouvaient,

I. Théorie générale du Block-system.

Les considérations qui précèdent ont un caractère général et, pour les compléter, il nous reste à rechercher les conditions à remplir pour assurer la réalisation pratique du principe du *Block-system*.

Ces conditions, au nombre de quatre, ne sont, en quelque sorte, que l'énoncé du principe même du système; elles sont évidentes *à priori*, et nous n'aurions pas à nous y arrêter s'il ne ressortait de leur discussion approfondie des conséquences importantes.

Pour que la marche d'un train soit garantie sur les lignes à double voie, il faut que le *Block* soit réglé comme suit :

1° Tout train qui franchit un poste de *Block* doit être couvert par un signal avant qu'un second train se présente au même poste ;

2° Ce signal ne peut être remis au passage qu'après réception d'un avis émanant du poste d'aval et constatant que le train a quitté la section ;

3° Cet avis ne peut être transmis par le poste d'aval que quand le train a bien effectivement quitté la section ;

4° Il ne doit d'ailleurs être envoyé qu'une seule fois pour chaque train passé.

Les conditions 2 et 4 ne sont que les corollaires des conditions 1 et 3. Si toutes sont remplies, le *Block* fonctionnera régulièrement et la sécurité sera complètement assurée.

Pour en obtenir la réalisation, on peut se reposer entièrement sur la

le cas échéant, se mettre à l'abri, expédier des télégrammes, etc. Dans cette seconde hypothèse, l'avantage reste encore à l'absolu ;

3° UN TRAIN MET PLUS QUE LE TEMPS RÉGLEMENTAIRE POUR PARCOURIR UNE SECTION, MAIS SA MARCHÉ, RALENTIE, N'EST PAS COMPLÈTEMENT INTERROMPUE.

Dans ce cas, le conditionnel est avantageux. Rien de plus favorable, en effet, que de faire suivre, à vue en quelque sorte, le premier train par le second. Arrivé à une gare, le second dépasse le premier ; il n'y a aucune perte de temps.

Cet avantage du conditionnel n'est pas discutable, mais il n'a pas l'importance qu'on pourrait lui attribuer au premier abord.

En effet, le temps gagné ne peut dépasser celui qui est nécessaire pour franchir la section en pleine vitesse, puisque, dans l'absolu, la distance des deux trains est égale à la longueur d'une section, alors qu'elle ne serait pas nulle dans le conditionnel.

Pour des sections ordinaires de 3 kilomètres, la différence se chiffrera, pour les trains de voyageurs, par cinq minutes au plus. Par contre, le conditionnel peut donner lieu à des pertes de temps. Supposons, par exemple, un train qui pénètre *conditionnellement* sur la section alors que le train précédent est sur le point de la quitter. Quelques minutes d'attente auraient permis à ce deuxième train de marcher à pleine vitesse, alors qu'il va être obligé de circuler prudemment sur toute la longueur d'une section.

La faveur accordée en France au conditionnel ne peut donc se justifier par la plus grande rapidité d'expédition des trains. Du reste, l'intensité de l'exploitation anglaise, à laquelle celle des chemins français ne peut se comparer ni comme trafic, ni comme vitesse, montre que le *Block* absolu se concilie parfaitement avec le trafic le plus étendu.

ponctualité des stationnaires, auxquels des instructions précises prescrivent de ne faire les manœuvres qu'à bon escient et dans l'ordre voulu. Si cette garantie, purement morale, est jugée suffisante, toute l'installation se réduit à un signal couvrant l'origine de chaque section et à un procédé quelconque de communication réciproque entre l'amont et l'aval.

Parmi les nombreux moyens de communication possibles entre postes successifs, les plus simples se présentent les premiers à l'esprit. A l'aide de sonneries électriques ou d'indicateurs d'un type quelconque, il est aisé de créer les quelques signes conventionnels suffisant à tous les cas de la pratique ; ces signes conventionnels se réduisent à deux, savoir :

1° Le poste d'amont couvre un train et transmet au poste d'aval l'indication : *Train sur la voie* ;

2° A l'arrivée du train au poste d'aval, celui-ci transmet le signal : *Voie libre*, au poste d'amont, qui, dès lors, peut remettre son signal optique au passage.

Les appareils télégraphiques ordinaires peuvent également remplir cet office ; mais, leur manœuvre exigeant des agents plus exercés que ne le sont ordinairement les stationnaires des postes du *Block*, ils ne sont d'un emploi pratique que dans l'organisation du *Block* entre stations. Dans ce cas, le signal de couverture peut même être supprimé et remplacé par l'ordre de départ donné de vive voix par le chef de gare.

Ce système, bien que rudimentaire, est incontestablement supérieur à la couverture par le temps ; il a été appliqué fréquemment et son emploi est encore général sur les lignes à simple voie, pour prévenir les collisions à l'avant. Mais la sécurité qu'il donne repose exclusivement sur l'exactitude avec laquelle le signaliste traduit les indications qu'il reçoit ; une erreur de transmission ou de réception, une inattention ou une négligence suffisent pour rendre le système caduc.

Aussi s'est-on efforcé depuis longtemps de remédier à ce défaut grave en affectant au *Block* des appareils spéciaux donnant des indications claires, précises et peu nombreuses. Cette deuxième phase du *Block-system* est caractérisée par l'établissement, entre les appareils indicateurs, de relations qui obligent à effectuer les opérations électriques dans un ordre déterminé.

Dans ce cas, le rôle du stationnaire d'amont se réduit à couvrir le train au moment où celui-ci pénètre sur la section et à remettre son signal au passage, c'est-à-dire en concordance avec le signal électrique : *Voie libre*, lorsque ce dernier lui est transmis par le poste d'aval. Le rôle du signaliste d'aval ne consiste qu'à envoyer le signal : *Voie libre*, quand le train passe sous ses yeux. De nombreux appareils, basés sur ce principe, sont en

usage en France et en Angleterre. Citons les appareils de Preece, Tyer, Spagnoletti, Walker, Regnault, qui marquent un progrès important sur la première étape du *Block*, mais qui, tous, ont le défaut commun de ne réaliser aucune dépendance entre les indicateurs et les signaux optiques extérieurs.

La sécurité tout entière repose donc sur le soin apporté par le signaliste à répéter fidèlement à l'extérieur les indications de son appareil électrique. De fréquents accidents établissent, malheureusement, que cette garantie est insuffisante et qu'il faut compter largement avec la négligence et l'insouciance des agents subalternes chargés des fonctions délicates de signalistes.

Dans les installations modernes, qui marquent la troisième phase des appareils de *Block*, l'idée mère est précisément d'écarter toutes les chances d'erreurs, quelque peu probables qu'elles paraissent à première vue, en empêchant mécaniquement toute fausse manœuvre, à l'instar des appareils d'enclenchement locaux, où le même desideratum est réalisé pour les signaux d'un poste unique. On arrive ainsi au *Block enclenché*. Beaucoup de bons esprits estiment que cette préoccupation est inspirée par une éventualité trop lointaine et trop peu probable ; que ce n'est pas trop exiger d'un agent subalterne que de lui imposer l'obligation de mettre un signal en concordance avec un indicateur, et qu'il ne faut pas aller trop loin dans la voie des précautions. A ces ingénieurs, nous demanderons ce qu'il faudrait penser d'un appareil d'enclenchement de traversée de voie n'établissant pas de relations entre les deux signaux des voies convergentes sous prétexte qu'il est inadmissible que le signaliste pousse la négligence jusqu'à ouvrir simultanément les signaux des deux directions ?

Le danger que l'on redoute avec raison pour une circulation locale, où tout se passe sous les yeux d'un seul agent, n'existerait donc plus parce qu'il peut se produire au loin, sans que rien ne le décèle, et alors que plusieurs agents concourent à l'exécution d'une même manœuvre ? Ajoutons bien vite que, contrairement à cet avis, la plupart des ingénieurs admettent la nécessité de l'enclenchement des signaux de *Block* au même titre que celui des signaux ordinaires.

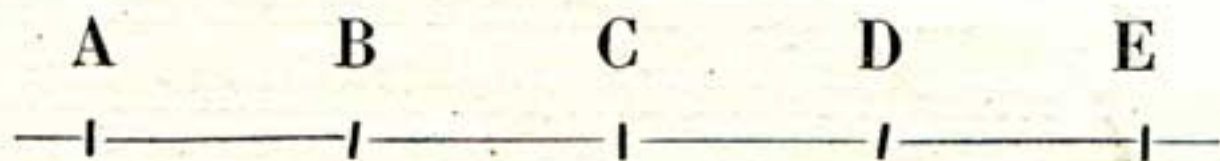
Nous allons passer en revue les moyens en usage pour réaliser, soit moralement, soit mécaniquement, les conditions de sécurité que nous avons énoncées plus haut. Nous étudierons d'abord le cas normal des trains se succédant dans un ordre régulier, pour examiner ensuite les perturbations introduites dans le système par les bifurcations, les stations, les dépassements ou évitements, les têtes de ligne, le cas des trains qui prennent naissance ou finissent dans une station, etc.

1^{re} CONDITION. — TOUT TRAIN QUI FRANCHIT UN POSTE DE BLOCK DOIT ÊTRE COUVERT PAR UN SIGNAL AVANT QU'UN SECOND TRAIN SE PRÉSENTE AU MÊME POSTE.

2^e CONDITION. — CE SIGNAL NE PEUT ÊTRE REMIS AU PASSAGE QU'APRÈS RÉCEPTION D'UN AVIS ÉMANANT DU POSTE D'AVAL ET CONSTATANT QUE LE TRAIN A QUITTÉ LA SECTION.

La couverture des trains peut être effectuée automatiquement par l'action des roues de la locomotive sur un organe spécial mettant le signal à l'arrêt et rendant son ouverture impossible jusqu'à ce que le signaliste ait reçu l'avertissement : *Voie libre*. Malheureusement, cette disposition, très séduisante à première vue, est sujette aux critiques dirigées contre les appareils automoteurs en général : l'agent s'habitue trop facilement à voir le train remplir l'office qui devrait lui incomber, il délaisse son service et, le jour où l'appareil fait défaut, rien ne peut lui suppléer. Aussi, pensons-nous qu'il ne faut recourir à des dispositifs de l'espèce qu'avec la plus extrême circonspection. En règle générale, nous condamnons toute action du train provoquant le fonctionnement *direct* des signaux optiques ; nous pensons que l'intervention du stationnaire est nécessaire pour assurer le passage des trains, son initiative et son intelligence pouvant, le cas échéant, atténuer les effets d'un défaut de fonctionnement, s'il venait à se produire.

Un moyen plus efficace d'assurer la couverture des trains à l'arrière consiste à rendre les postes successifs solidaires les uns des autres, au moyen de relations d'enclenchement réglées comme suit :



Soit un train passant de la section AB à la section BC, et supposons qu'il ait été couvert régulièrement par le stationnaire A. Les choses sont disposées de telle sorte, que le signal de A ne peut être remis au passage qu'après avoir été préalablement déclenché par B, et que B ne puisse envoyer ce déclenchement à l'amont qu'après avoir lui-même couvert le train.

La même relation existant entre B et C, entre C et D, et ainsi de suite, il en résulte que, si le poste d'origine s'est couvert régulièrement, toutes les sections le seront également, par la nécessité de se déclencher successivement.

L'envoi à l'arrière du signal : *Voie libre*, est ordinairement connexe de la manœuvre qui enclenche à l'arrêt le signal du poste.

Le *Block à sections dépendantes* ainsi compris est une solution complète de la question. Il assure la réalisation des deux conditions qui nous occupent

et fonctionne parfaitement tant que les trains se suivent régulièrement dans l'ordre de leur départ successif. Malheureusement, il est loin d'en être toujours ainsi dans la pratique de l'exploitation, et nous verrons bientôt qu'il faut, presque toujours, apporter un tempérament important à la dépendance rigoureuse des postes.

3^e CONDITION. — L'AVERTISSEMENT « VOIE LIBRE » NE PEUT ÊTRE TRANSMIS PAR LE POSTE D'AVANT QUE QUAND LE TRAIN A BIEN EFFECTIVEMENT QUITTÉ LA SECTION.

Le soin de réaliser cette troisième condition est généralement abandonné au stationnaire, qui ne doit débloquent le poste d'amont qu'*après* avoir constaté le passage du train et jamais *avant*.

A première vue, il paraîtra invraisemblable qu'un garde pousse la négligence jusqu'à mettre son signal à l'arrêt avant le passage du train que ce signal doit couvrir. Mais, si improbable qu'il paraisse, ce cas peut se produire et, pour le prouver, nous rappellerons l'accident survenu, il y a quelques années, sur le réseau du chemin de fer de l'État, entre les stations de Gouy lez-Piéton et de Pont-à-Celles. Un train de marchandises, engagé sur la section AB (nous désignerons par A et B les postes limitant la section théâtre de l'accident), reste en détresse pour une cause quelconque. L'heure réglementaire de son passage en B s'écoule et le stationnaire A, pressé par l'arrivée d'un nouveau convoi, interpelle son collègue B, croyant à une négligence de sa part. Celui-ci, qui s'était endormi, se réveille brusquement par le tintement de la sonnerie électrique d'appel et, après avoir constaté le retard, se persuade que le train a franchi son poste sans qu'il s'en soit aperçu. Pour éviter une punition et convaincu qu'il n'a que trop différé les manœuvres, il se couvre, débloquent A et produit une collision entre le train en détresse et celui qui le suivait. La situation que nous signalons ne constitue donc pas un danger imaginaire et, pour le conjurer, il n'existe qu'un moyen : c'est de charger le train lui-même d'*annoncer* son passage.

Nous donnons aux organes qui remplissent cet office le nom générique de *pédales*, comprenant sous cette dénomination tous les dispositifs qui exigent l'intervention du train pour signaler son propre passage à un poste.

La pédale peut donc être un simple avertisseur indépendant des appareils de *Block*, ou un organe enclencheur spécial dont le fonctionnement est nécessaire pour permettre le débloquent du poste d'amont. Mais jamais elle ne doit intervenir dans le mécanisme du *Block* proprement dit pour mettre automatiquement un signal au passage. C'est donc à tort qu'on la considère parfois comme un acheminement vers des dispositions automatiques condamnées par la plupart des bons esprits et que, pour

notre part, nous considérons comme vicieuses dans leur principe. La pédale est un simple enclenchement complémentaire, qui ne modifie en rien le rôle de l'agent chargé de la manœuvre du *Block* et, à l'égal de tous les autres enclenchements, n'intervient que pour empêcher une manœuvre inopportune.

La première idée d'une pédale remonte à Preece, qui en avait défini l'emploi. Mais, à l'époque où cet inventeur imaginait le *Block-system*, les appareils n'avaient pas le caractère de rigueur qu'ils ont acquis depuis, et il eût été puéril de les doter d'une disposition destinée à faire face à un inconvénient peu important par rapport à d'autres imperfections beaucoup plus graves. Aussi ne fut-elle guère appliquée.

C'est M. Ramaekers, ingénieur en chef des chemins de fer de l'État belge, qui, le premier, si nous ne nous trompons, en a repris l'idée et l'a introduite dans le programme remarquable qu'il a dressé pour l'emploi du *Block-system* en Belgique : il en a fait faire une application aux appareils Hodgson, sur la ligne de Bruxelles à Anvers.

Les premiers essais ne furent pas heureux et là est vraisemblablement la cause du discrédit dont la pédale a été frappée. Mais l'expérience actuelle permet d'espérer que l'on est sur le point d'arriver à des dispositions plus satisfaisantes. Citons la pédale Flamache, qui, pendant une durée de quatorze mois et par un hiver très rigoureux, n'a donné, sur 1,500 fonctionnements, qu'un seul raté, et encore celui-ci s'est-il produit alors que le sol était recouvert de 40 centimètres de neige. La pédale à mercure de Siemens aurait également reçu d'importantes et heureuses applications sur les lignes allemandes. La fortune plus ou moins heureuse des appareils déjà essayés n'a, du reste, qu'une importance secondaire et l'annonce du train par le train lui-même reste un desideratum important.

On objecte encore que, dans les gares, les pédales sont forcément atteintes par les machines de manœuvre et que leur application y introduirait des complications de service inadmissibles. Il va de soi que cette observation ne subsiste que pour les manœuvres s'effectuant sur les voies principales. Or, les manœuvres devant évidemment être interrompues quand la section d'amont est occupée par un train arrivant, on peut aisément disposer les choses de telle sorte que la pédale ne soit *tendue*, c'est-à-dire prête à fonctionner, que quand la voie est occupée. C'est le cas, notamment, du *Block* à voie fermée. Dès lors, il n'y a plus d'inconvénient à franchir la pédale en faisant les manœuvres, puisqu'elle n'est pas disposée pour fonctionner.

En cas de raté de la pédale, il n'est pas possible au stationnaire de

lancer à l'amont le courant de déclenchement. C'est là un inconvénient sérieux et, pour y remédier, on a complété certains appareils par une *clef spéciale* avec laquelle le signaliste peut manœuvrer l'organe qui aurait dû être actionné par la pédale. Cette clef est plombée, de manière à ne pouvoir être utilisée qu'avec contrôle.

Cette disposition n'est qu'un pis-aller et va encore nous fournir un exemple du peu de fond que l'on peut faire sur la ponctualité et l'intelligence de la moyenne des agents de la route.

Sur une section de la ligne de Bruxelles à Malines où est établi le *Block Hodgson* (près de la station de Weerde), la pédale était dérangée et, depuis une journée, la clef était en permanence sur l'appareil. Au bout de ce temps, le trafic étant très actif, le signaliste s'était déjà accoutumé à pousser la clef pour chaque train qui passait; mais, au lieu de faire cette manœuvre au moment du passage et pour suppléer au manque d'action de la pédale, il la faisait en même temps qu'il envoyait le déclenchement à l'arrière. Dans son esprit, les deux opérations étaient donc devenues connexes et, de cette circonstance, résulta un accident, par suite de l'envoi d'un déclenchement *avant* le passage réel du train.

4^e CONDITION. — LE COURANT DE DÉCLENCHEMENT NE DOIT ÊTRE ENVOYÉ QU'UNE FOIS POUR CHAQUE TRAIN PASSÉ.

Cette condition dépendant de la construction spéciale de chaque appareil, nous n'avons à nous y arrêter ici que pour en signaler la nécessité.

Selon la POSITION NORMALE des signaux, le *Block* est dit à *sections ouvertes* ou à *sections fermées*.

Dans le *Block à sections ouvertes*, les signaux, normalement au passage, ne sont mis à l'arrêt que pour couvrir un train.

Dans le *Block à sections fermées*, les signaux sont normalement à l'arrêt et, pour admettre un train, le stationnaire d'amont doit demander le passage au poste d'aval. Il va de soi que cette demande est faite avant que le train annoncé ne soit en vue.

Cette sujétion de *demander la voie* pour chaque train peut paraître incompatible avec un trafic actif; mais elle est amplement compensée par une plus grande ponctualité dans les opérations. Dans le *Block à sections ouvertes*, en effet, le stationnaire d'aval n'est averti de l'arrivée prochaine d'un train que quand son collègue d'amont se décide à le lui annoncer; dans le *Block à sections fermées*, au contraire, il est appelé à son appareil avant que le train ne pénètre sur la section. L'expérience faite sur la ligne,

très parcourue, de Bruxelles à Anvers a, du reste, montré que la voie fermée est plutôt favorable à la rapide expédition des trains.

Un autre reproche, peut-être plus fondé, a été fait à la voie fermée :

Dans le *Block* à sections ouvertes, c'est au moment où le stationnaire B voit passer le train qu'il envoie à son collègue d'amont A l'avertissement nécessaire pour lui permettre de ramener son signal au passage, c'est-à-dire dans sa position normale.

Dans le *Block* à sections fermées, le signal A, placé à l'arrêt pour couvrir un train, occupe sa position normale, et l'autorisation de le mettre au passage ne sera demandée à B qu'au moment d'admettre un deuxième train. L'envoi du déclenchement nécessaire à cette ouverture ne suivra donc pas immédiatement le passage du train au poste B, et l'agent devra faire appel à sa mémoire pour savoir si ce train est passé et éviter un déclenchement intempestif.

Dans le cas de la voie unique, le déclenchement ne pourra *jamais* être envoyé immédiatement, puisque les deux signaux ne peuvent être ouverts en même temps et que le stationnaire ignore d'où lui arrivera le prochain train. Malgré cet inconvénient, inévitable dans le cas de la voie unique, le *Block* à sections fermées s'impose si la couverture à l'avant fait partie du système.

Pour la double voie, le déclenchement pourrait être envoyé immédiatement, mais à la condition que le stationnaire d'aval n'en profitât pas de suite et ne mit son signal optique au passage qu'au moment où un train doit pénétrer sur la section.

EXTRÉMITÉS DE LIGNES. — A raison de leur position, les postes extrêmes d'une ligne de *Blocks* n'ont de relation que d'un seul côté. Il en résulte que la mise à l'arrêt du premier signal n'est pas imposée et que la *dépendance absolue*, condition fondamentale de la sécurité, cesse de fait.

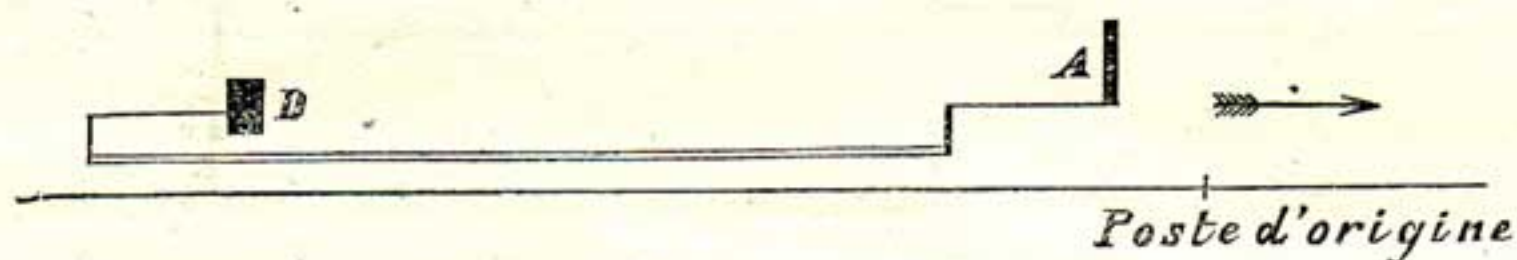
L'origine d'une ligne de *Blocks* est donc un point faible du système et, théoriquement, il est difficile d'assurer avec certitude la couverture par le premier poste. Toutefois, différents procédés permettent d'atteindre ce résultat dans des conditions plus ou moins satisfaisantes.

Le moyen le plus simple, sinon le plus efficace, consiste à confier le premier poste à un agent éprouvé, sur la ponctualité duquel on puisse compter. Cet agent peut d'ailleurs être aisément contrôlé en établissant, dans le bureau du chef de station, un répéteur électrique du signal d'origine. On peut aussi installer le premier poste dans ce même bureau en supprimant le signal optique extérieur ; c'est alors le chef de gare qui donne l'ordre de départ, *après avoir* enclenché son appareil. Le premier

poste de route doit donc se mettre à l'arrêt pour déclencher la station et lui permettre d'expédier un deuxième train. Le danger d'une négligence est ainsi notablement atténué, la responsabilité du départ incombant à un agent élevé en grade, sur lequel il est permis de compter. Toutefois, si l'on veut aller plus loin dans la voie des précautions ou si l'origine de la ligne de *Block* n'est pas en station, mais en pleine voie (par exemple après une bifurcation), il est encore certaines dispositions qui permettent d'assurer la fermeture du premier signal.

C'est ainsi que l'on peut faire dépendre l'annonce à l'avant de la couverture à l'arrière. Le premier signaliste est donc contrôlé par son collègue d'aval, qui, voyant arriver un train non annoncé, est en mesure de signaler l'irrégularité. Mais ce n'est là qu'une garantie morale et le seul moyen efficace est la disposition connue sous le nom de *souricière*. Voici en quoi elle consiste :

Le poste de tête de ligne comporte deux signaux A et D convenablement espacés et enclenchés, de manière à ne jamais pouvoir être ouverts simultanément (1).



Pour effacer le signal D, il faut donc fermer provisoirement A, et pour remettre A au passage, il est indispensable de fermer D. La section est donc toujours couverte par un signal, ce qu'il fallait obtenir.

Ce procédé, absolument certain, présente un inconvénient résultant de la faible distance relative des deux signaux A et D : le machiniste ne peut se lancer avant d'avoir franchi le signal de *Block* proprement dit A.

En somme, si les précautions morales indiquées plus haut ne paraissent pas suffisantes, la *souricière* est le seul moyen certain d'assurer la couverture du premier poste.

Quant au poste de fin de ligne, le signal optique n'a plus d'utilité puisque au delà il n'y a plus de *Block*; aussi le rôle du stationnaire se réduit-il à ne déclencher qu'en temps opportun, c'est-à-dire quand le train a quitté la section. Nous avons vu que la pédale seule donne toute garantie à cet égard.

(1) Dans ce schéma et dans tous les suivants, les signaux sont figurés rabattus dans le sens de la marche des trains, les palettes à gauche du machiniste.

2. — Cas particuliers d'exploitation.

Sur tous les chemins de fer, certains trains à marche rapide doivent en dépasser d'autres à allure plus lente. Ces dépassements sont réglés à l'avance avec le plus grand soin, mais ils n'en constituent pas moins une atteinte virtuelle au principe du *Block-system*, puisqu'un même point de la voie est occupé au même instant par deux trains circulant dans la même direction. La dépendance *absolue* des postes, telle que nous l'avons définie, ne se concilie donc pas avec l'inévitable nécessité des dépassements et chaque station, pouvant accidentellement devenir un point de garage, se trouve être, par le fait, une entrave plus ou moins sérieuse à l'application rigoureuse des règles que nous avons formulées. Remarquons incidemment que le dépassement se ramène au cas d'un train finissant son itinéraire en un point donné pour le reprendre plus tard du même point. Celui-ci devient donc, à la fois, fin et tête de ligne. Des difficultés analogues se produisent aux bifurcations, plusieurs directions donnant accès sur la même section du *Block* qui n'est et ne peut être couverte que par un seul signal.

On a donc été amené à rechercher des solutions qui, tout en fournissant la plus grande somme de sécurité possible, se prêtent mieux aux exigences de l'exploitation.

Nous venons de dire que le dépassement était impossible avec le *Block* à sections dépendantes. Cela est vrai dans le cas de la voie normalement ouverte, mais cela cesse de l'être dans celui de la voie normalement fermée. Soit, en effet, un train couvert par le signal A et arrivant au poste B, où il doit être garé. Ce train, ayant terminé momentanément son itinéraire, le signal B reste à l'arrêt et le stationnaire est en mesure de déclencher le poste A quand le passage lui est demandé pour le train suivant. Dans le cas de la section ouverte, au contraire, B aurait dû se mettre à l'arrêt pour débloquer A et n'aurait pu être déclenché par C, aucun train n'étant arrivé à ce poste. Dans le cas de la voie normalement fermée, le poste de garage pourra donc admettre un nombre quelconque de trains; mais, par le fait, il deviendra tête de ligne et le stationnaire ne devra pas négliger de remettre son signal à l'arrêt après le départ de chacun d'eux.

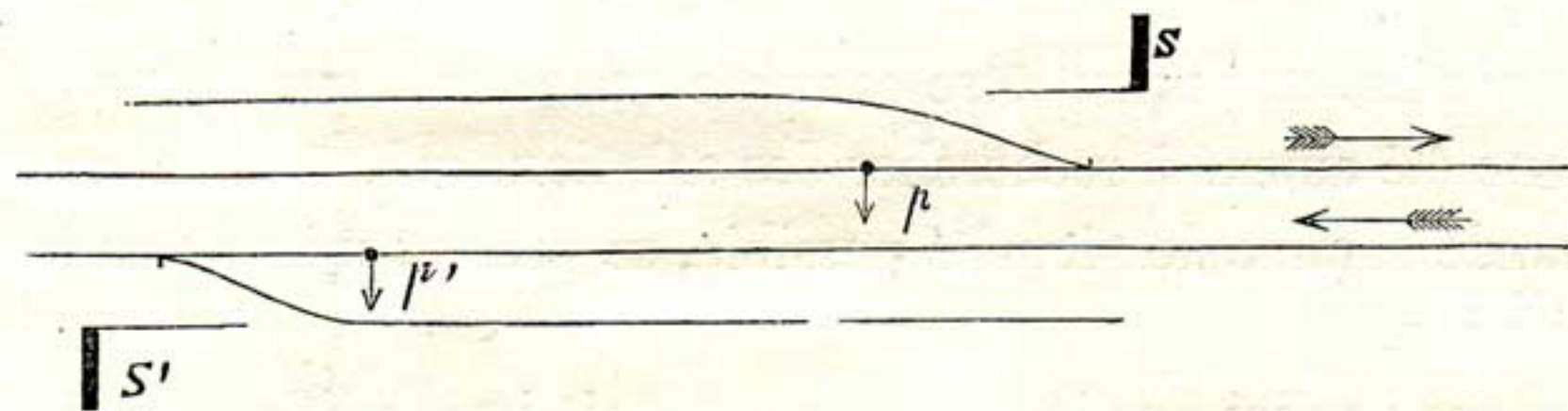
La voie normalement fermée résoudrait donc le problème délicat des dépassements si elle ne présentait une lacune grave.

La position du signal à l'arrêt étant la seule condition de l'envoi à l'arrière du courant de déclenchement, il peut arriver que, par inadvertance, le signaliste envoie deux déclenchements pour un seul train passé ou, en d'autres termes, qu'il débloque avant l'arrivée du train à garer. Ce serait là un inconvénient des plus sérieux, s'il n'était facile d'y remédier

par l'emploi d'une pédale reliée mécaniquement au signal, de manière que l'on ne puisse déclencher à l'arrière que si la pédale a été franchie par un train.

Cette variété de *Block*, à laquelle nous avons donné le nom de *Block à sections dépendantes et à déclenchement indépendant*, jouit de toutes les propriétés de la section dépendante et se prête à tous les cas de dépassement. Elle est appliquée sur la section du réseau de l'État belge où sont installés les appareils Hodgson et, n'était la répugnance qu'inspire la pédale à beaucoup d'ingénieurs, on pourrait dire, sans conteste, qu'elle constitue la solution la plus complète du problème et donne toutes les garanties que l'on peut demander à un bon système d'exploitation.

Quant au danger résultant de ce que la station de garage devient tête de ligne, il est commun à tous les systèmes : il provient du fait même du dépassement et ne peut être éliminé que par l'emploi de la *souricière*.



Le schéma ci-dessus montre la disposition des signaux et des pédales d'une station de l'État belge munis des appareils Hodgson.

Une solution plus radicale consiste à sacrifier complètement la dépendance des postes en supprimant toute solidarité entre les manœuvres d'amont et d'aval. L'origine de chaque section devient alors tête de ligne, les stations de garage cessent de faire partie de la ligne de *Block* et toute facilité est obtenue pour les dépassements, puisque l'on peut intercaler tout ce qu'on veut entre deux sections successives. Mais ce résultat n'est obtenu qu'au détriment de la sécurité, le fonctionnement du système reposant derechef sur la ponctualité du stationnaire. Cette solution imparfaite, désignée sous le nom de *Block à sections indépendantes*, est encore employée dans beaucoup de cas. Elle avait été admise par la Compagnie du Nord français, lors de l'installation des premiers appareils Lartigue. Mais, depuis cette époque, l'utilité de la dépendance ayant été reconnue, celle-ci a été réalisée au moyen de dispositions ingénieuses dues à M. Eug. Sartiaux. La circulation régulière se fait sous le régime de la dépendance ; mais, en cas de dépassement, l'agent chargé de la surveillance possède le moyen de faire disparaître la connexion qui relie les manœuvres d'amont et d'aval. Le *Block* reprend donc momentanément les propriétés de la section

indépendante ; mais, le dépassement se faisant sous le contrôle d'un agent qui en a la responsabilité, la sécurité peut être considérée comme suffisamment garantie.

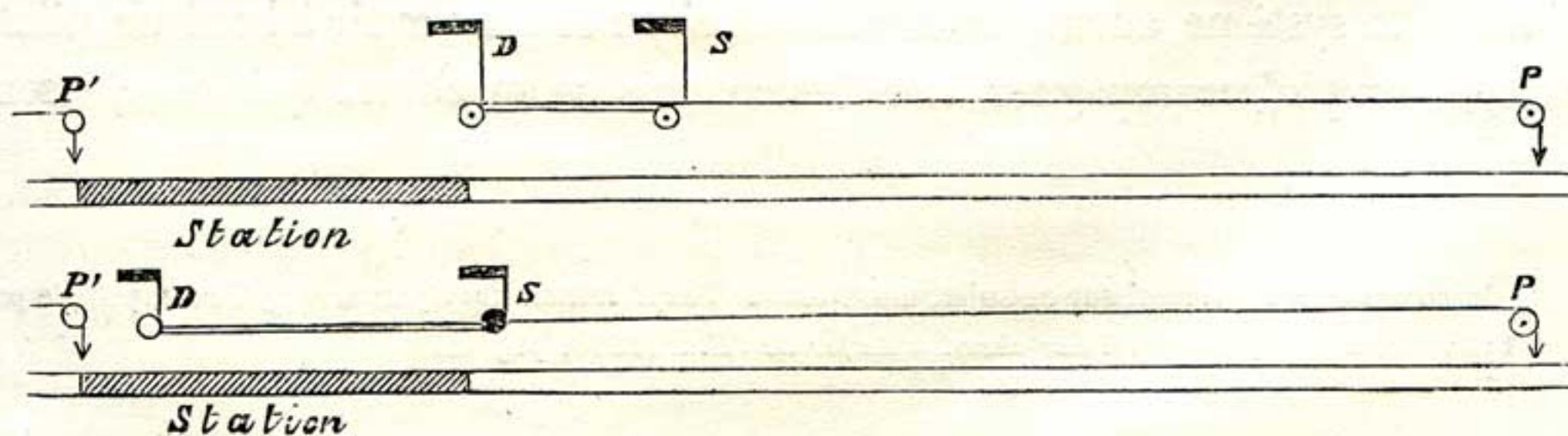
Une disposition analogue a été adoptée sur le réseau de l'État belge pour les appareils Siemens et Halske, qui, dans le principe, étaient à sections rigoureusement dépendantes (ligne de Melle à Ostende). Actuellement, les appareils d'amont et d'aval sont distincts, mais rendus solidaires par une pièce spéciale. Normalement, les sections sont donc dépendantes ; mais, en cas de dépassement, la connexion peut être supprimée momentanément. Ce correctif à l'indépendance des postes paraît, à beaucoup d'ingénieurs, être la limite de ce que l'on peut attendre de la sécurité offerte par le *Block-system*.

En combinant la pédale et la *souricière*, on arriverait enfin à une dernière variété du *Block* donnant toutes les garanties de la section dépendante et permettant les dépassements.

Dans ce type, qui n'est pas appliqué, du reste, et que, faute d'une appellation plus exacte, nous désignerons sous le nom de *Block à sections séparées*, le déblocage à l'arrière n'a plus pour condition la mise à l'arrêt du signal. Cette mise à l'arrêt dépend d'une *souricière* ou de toute autre condition locale et le déclenchement à l'amont est lié au passage du train sur la pédale qui termine la section. Le stationnaire peut donc admettre autant de trains qu'il le veut ; mais il ne peut en expédier qu'un à la fois. En outre, il ne peut envoyer qu'un déclenchement par train passé.

Cette solution serait complète si elle se prêtait au trafic rapide ; mais nous avons déjà dit que le rapprochement des deux signaux de la *souricière* ne permet au machiniste de se lancer que quand il a franchi le second. On pourrait éluder cet inconvénient en plaçant le premier signal à l'entrée de la station et le second à la sortie ; la station serait comprise dans la *souricière* et plusieurs trains pourraient s'y trouver à la fois. Mais on perdrait l'avantage du double signal à la sortie et, avec lui, la garantie que deux trains ne seront pas expédiés à la faveur du signal ouvert.

Les deux schémas ci-dessous donnent la disposition de la *souricière* dans les deux cas cités.



Combinaison du Block et de l'interlocking system.

Dans beaucoup de cas, il est utile de combiner le *Block-system* avec d'autres appareils, de telle sorte que le déclenchement à l'arrière soit subordonné à une position déterminée de ceux-ci. Il suffit, pour atteindre ce résultat, que l'organe qui sert à envoyer le déclenchement ne puisse être déplacé aussi longtemps que les appareils reliés au *Block* ne sont pas dans une position convenable. C'est ainsi qu'un appareil de *Block* pourrait être enclenché avec un changement de voie, ou avec un signal, ou avec le verrou d'une barrière. C'est là un simple problème d'enclenchement mécanique, qui peut rendre de grands services dans beaucoup de cas.

PROTECTION DES TRAINS SUR LES LIGNES A VOIE UNIQUE.

La protection des trains sur les lignes à voie unique se complique de la nécessité de couvrir les trains à l'avant. On arrive à ce résultat par différents moyens, que nous allons étudier successivement (1).

§ 1^{er}. — EXPLOITATION EN NAVETTE.

L'exploitation en navette consiste à n'utiliser qu'un seul train mixte (voyageurs et marchandises), qui va et vient de l'une à l'autre des extrémités de la ligne considérée. C'est, de tous les modes d'exploitation, le moins coûteux, puisqu'il n'exige aucun signal spécial, et le plus efficace, puisqu'il garantit la sécurité d'une manière absolue. Mais il n'est applicable qu'aux embranchements courts et peu parcourus et cesse d'être praticable lorsque le trafic devient quelque peu actif. Dans ce cas, il faut recourir à des mesures plus favorables à la rapide expédition des trains.

§ 2. — PILOTAGE.

Dans ce système, aucun train ne peut circuler sans avoir à bord un pilote chargé, *seul*, d'accompagner tous les convois ou machines qui franchissent

(1) On consultera utilement, sur ce sujet, une *Note sur l'exploitation des lignes à simple voie*, publiée par M. FLAMACHE, dans le *Mémorial des chemins de fer de l'État* (1880, page 57).

sa section. Cet agent ne pouvant se trouver sur deux trains à la fois, la sécurité est garantie, tant à l'avant qu'à l'arrière, et le *Block-system* est réalisé d'une manière complète. Le pilote porte un signe distinctif, — ordinairement un brassard sur lequel sa qualité est inscrite en caractères apparents, — destiné à le faire reconnaître par le personnel du train. Ce mode d'exploitation, exigeant l'affectation d'un homme à chaque section, est d'une application coûteuse : il est incompatible avec un service rapide, les trains devant faire arrêt à tous les postes de garage, et, enfin, il oblige le pilote à regagner son point de départ à pied, chaque fois que son service l'appelle du côté opposé à celui où l'a déposé le dernier train.

Aussi n'est-il que peu employé en exploitation courante ; on ne l'applique guère que sur de courtes sections, telles que des tunnels ou des ouvrages d'art. Le tunnel à simple voie de Braine-le-Comte, sur la ligne de Bruxelles à Mons, nous en offre un exemple.

Par contre, le pilotage est d'un usage général partout où la circulation à voie unique se produit exceptionnellement, c'est-à-dire quand le passage sur l'une des deux voies est momentanément interrompu, soit par un accident, soit par un travail de réfection, soit par une réparation à un ouvrage d'art, etc.

Dans les cas d'exploitation régulière par pilotage, il arrive que plusieurs trains doivent s'engager sur une section à peu d'intervalle l'un de l'autre, avant qu'un train de retour se présente pour ramener le pilote. Afin d'affranchir celui-ci de l'obligation de revenir à pied, ce qui, d'ailleurs, pourrait être rendu impossible par la longueur du parcours à effectuer, les règlements anglais tempèrent la rigueur du principe et autorisent plusieurs trains ou machines à s'engager successivement sur la section, sous réserve que l'ordre écrit en sera remis, par le pilote *en personne*, à chaque machiniste. Le service est alors réglé comme l'indique l'article ci-après du règlement du *Midland Railway* :

376. Le pilote doit, quand la chose est praticable, accompagner chaque train ; mais, s'il est nécessaire d'expédier deux ou plusieurs trains de l'une des extrémités de la section sous son contrôle, avant qu'un train puisse quitter l'autre extrémité, le pilote doit remettre au garde de chaque train qu'il n'accompagne pas lui-même un des tickets imprimés dont il est muni, dûment rempli et signé, donner personnellement l'ordre de départ à chaque train et accompagner lui-même le dernier train. Le ticket délivré dans ce cas ne s'applique qu'à un seul voyage vers l'autre extrémité de la section, où il doit immédiatement être remis à l'agent de service, pour en être disposé conformément aux instructions de l'ingénieur en chef de la ligne.

Le machiniste ne peut partir sans avoir vu le pilote et, au cas où le pilote n'accompagne pas le train, avant d'avoir reçu du garde de son train le billet l'autorisant à aller de l'avant.

.....

Ce ticket est du modèle ci-dessous :

<i>Midland Railway.</i>	
..... Ligne ou embranchement Train n° (DESCENDANT). <i>Au garde et au machiniste.</i> Vous êtes autorisés à circuler de à , le pilote suivant.	(Signature du pilote.)
Date	(Recto.)

(Verso.)
<p>Ce billet doit être remis par le machiniste, immédiatement à l'arrivée, à la personne chargée du service à la station vers laquelle il est autorisé à circuler, pour en être disposé conformément aux instructions de l'ingénieur en chef de la voie.</p>

Il est visible que ce système se prête mieux à l'expédition rapide des trains, mais qu'il n'en assure plus la couverture à l'arrière, les convois pouvant se succéder à aussi court intervalle que le pilote le juge convenable.

§ 3. — TRAIN STAFF.

Le *train staff system* n'est qu'une ingénieuse variété du pilotage, dans laquelle le pilote est remplacé par un bâton (*staff*). A chaque section est affecté un *staff* spécial, de forme et de couleur déterminées, dont le machiniste doit être porteur pour pouvoir s'engager sur la section.

Le *train staff* possède toutes les qualités du pilotage, avec l'avantage d'une économie notable, puisqu'il n'exige aucun personnel spécial ; mais il en a aussi les inconvénients. Le bâton, ne pouvant revenir seul (comme peut le faire, à la rigueur, un pilote), doit forcément être rapporté par un train de retour. Le mouvement ne présentant presque jamais une symétrie suffisante pour qu'un train montant soit toujours suivi d'un train descen-

dant, le système n'offre pas assez d'élasticité pour être appliqué dans beaucoup de cas. Sur la plupart des lignes anglaises, on l'a modifié en lui appliquant un tempérament identique à celui qui a été indiqué pour le pilotage et l'on a obtenu la variété qui fait l'objet du paragraphe suivant.

§ 4. — TRAIN STAFF AND TICKET.

Chaque section est pourvue d'une boîte fermée et d'un bâton, de forme et de couleur spéciales, qui lui sert de clef. La boîte contient des tickets, mais on ne peut les en retirer que quand on est en possession de la clef-bâton. En règle générale, le bâton et la boîte doivent se trouver entre les mains du mécanicien qui s'engage sur une section. Quand plusieurs trains doivent se suivre, sans qu'il y ait de train de retour pour ramener le bâton-pilote, chacun d'eux chemine porteur d'un ticket dont le machiniste ne peut faire usage que *s'il a vu le bâton*.

C'est la même condition que celle imposée au pilote de remettre *personnellement* le ticket au garde. Le dernier train de la série emporte le bâton et la boîte comme, dans le système précédent, il devait avoir le pilote à bord. Le ticket est d'un modèle analogue à celui que nous avons fait connaître plus haut :

N°	<i>North-London Railway.</i>
<hr style="width: 20%; margin: auto;"/> TRAIN STAFF TICKET.	
Train descendant, n°	
Pour le machiniste :	
Vous êtes autorisé, après avoir vu le bâton de la section, à circuler	
de à Le bâton suit.	
(Signature du faisant fonctions de chef de station.)	
Date	

Nous ne pouvons mieux faire, pour mettre en évidence tous les détails d'exploitation du *train Staff and ticket*, que de reproduire le règlement du *Midland railway*.

RÈGLEMENT POUR L'EXPLOITATION DES LIGNES A VOIE UNIQUE PAR LE « TRAIN STAFF AND TICKET ».

ART. 355. Un bâton de train ou un ticket de bâton de train doit être transporté par chaque train ou machine et, sans ce bâton ou ce ticket, aucun train ou machine ne peut être autorisé à circuler sur la ligne.

ART. 356. Aucun train ou machine ne peut être autorisé à quitter une station que pour autant que le bâton se rapportant à la section qu'il va parcourir se trouve dans cette station.

ART. 357. Aux stations où les trains doivent se croiser, tous les signaux doivent être maintenus à l'arrêt, excepté quand le passage est demandé pour admettre un train ; quand des trains qui doivent se croiser approchent de la station dans des directions opposées et que le signal a été effacé pour l'un d'eux, il ne peut pas l'être pour l'autre jusqu'à ce que le premier train soit complètement arrêté et que le signaliste se soit assuré que la voie sur laquelle arrive l'autre train est entièrement libre.

ART. 358. L'agent délégué dans la station pour ce service est la seule personne autorisée à recevoir ou à délivrer le bâton ou le ticket.

ART. 359. Quand un train ou une machine est prêt à quitter une station et qu'un second train ou machine ne doit pas le suivre avant que le bâton ne soit nécessaire pour un autre train circulant dans la direction opposée, l'agent désigné à cet effet doit remettre le bâton au machiniste, qui le place dans un support spécial fixé à la machine.

ART. 360. Si d'autres trains ou machines doivent suivre le premier avant que le bâton puisse être envoyé, un ticket indiquant que le bâton suivra doit être remis par l'agent délégué à cet effet au machiniste du premier train ou machine, LE BATON POUR LA SECTION LUI ÉTANT MONTRÉ EN MÊME TEMPS, et ainsi de suite pour tout autre train ou machine, excepté le dernier, le bâton lui-même devant être remis au machiniste du dernier train ou machine, ainsi qu'il est prescrit à l'article 359. Après que le bâton a été expédié, aucun train ou machine ne peut quitter la station dans la même direction jusqu'à ce que le bâton de la section soit revenu.

ART. 361. Aucun machiniste ne peut quitter une station avec un train ou machine à vide avant d'avoir reçu le bâton ou un ticket de la section sur laquelle il va s'engager et il ne peut prendre le bâton ou le ticket que de la main de l'agent délégué à cet effet. Après avoir reçu le bâton ou le ticket, il ne peut partir que si le signal convenable a été fait et, s'il remorque un train, que quand le garde a également donné le signal. Arrivé à la station à laquelle se rapporte le bâton ou le ticket, ce bâton ou ce ticket doit immédiatement être remis à l'agent délégué à cet effet, afin qu'il en soit disposé conformément aux instructions de l'ingénieur en chef de la voie.

ART. 362. Un machiniste s'expose à la révocation si, dans quelque circonstance que ce soit, il quitte la station sans le bâton ou le ticket de la section qu'il va parcourir ou s'il la quitte avec un ticket sans avoir préalablement vu le bâton.

ART. 363. Sur chaque bâton est gravé ou marqué le nom des deux stations extrêmes de la section à laquelle il se rapporte. Le bâton, la boîte et les tickets pour les différentes sections sont peints et imprimés en différentes couleurs.

ART. 364. Les tickets doivent être conservés dans la boîte à ce destinée, fermée par un ressort intérieur : la clef qui ouvre cette boîte est le bâton appartenant à la même section, de telle sorte que, quand la boîte à tickets est fermée, — ce dont l'agent délégué est rigoureusement responsable, — il n'est possible d'avoir accès aux tickets que si le bâton correspondant se trouve dans la station.

ART. 365. Tous les tickets de réserve doivent être conservés sous clef par les soins de l'agent délégué.

ART. 366. Le bâton, quand il est dans la station, ne peut être conservé dans la boîte, mais dans les crochets extérieurs à celle-ci.

ART. 367. Les machinistes doivent prendre le plus grand soin de ne pas emporter le bâton ou le ticket au delà de la station dans laquelle ils doivent être déposés.

ART. 368. Quand un train spécial ou une machine doit être mis en marche, le signal ordinaire doit être fixé en queue du train précédent, pour que les agents de la route soient informés de cette circonstance.

ART. 369. Quand un train est remorqué par deux machines, c'est la première qui doit porter le bâton ou le ticket; mais, quand la machine d'allège pousse le train, la machine du train doit porter un ticket et la machine d'allège le bâton, excepté si le train est accompagné par la machine d'allège sur tout le parcours de la section et doit être suivi d'un autre train ou machine, auquel cas le train et la machine d'allège doivent toutes deux être porteurs d'un ticket.

Si la machine d'allège doit retourner à son point de départ sans parcourir toute la section, elle doit absolument être porteur du bâton.

ART. 370. Dans le cas où une machine qui porte le bâton viendrait à dérailler entre deux stations, le chauffeur doit porter le bâton de la station dans la direction de laquelle le secours peut être obtenu ou est attendu, de manière que le bâton soit à la station à l'arrivée de la machine. Si la machine à laquelle il arrive un accident est en possession d'un ticket au lieu du bâton, le secours ne peut venir que de la station dans laquelle le bâton est resté. Toutefois, si le secours peut être obtenu plus rapidement d'une station autre que celle où est resté le bâton, les marches nécessaires doivent être faites immédiatement pour transférer le bâton d'une extrémité à l'autre de la section. Le chauffeur doit accompagner la machine de secours jusqu'au point où il a laissé sa propre machine.

ART. 371. Si l'accident est de nature à obstruer la voie et que la circulation soit interrompue pendant un temps plus ou moins long, des arrangements spéciaux doivent être pris pour régler le service des trains de chaque côté du point obstrué. Le règlement du *train staff* doit être appliqué du côté où se trouve le bâton au moment de l'accident et, de l'autre côté, le train doit être conduit par un pilote porteur d'un ordre écrit dont les agents de service à chaque extrémité de la section exploitée par pilotage doivent avoir une copie.

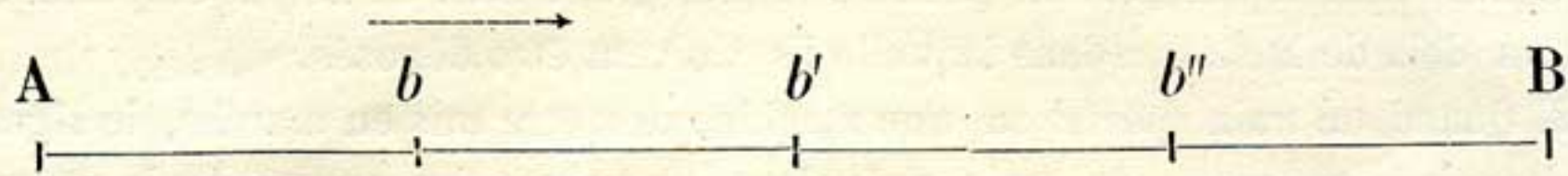
ART. 372. Quand la ligne est déblayée, aucun train ou machine ne peut franchir l'obstruction sans avoir à bord le bâton et le pilote. Celui-ci doit accompagner le train ou la machine portant le bâton jusqu'à l'extrémité de la section de *staff*, puis le trafic est repris conformément au règlement du *train staff*.

ART. 373. Quand un train de ballast doit être déchargé sur la voie, le bâton doit être remis au machiniste qui le conduit. Cette précaution a pour effet de fermer la ligne aussi longtemps qu'elle est occupée par le train de ballast. Celui-ci doit ensuite se rendre à l'une des extrémités de la section pour ouvrir la ligne avant que le trafic ordinaire puisse être repris.

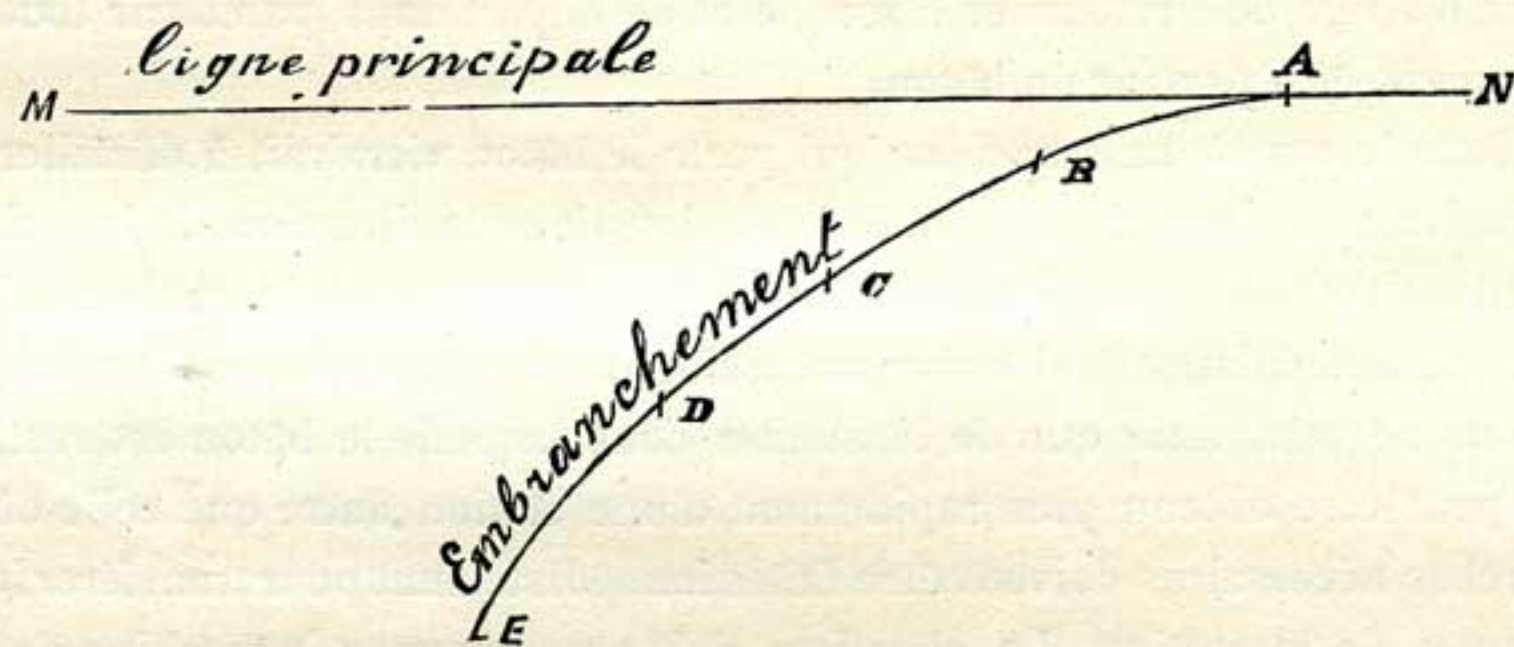
ART. 374. Les horaires de service ou leurs suppléments, publiés pour le personnel, contiennent les informations nécessaires, de temps en temps, sur les endroits où sont établies des stations de *staff*.

Le *train staff and ticket* garantit parfaitement les trains à l'avant, mais il ne les met pas à l'abri des collisions à l'arrière. La couverture à l'arrière doit donc être assurée par les moyens ordinaires. Cette imperfection du système ne paraît pas donner lieu, en Angleterre, à des inconvénients sérieux. Peut-être cela tient-il à ce qu'il n'est en vigueur que sur des embranchements et non sur des lignes importantes.

Ce mode d'exploitation par *staff* et *ticket* présente un autre défaut, assez sérieux : il peut, à un moment donné, être la cause de retards notables



dans le service des trains. Supposons, en effet, qu'un train circulant sur une ligne A B ait transporté tous les bâtons aux extrémités *b*, *b'*, *b''*, B des sections. Il suffit qu'un autre train allant de B vers A soit arrêté en *b'* pour que toute la ligne soit bloquée, même si cet arrêt ne compromet en rien la sécurité de la circulation.



Un simple retard peut avoir le même résultat. Si un train, porteur du bâton et de la boîte à tickets, est retenu en A par une correspondance en retard sur la ligne principale M N, un autre train vers A sera bloqué inutilement en E, c'est-à-dire à une grande distance de la jonction, sans pouvoir gagner du temps et atteindre le poste de garage B.

La condition essentielle de l'application du *train staff* est donc une grande régularité dans le service des trains; c'est vraisemblablement parce que cette condition est généralement remplie en Angleterre que le système y est appliqué avec succès.

Ensuite d'une circulaire du 13 septembre 1880 du Ministre des travaux publics de France, attirant l'attention des compagnies sur le *train staff* anglais, la Compagnie de l'Ouest a essayé le système sur plusieurs de ses sections à voie unique, en lui appliquant des tempéraments qui lui font perdre, il faut le reconnaître, et son caractère et la plupart de ses avantages.

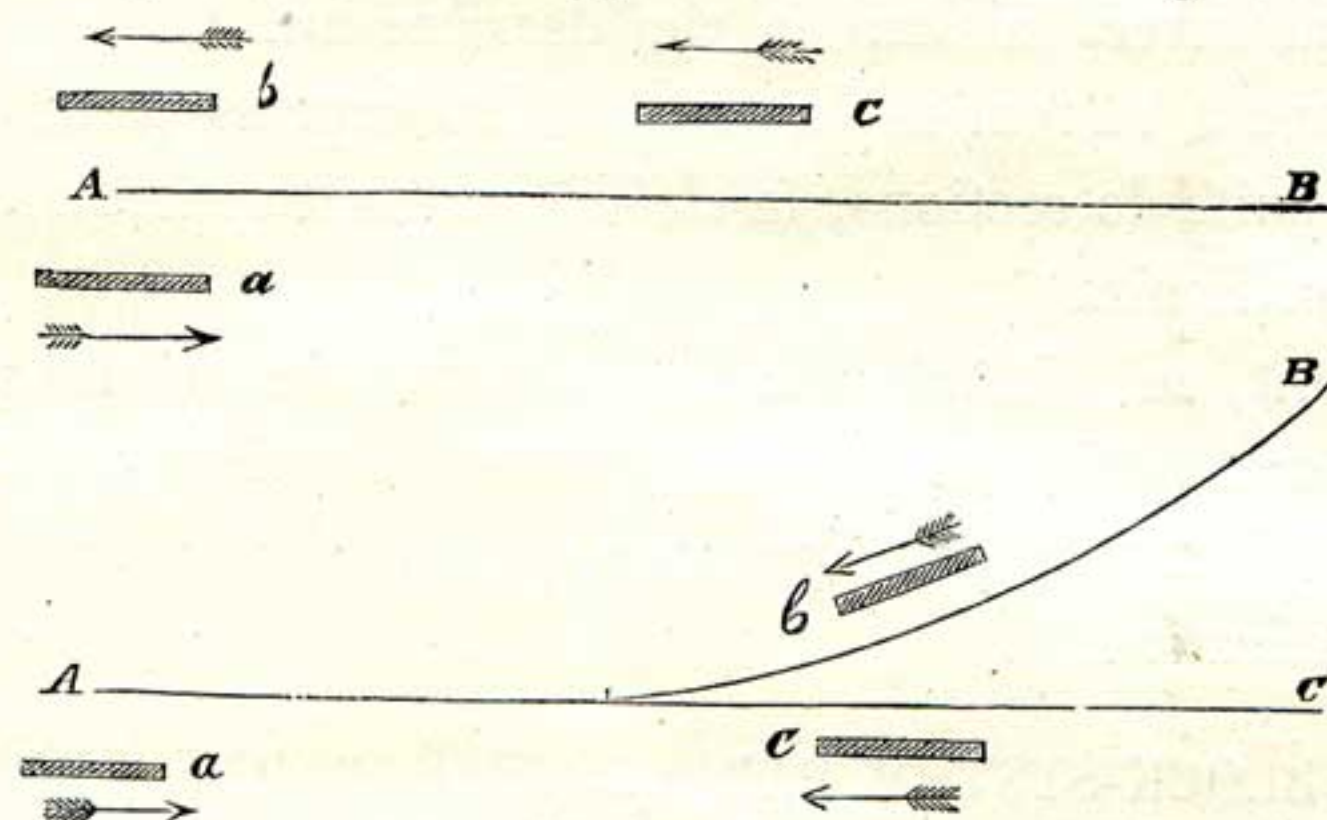
Le règlement de la Compagnie de l'Ouest stipule qu'en principe un train ne peut circuler que porteur du bâton ou d'un ordre écrit qui remplace le ticket anglais. Mais il admet que cette règle peut être transgressée s'il est nécessaire de reporter un croisement réglementaire prévu à la gare voisine ou s'il faut lancer sur la voie une machine isolée, notamment pour aller au secours.

Dans le premier cas, le chef de gare est tenu d'échanger, avec son collègue d'aval, les dépêches relatives au changement de croisement dont nous

parlerons plus tard ; il doit ensuite remettre au chef de train, en lieu et place du bâton qui, par suite de la modification, ne lui est pas arrivé, le bulletin de changement de croisement et y joindre une note *avisant cet agent que le bâton est retenu à la gare suivante*. Le chef de cette dernière gare ne peut remettre le bâton au train croiseur qu'après l'arrivée du train portant le bulletin de changement de croisement. Dans le deuxième cas, le machiniste qui va au secours est porteur d'une notice analogue.

MM. Brame et Aguillon, auxquels nous empruntons ces détails (1), font remarquer, avec beaucoup de raison, que les tempéraments admis par l'Ouest font disparaître la sécurité que présente le *train staff* strictement appliqué, et qu'on peut se demander s'il apporte un surcroît de garantie suffisant pour compenser ses inconvénients. Nous ne le pensons pas, car ces tempéraments ont pour effet de supprimer le *train staff* dès qu'il se produit la moindre irrégularité dans le service, c'est-à-dire quand il est particulièrement utile.

M. Brame cite deux exemples topiques qui suffisent pour montrer que le système ainsi compris est caduc et perd tous ses avantages.



Supposons un train *a* qui doit croiser en A deux trains *b* et *c*. Il peut arriver que le chef de gare, oubliant le deuxième train *c*, lance contre lui le train *a*. Supposons encore un train *a* qui doit partir vers C après l'arrivée des deux trains *b* et *c*. Le chef de gare confond les trains *b* et *c* et, se figurant que *b* est arrivé de la direction C, lance *a* sur *c* avec toute la confiance que lui donne l'application du *train staff* mitigé.

Le *train staff* pur et le *train staff and ticket* ont un inconvénient commun : c'est de ne pas permettre l'organisation de trains express, tous les trains devant faire arrêt à chaque garage pour prendre le ticket ou le bâton.

Il ne serait pas impossible cependant de modifier le système pour lui donner cette propriété, précieuse surtout sur les lignes importantes traver-

(1) *Étude sur les signaux des chemins de fer français*, page 410, 2^e édition.

sant des pays de montagnes et qui, pour ce motif, sont souvent à simple voie.

Nous aurons l'occasion de décrire plus tard des dispositions qui empêchent que deux signaux, placés à une distance quelconque, puissent être ouverts en même temps. Telle est la *serrure Annett*, dont la clef ne peut être retirée quand la serrure est ouverte. Supposons donc les deux signaux, situés aux deux bouts d'une section, munis chacun d'un appareil de ce genre, auxquels une *seule* clef est affectée. Il est clair que, si le signal S est ouvert, la clef est engagée dans la serrure correspondante et, par suite, le signal S' est forcément enclenché à l'arrêt. Si la clef est libre, les deux signaux sont nécessairement fermés.



Cela admis, les instructions stipuleraient qu'un train peut pénétrer sur la section SS' seulement s'il est porteur de la clef ou si le signal est au passage. Dans les deux cas, la collision à l'avant est évitée, le train qui a trouvé le signal ouvert laissant la clef derrière lui. L'ouverture du signal correspond donc à la remise du ticket et un express peut, sans s'arrêter, parcourir une suite de sections, la clef-bâton étant apportée du côté opposé par un train ordinaire.

Tout en ayant, au point de vue de la sécurité, les mêmes propriétés que le *train staff and ticket*, ce système a plus d'élasticité : c'est ce qui nous a engagés à en donner le principe, bien que, à notre connaissance, il n'ait pas reçu d'application.

§ 5. — BLOCK-SYSTEM PAR LE TÉLÉGRAPHE ORDINAIRE.

Le télégraphe ordinaire constituant un mode de correspondance complet entre stations peut être utilisé pour réaliser le *Block-system*. Presque seul en vigueur avant l'invention des appareils spéciaux, il est encore employé sur beaucoup de réseaux pour l'exploitation de la voie unique. Le mécanisme du système consiste à demander, de gare en gare, au moyen de dépêches dont le texte est soigneusement réglé à l'avance, s'il n'existe aucun obstacle sur la voie qui va être parcourue.

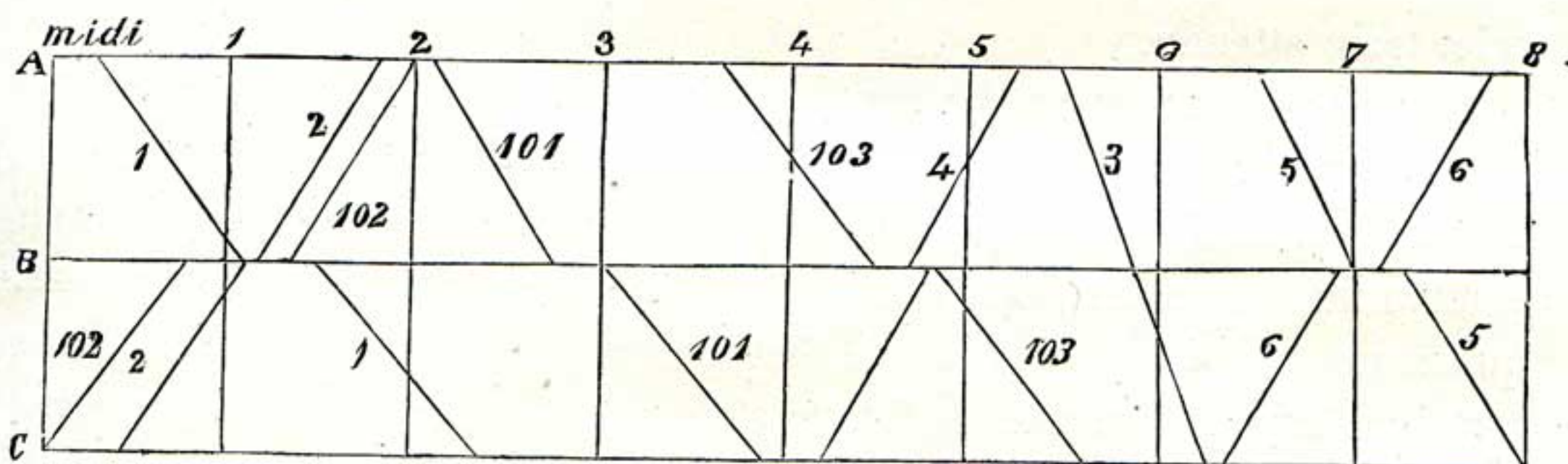
La *demande de la voie* se fait pour tous les trains indistinctement ou seulement pour les circulations extraordinaires. Dans ce dernier cas, il est donc admis que la sécurité est garantie aussi longtemps que les trains circulent conformément à l'horaire réglementaire, et le télégraphe n'intervient que s'il se produit des retards nécessitant un changement de croise-

ment ou s'il est nécessaire de mettre en marche des trains spéciaux. Sur la plupart des réseaux français, c'est ce dernier système qui est en vigueur.

Au chemin de fer de l'Ouest, la demande de la voie se fait, en outre, pour tous les trains réguliers qui ont un retard de plus de quinze minutes.

Sur le réseau du Midi, il est dressé chaque jour un tableau dit : *tableau diurne*, permettant au chef de gare de se rendre compte, à chaque instant, de l'état de la circulation sur les deux sections adjacentes. Voici un exemple de ce tableau, que nous empruntons à l'ouvrage de MM. Brame et Aguillon.

Supposons que le trafic entre les trois stations A, B, C soit réglé conformément au graphique ci-joint. Le *tableau diurne* de la station B aura la forme ci-dessous :



COTÉ DE A.		COTÉ DE C.	
DÉPARTS.	ARRIVÉES.	DÉPARTS.	ARRIVÉES.
	1		102
2			2
102		1	
	101	101	
	103		4
4		103	
	3	3	
	5		6
6		5	

Le chef de gare biffe les numéros des trains au fur et à mesure de leur arrivée et de leur départ. Pour expédier un train, il faut donc que tous les trains *arrivés*, placés au-dessus de son numéro dans la colonne correspondante, soient biffés. Exemple : pour expédier le train 4 vers A, les trains 1, 101 et 103 doivent être effacés. Ce tableau, placé en évidence contre le mur du bâtiment, doit, en outre, se trouver entre les mains du chef de station.

Les signaux peuvent, d'ailleurs, être normalement à l'arrêt ou au passage.

Sur le *Midi* et l'*État français*, les signaux, tenus à l'arrêt, ne sont ouverts que pour livrer passage aux trains ou machines. Sur le premier de ces réseaux, le disque avancé est ouvert cinq minutes avant l'arrivée du premier train attendu.

Sur les autres réseaux, les signaux sont normalement au passage.

Les *croisements normaux* sont déterminés par le tableau de service des trains, et le chef de gare ne peut donner le signal de départ qu'après avoir communiqué avec les deux chefs de convoi et s'être assuré, notamment, qu'aucune rupture d'attelage ne s'est produite en cours de route. Dans certaines exploitations, le chef de la station doit même affirmer, par écrit, que les croisements réglementaires ont été bien effectués.

Lorsque les signaux d'entrée d'une gare de croisement ne sont pas normalement à l'arrêt, ils sont placés dans cette position dix minutes avant l'arrivée du premier train, puis effacés successivement pour permettre l'entrée aux deux trains. Sur les réseaux de l'*État français* et de l'*Ouest*, les machinistes doivent marquer l'arrêt avant d'aborder l'aiguille d'entrée de la station. Sur le *P.-L.-M.*, ils sont astreints à ralentir à la vitesse d'un homme marchant au pas.

Les *changements de croisement* résultant d'un retard, de la suppression d'un train ou de toute autre cause exigent des précautions spéciales. Les deux chefs de gare doivent se mettre d'accord par le télégraphe et constater que toutes les mesures de sécurité ont été prises, avant de donner le signal de départ à un train dont le point de croisement a été changé.

Citons, à titre d'exemple, le texte réglementaire des dépêches à échanger, dans ce but, entre les stations A et B, A étant la station où le croisement devait avoir lieu et B la première gare télégraphique voisine dans le sens du train en retard.

Première dépêche de A à B :

Station A à station B. Train n° ... est-il arrivé à votre station ?

Réponse de B à A :

Non, train n° ... est en retard de ...

Deuxième dépêche de A à B :

Arrêtez train n° ... ; je vous enverrai train n° ...

Réponse de B à A :

J'arrêterai train n° ... ; expédiez train n° ...

L'ordre de continuer est alors donné au chef-garde dans la forme suivante :

Ordre de marche.

Je soussigné, chef de station à ,
m'étant assuré, conformément aux instructions, que le croisement du
train de , n° , et du train de , n° ,
se fera à , au lieu de , donne
l'ordre au chef-garde du train de , n° , de quitter ma
station et de se rendre à

A , le 188 ..

(Le chef de station.)

En cas d'interruption momentanée des communications télégraphiques, tout changement de croisement doit être régulièrement interdit.

Moyennant ces précautions, la sécurité paraîtrait devoir être complète ; mais la pratique montre qu'il n'en est pas toujours ainsi.

Le chef de station ne manœuvrant pas les signaux lui-même, il peut arriver que la dépêche autorisant l'accès de la section soit lancée avant que les signaux commandant aux trains venant dans la direction opposée se trouvent à l'arrêt. Cette négligence grave n'est malheureusement pas une simple hypothèse. Le terrible accident survenu à Châtillon, près d'Aix (France), en décembre 1876, et l'accident plus récent de Monaco, dont les détails et les conséquences funestes sont encore présents à la mémoire de tous les ingénieurs, en sont de tristes exemples.

§ 6. — DISPATCH-SYSTEM.

Le télégraphe peut être employé d'une manière plus efficace ; mais son emploi, dans ces conditions nouvelles, exige l'échange d'un plus grand nombre de dépêches et occasionne la dépense supplémentaire d'un employé.

Le *dispatch-system* consiste à concentrer dans les mains d'un même agent, de grade relativement élevé, le service entier des dépêches afférentes à la circulation sur une ligne ou sur plusieurs lignes voisines à voie unique.

Cette concentration n'a d'autre limite que la difficulté de faire parvenir rapidement les télégrammes aux stations intéressées.

L'agent préposé à ce service occupe un bureau relié télégraphiquement à toutes les stations du réseau qui le concerne.

Devant lui se trouve un tableau sur lequel chacune des lignes est représentée par les noms de ses stations, alignés dans l'ordre où on les rencontre. Entre chaque nom est réservé un espace figurant la section comprise entre deux stations. Cette section est divisée en deux compartiments affectés chacun à un sens de la marche et percés d'un trou dans lequel on peut placer une broche. Quand la broche est dans le trou, cela signifie que la section est occupée par un train. Il en résulte que les broches des deux compartiments d'une même section ne peuvent jamais être simultanément dans les trous correspondants.

Pour expédier un train, le chef de gare demande la voie au *dispatcher*, qui la lui donne si la section est libre, après avoir placé la broche à l'endroit convenable. Lorsque le train arrive à la station suivante, le chef de celle-ci en informe le *dispatcher*, qui retire la broche pour la placer, s'il y a lieu, dans la section suivante. Le *dispatcher* a donc devant lui, à chaque instant, l'état de la ligne entière; il peut, d'un seul coup d'œil, se rendre compte des lieux probables du croisement des trains. De même qu'avec le télégraphe ordinaire, le système qui nous occupe peut être employé en demandant la voie pour tous les trains ou seulement pour les changements de croisement.

Le *dispatch system*, applicable surtout aux réseaux étendus, où le télégraphe est peu occupé, n'est pas utilisé en Europe, à notre connaissance.

§ 7. — BLOCK AU MOYEN D'APPAREILS SPÉCIAUX.

A part le *train staff* pur, dont l'application courante n'est possible que sur les lignes peu parcourues, les procédés dont nous nous sommes occupés jusqu'ici n'ont pour but que de couvrir les trains à l'avant, ce qui est, à la vérité, le point capital pour la simple voie. On pourrait, pour garantir complètement la sécurité, superposer deux modes de couverture distincts :

1° Un *Block* ordinaire d'un type quelconque, manœuvré par les signalistes sans qu'ils aient à se préoccuper de couvrir l'avant et comportant, s'il y a lieu, des postes intermédiaires de pleine voie;

2° Un mode de couverture : télégraphe, *train staff* ou tout autre, garantissant l'avant et manœuvré par les chefs des postes de garage.

Les perfectionnements considérables apportés aux appareils de *Block* dans ces dernières années permettent de fondre les deux modes en un seul, protégeant, à la fois, l'avant et l'arrière des trains.

Avec un système de *Block* à l'abri de toute erreur, l'échange des dépêches réglementaires est remplacé par un échange de sonneries plus court à transmettre et plus facile à comprendre : les agents ont sous la main les signaux optiques et peuvent les manœuvrer immédiatement ; leur concordance avec l'état de la circulation est donc mieux assurée. Grâce à la rapidité obtenue dans l'échange des communications, les trains peuvent se succéder à plus court intervalle, et, si l'on admet l'établissement des postes de pleine voie, le trafic peut être augmenté de moitié.

L'application d'un *Block* perfectionné sur une ligne à simple voie permettra donc de reculer le moment où la construction de la deuxième voie deviendra absolument nécessaire, et l'économie de deux ou trois années d'exploitation couvrira, dans la plupart des cas, la dépense d'installation des appareils. Ceux-ci pourront, d'ailleurs, être étudiés en vue d'une adaptation facile aux conditions de la double voie.

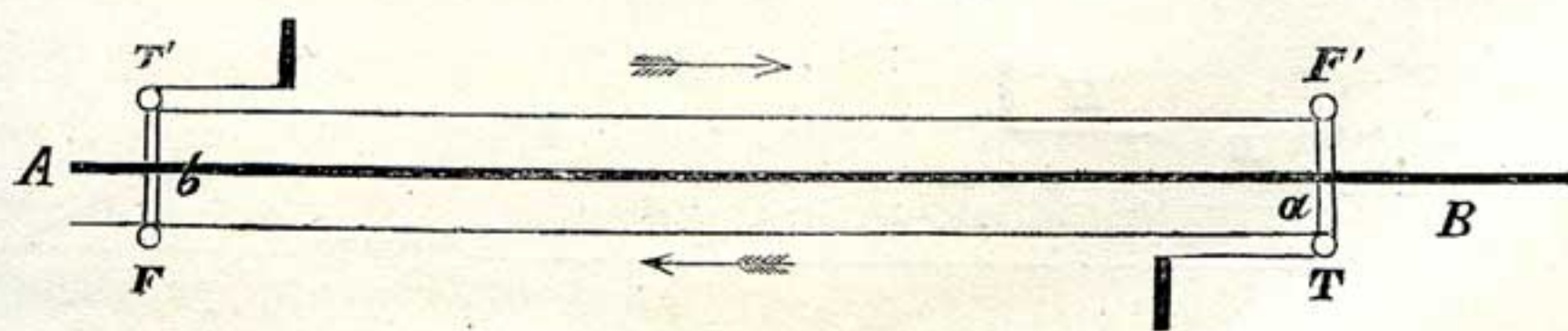
L'importance de cette question étant grande au point de vue de la gestion rationnelle des réseaux étendus, nous allons examiner tout d'abord les conditions à remplir par le *Block* à simple voie :

1° Toutes les liaisons reconnues nécessaires doivent être réalisées par enclenchement, car une erreur peut avoir ici pour conséquence de lancer deux trains l'un sur l'autre. C'est dire que l'emploi des pédales s'impose avec une nécessité évidente dans le *Block* pour simple voie.

Il faut également que les signaux donnant accès en sens inverse sur une même section ne puissent jamais être ouverts en même temps : cette condition est tellement impérieuse, qu'une simple entente entre les deux stationnaires est radicalement insuffisante ; il faut que les deux signaux soient enclenchés au même titre que les signaux d'une traversée ;

2° Le *Block* à simple voie doit être à sections fermées, car, à priori, on ignore de quel côté se présentera le premier train qui doit s'engager sur la section, et, pour pouvoir lui ouvrir le signal, il faut que la voie soit bloquée à l'autre extrémité.

Il résulte de ce qui précède que le *Block* enclenché, à sections dépendantes et à déclenchement indépendant, satisfera aux conditions qui précèdent s'il est muni d'une pédale et si l'enclenchement des deux signaux de la section est réciproque. Rien n'est plus simple que d'arriver à ce résultat.



Soient $A B$ une section de *Block* à simple voie, T et F les appareils se rapportant à un sens de la marche, T' et F' ceux qui se rapportent au sens opposé. Le *Block* étant à sections fermées, si un train se présente pour entrer en A , le stationnaire A demande le déclenchement de son signal T' à B , qui le lui donne par l'appareil F' .

Cette manœuvre cale à l'arrêt le signal T à l'aide d'un petit enclenchement mécanique figuré au schéma par le trait double a , jusqu'à ce que le train, sortant de la section, ait passé sur la pédale F' .

A ce moment, le signaliste B peut déclencher une deuxième fois le signal T' pour admettre un deuxième train dans le même sens. Il peut aussi ouvrir la section de son côté après que son signal T aura été libéré par A .

Veut-on, par la suite, établir la double voie? Il suffit de supprimer les liaisons mécaniques a et b qui introduisaient dans le système la condition supplémentaire, inhérente à la simple voie, de ne pouvoir ouvrir à la fois les signaux T et T' .

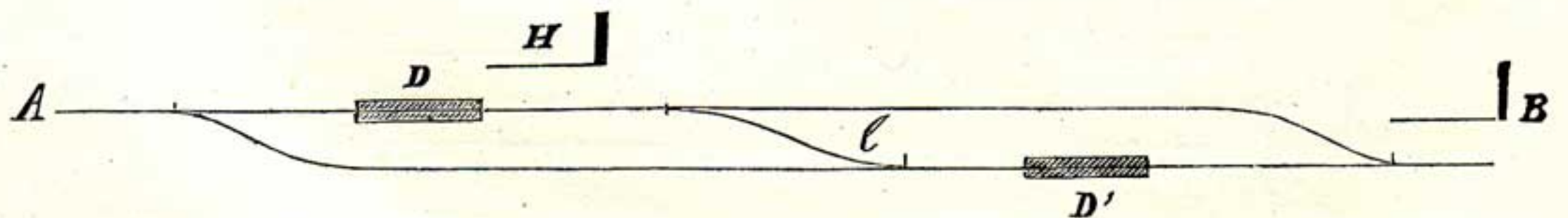
L'enclenchement du signal T par le poste A peut être obtenu sans appareil spécial, si les extrémités de la section se trouvent être deux voies de garage affectées chacune à un seul sens de la marche des trains.



Dans ce cas, les aiguilles a et b peuvent jouer le rôle des appareils F' et F et, selon les positions qu'elles occupent, caler ou rendre libres les signaux T et T' .

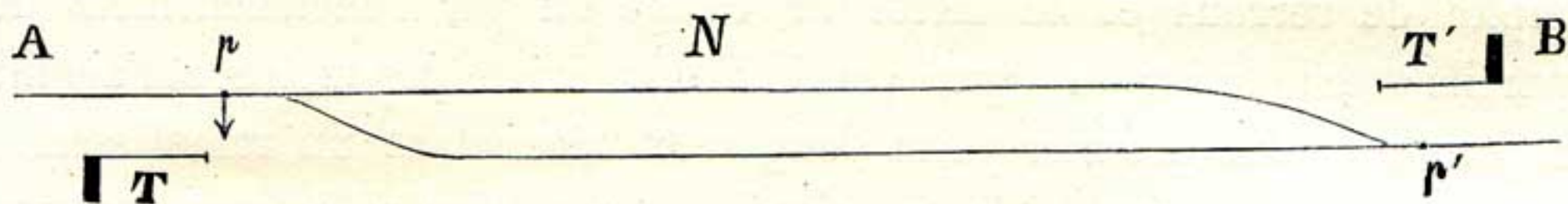
Cette affectation rigoureuse des voies de garage à une direction unique est, à certains égards, défavorable à l'exploitation. En effet, un train ne peut en dépasser un autre, puisqu'il devrait forcément prendre la même voie de garage à cause de la position relative des aiguilles et des signaux.

On pare à cet inconvénient sérieux au moyen du signal supplémentaire en usage en Angleterre sous le nom d'*advance signal*, dont nous reparlerons plus loin. La disposition des voies et signaux, commune dans les stations anglaises, est alors celle représentée ci-dessous :



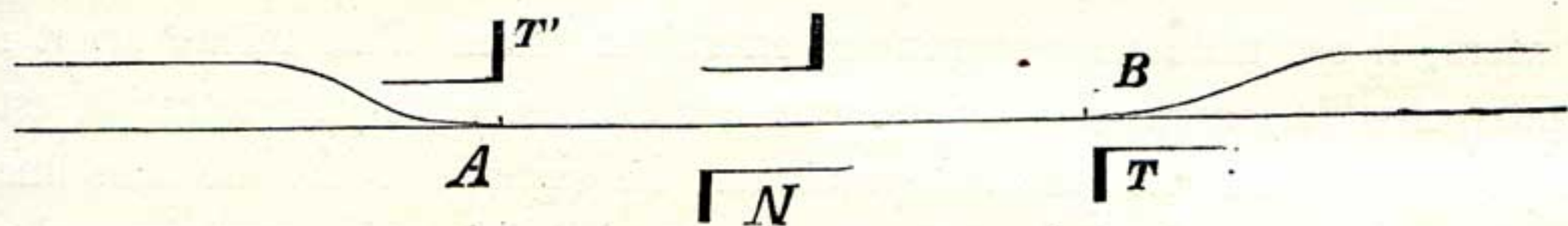
Le *home signal* H est complété par l'*advance signal* B, placé à la sortie de la station. Le train à dépasser s'étant arrêté en D, devant le *home* à l'arrêt, celui-ci peut être ouvert et laisser le train pénétrer en D' par la liaison *l*; la voie directe est donc libre pour le train dépassant.

Sur une section des chemins de fer belges (Denderleeuw à Sottegem), pourvue du *Block Flamache*, le problème a été résolu autrement :



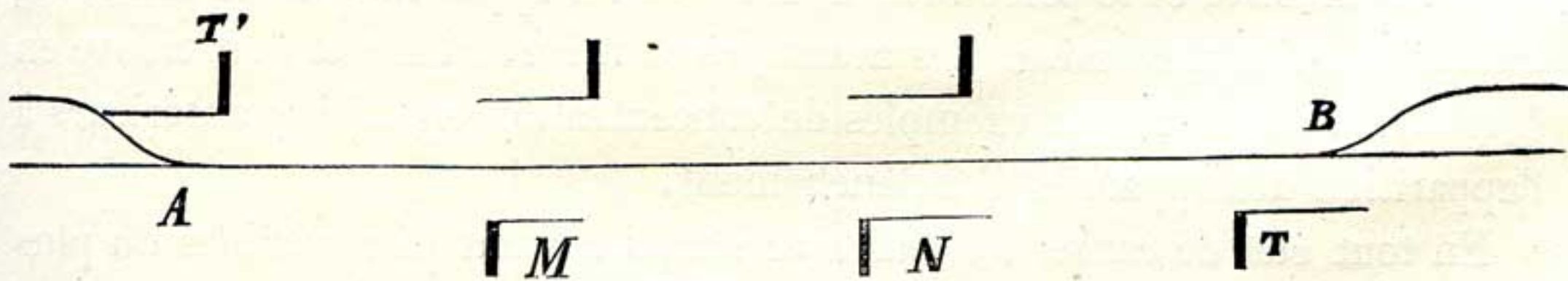
Deux pédales *p*, *p'* sont placées à la sortie de la voie de garage, de manière que *p* marque la fin de la section AN et *p'* la fin de la section BN. Ces pédales enclenchent respectivement les signaux T et T'. Les deux voies peuvent donc être parcourues dans les deux sens et les express circuler sur la voie non déviée. Les trains atteignent inutilement, il est vrai, l'une des pédales en marchant dans les deux sens; mais, celle-ci n'étant pas tendue, puisque la section parcourue est libre, cela ne présente aucun inconvénient.

Postes intermédiaires. — Il est possible, sur les lignes à voie unique, d'établir un ou plusieurs postes de pleine voie, sans garage, à condition que ces postes ne puissent jamais déclencher à la fois les signaux voisins dans les deux directions.



Au moyen d'un enclenchement convenable, le poste N ne pourra donc lancer en même temps vers A et vers B le déclenchement de signaux T' et T.

S'il y a deux postes intermédiaires M et N, il faudra évidemment que M



ne puisse déclencher le signal T lorsque N aura libéré le signal T'.

Remarquons, en terminant, que le *Block* permissif et le *Block* conditionnel sont difficilement compatibles avec la simple voie. En effet, si deux trains se suivent sur la même section, le premier qui passe sur la pédale permet de libérer la section et d'expédier un train en sens inverse. Pourtant le problème n'est pas absolument insoluble, et M. Flamache a modifié son appareil pour le résoudre.

C. — SIGNAUX DES BIFURCATIONS.

Le dédoublement d'une ligne en deux ou plusieurs branches distinctes, créant de nouvelles chances d'accident, exige des précautions particulières.

Dans les bifurcations à double voie, l'une des aiguilles est toujours abordée par la pointe; le danger d'un déraillement peut être diminué par l'emploi de verrous et de lattes de calage ou par l'enclenchement des appareils avec le levier du signal; mais il n'en existe pas moins, et l'aiguille en pointe est un premier point dangereux nécessitant un ralentissement plus ou moins marqué. L'autre aiguille, abordée par le talon, présente moins de chance de déraillement; mais il peut s'y produire des collisions entre deux trains venant des directions convergentes. Enfin la traversée, déjà dangereuse par elle-même en tant qu'appareil, peut être le siège de collisions entre les trains de la voie montante et ceux de la voie descendante; dans les bifurcations à simple voie, la traversée n'existant pas, le danger le plus grave est éliminé. En somme, la bifurcation est un ensemble de points dangereux concentrés sur un espace restreint et qui, à raison de cette circonstance, sont traités comme un point dangereux unique.

Chacune des directions donnant accès à la bifurcation est protégée par des signaux, dont la position doit être en relation avec celle des aiguilles correspondantes. En vue de prévenir la manœuvre contradictoire des leviers, il est utile de les grouper entre les mains d'un même agent : indispensable lorsque les leviers sont enclenchés, cette concentration est utile même quand ils sont indépendants. Le signaliste, installé dans une cabine surélevée, d'où il domine les voies, est à l'abri des intempéries et des accidents; cette cabine peut contenir une horloge, des sonneries et des appareils d'appel : les leviers y sont disposés par groupes se rapportant à un même itinéraire, et le personnel, ayant tous les appareils sous la main, est réduit au strict nécessaire. Ces avantages sont importants et l'on trouve en Angleterre de nombreux exemples de concentration en cabine antérieurs à l'apparition des appareils d'enclenchement.

En tout état de cause, les trains arrivants doivent être visibles du plus loin possible. Cette condition peut être difficile à remplir dans les régions accidentées ou si les voies abordant la bifurcation sont établies en tranchée, et, dans ce cas, la cabine surélevée s'impose presque absolument.

§ 1^{er}. — DISPOSITIONS DIVERSES DES SIGNAUX DE BIFURCATION.

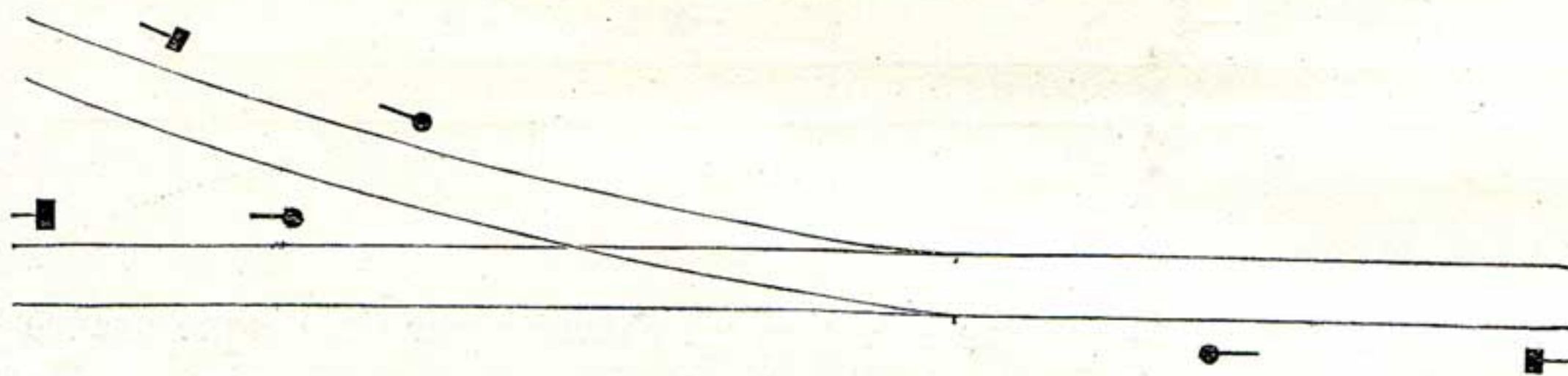
Les indications des signaux de bifurcation sont de deux natures et ont pour mission, les unes de permettre ou de défendre le passage, les autres d'apprendre aux mécaniciens quelle est la direction qui leur est ouverte.

Ces deux fonctions, que nous pourrions appeler *fonction de passage* et *fonction de direction*, sont remplies par des appareils distincts ou concentrées dans le même signal, cette différence marquant, comme nous le verrons bientôt, les phases par lesquelles a passé la signalisation des bifurcations.

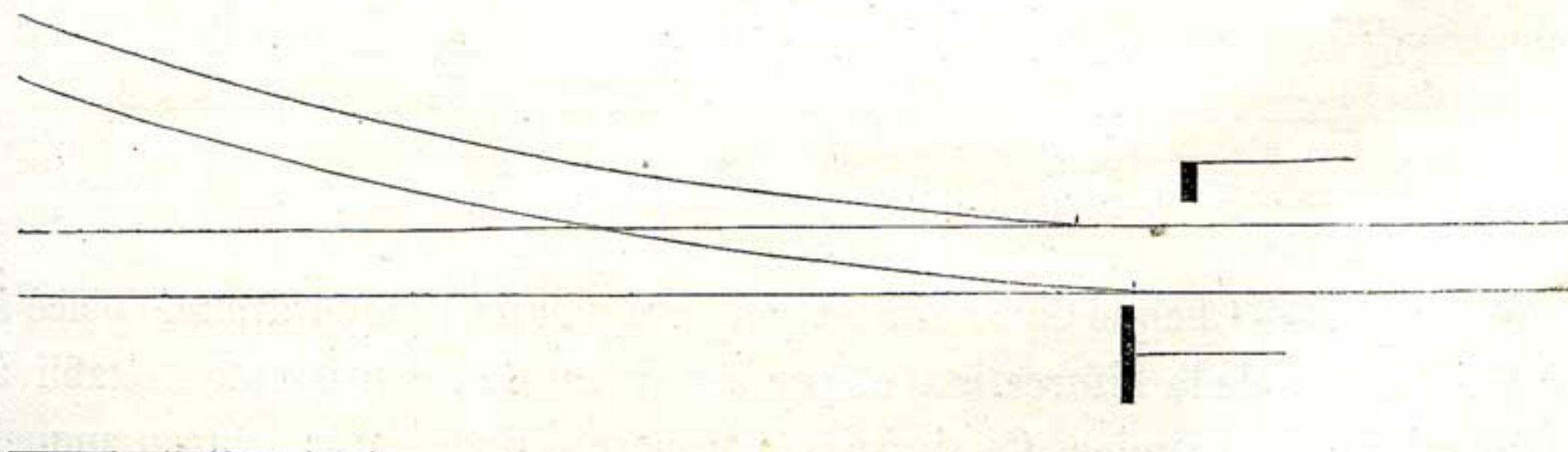
1. — Bifurcations anciennes.

Autrefois, les signaux de bifurcation n'avaient d'autre but que d'autoriser le machiniste à franchir le point dangereux sans qu'aucune indication sur la direction qu'il allait suivre lui fût donnée : la fonction de passage existait donc seule.

A ce type, quelque peu suranné, se rattache l'ancienne bifurcation de l'État belge abandonnée aujourd'hui (voir schéma ci-dessous). Sur chacune des branches donnant accès à la bifurcation se trouvait un signal d'arrêt à disque rond, placé à 60 mètres du point dangereux, et un signal à distance à voyant rectangulaire. Les 60 mètres étaient comptés, pour le tronc commun, à partir de la pointe des aiguilles et, pour les voies déviées, à partir du point où l'intervalle entre la voie parcourue et la voie la plus voisine était réduit à 2 mètres.



Il faut encore rattacher à ce premier type certaines bifurcations allemandes (1) dont la disposition par trop rudimentaire ne donne pas des garanties de sécurité suffisantes. Un seul mât sémaphorique à deux palettes commande l'arrêt aux trains convergents. Quant aux trains divergents, ils sont arrêtés, s'il est nécessaire, à l'aide des signaux fixes d'intervalle des trains.



(1) *Vorträge über Eisenbahnbau* von WINKLER; *Signalwesen* von E. SCHMITT.

2. — Bifurcation avec signaux de passage et de direction distincts.

L'expérience a prouvé qu'il est utile et prudent d'indiquer au machiniste la direction qui va lui être donnée avant qu'il n'aborde la bifurcation, et la plupart des installations modernes comportent des signaux de direction. Presque toutes les bifurcations françaises se rattachent à ce type, dont nous citerons quelques exemples.

NORD FRANÇAIS. — Dans chaque direction, la bifurcation est couverte :

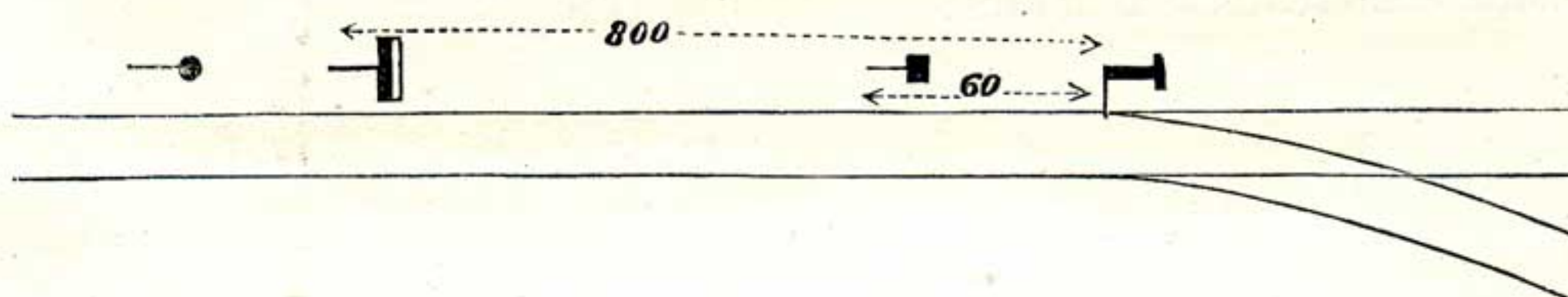
1° Par un disque avancé, placé à une distance variant de 700 à 1,000 mètres ;

2° Par un indicateur fixe, vert ou vert et blanc, établi à 800 mètres de la pointe des aiguilles et éclairé, le soir, par un feu vert et un feu blanc ;

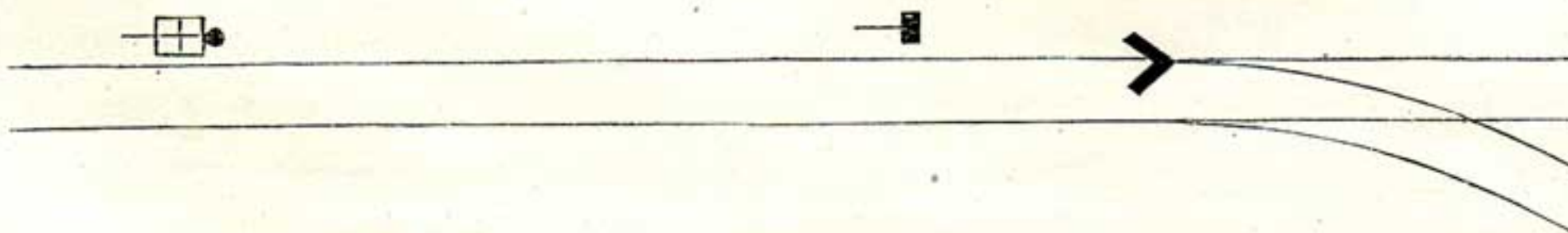
3° Par un signal d'arrêt absolu, à voyant carré, placé à 60 mètres de la bifurcation ;

4° Par un indicateur solidaire de la position des aiguilles.

Deux poteaux, distants de 100 mètres, servent à contrôler la vitesse.



OUEST FRANÇAIS. — Chaque direction est couverte par un disque avancé rouge, au mât duquel est fixé un damier à quatre compartiments, vert et blanc, servant d'indicateur de bifurcation. La nuit, ce tableau est éclairé par un feu vert, qui se distingue du feu vert simple par sa proximité de la lumière blanche ou rouge du disque avancé. Sur chacune des trois branches se trouve, en outre, un disque d'arrêt carré. Enfin, des indicateurs de position des aiguilles sont placés sur le tronc commun.



ORLÉANS. — Chaque direction est couverte par un disque avancé placé à 1,000 mètres de la bifurcation et par un signal de ralentissement établi à 500 mètres du premier. Ce signal se compose d'un simple poteau auquel est fixé un drapeau vert le jour et une lanterne verte la nuit. Un signal

d'aiguille permet au machiniste de constater à distance si les appareils sont bien placés.

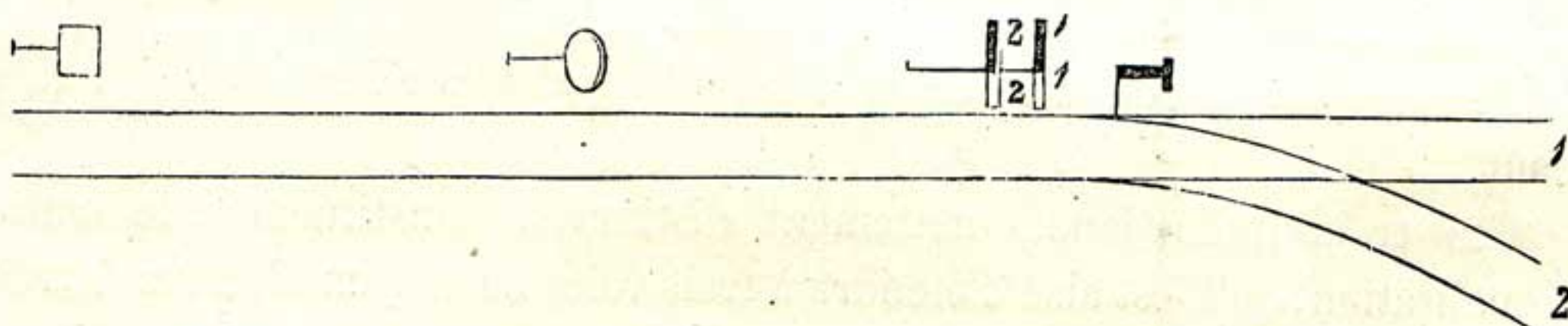
PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE. — La bifurcation est couverte :

1° Par un indicateur placé à 1,200 mètres au moins et consistant en un tableau transparent, qui porte le mot *Bifurc.*;

2° Par un poteau d'arrêt formé d'une plaque ovale en fonte sur laquelle le mot *Arrêt* est inscrit en caractères apparents ;

3° Par un mât sémaphorique établi à la bifurcation même. La palette supérieure se rapporte à la ligne principale et la palette inférieure à l'embranchement. Généralement les quatre palettes sont fixées à un même mât ; mais parfois elles le sont à des mâts distincts ;

4° Par un signal d'aiguille à la bifurcation.



3. — Bifurcations où les fonctions de passage et de direction sont concentrées dans le même appareil.

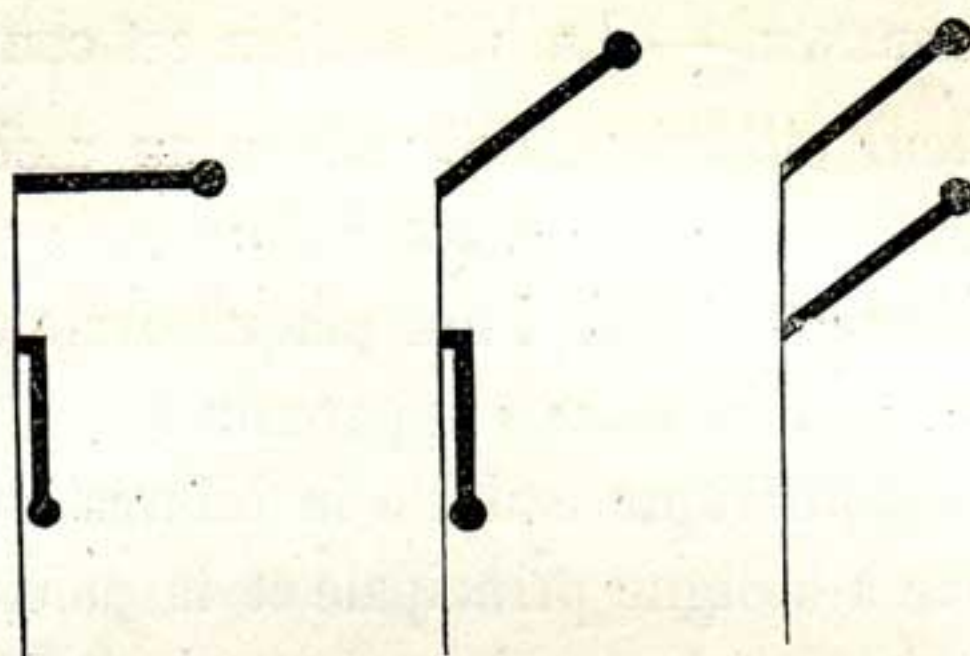
Un nouveau progrès dans l'établissement des signaux de bifurcation a été accompli par la concentration, dans les mêmes appareils, des fonctions de passage et de direction. Pour que cette concentration soit efficace, les signaux doivent être reliés mécaniquement aux aiguilles ; sans cette condition, on retombe dans le cas examiné plus haut.

LIGNES ALLEMANDES. — Ordinairement les bifurcations ne comportent pas de signaux à distance et sont couvertes par les seuls signaux du poste, qui se composent souvent, pour les voies divergentes, d'un mât sémaphorique à quatre palettes, les deux supérieures commandant la circulation sur la voie principale, et les deux inférieures, combinées avec les premières, à la voie secondaire. D'autres fois, les palettes (*Flügel*) sont montées sur des mâts distincts, disposés comme les voies sur le terrain. D'autres fois encore (chemin de fer de la Haute-Silésie) (1), le sémaphore de la voie accessoire est à double palette, afin de prévenir toute erreur d'interprétation.

Sur un grand nombre de lignes, et notamment sur celles qui entourent

(1) *Vorträge über Eisenbahnbau* von WINKLER ; *Signalwesen* von E. SCHMITT.

Berlin, le signal des voies divergentes se compose d'un mât à deux palettes donnant les indications figurées au schéma ci-dessous, savoir :



Arrêt : Palette supérieure horizontale, palette inférieure pendante le long du mât.

Passage sur la voie principale : Palette supérieure à 45° vers le haut et palette inférieure pendante le long du mât.

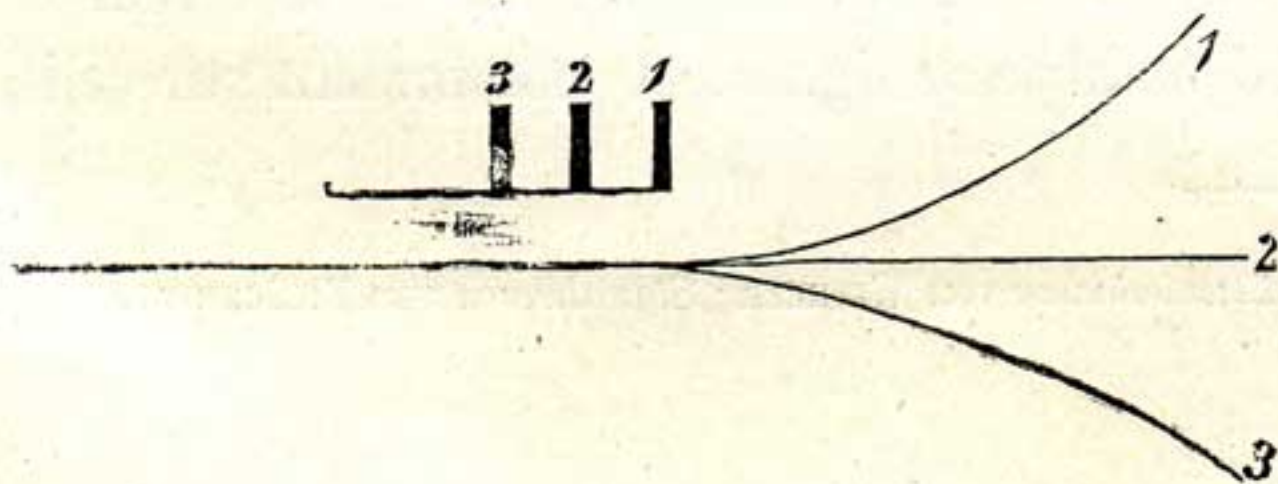
Passage sur la voie accessoire : Les deux palettes relevées à 45° vers le haut.

Ces trois indications, nettement distinctes, constituent une bonne signalisation, qu'il est aisé d'étendre à trois voies au moyen d'un mât à trois palettes.

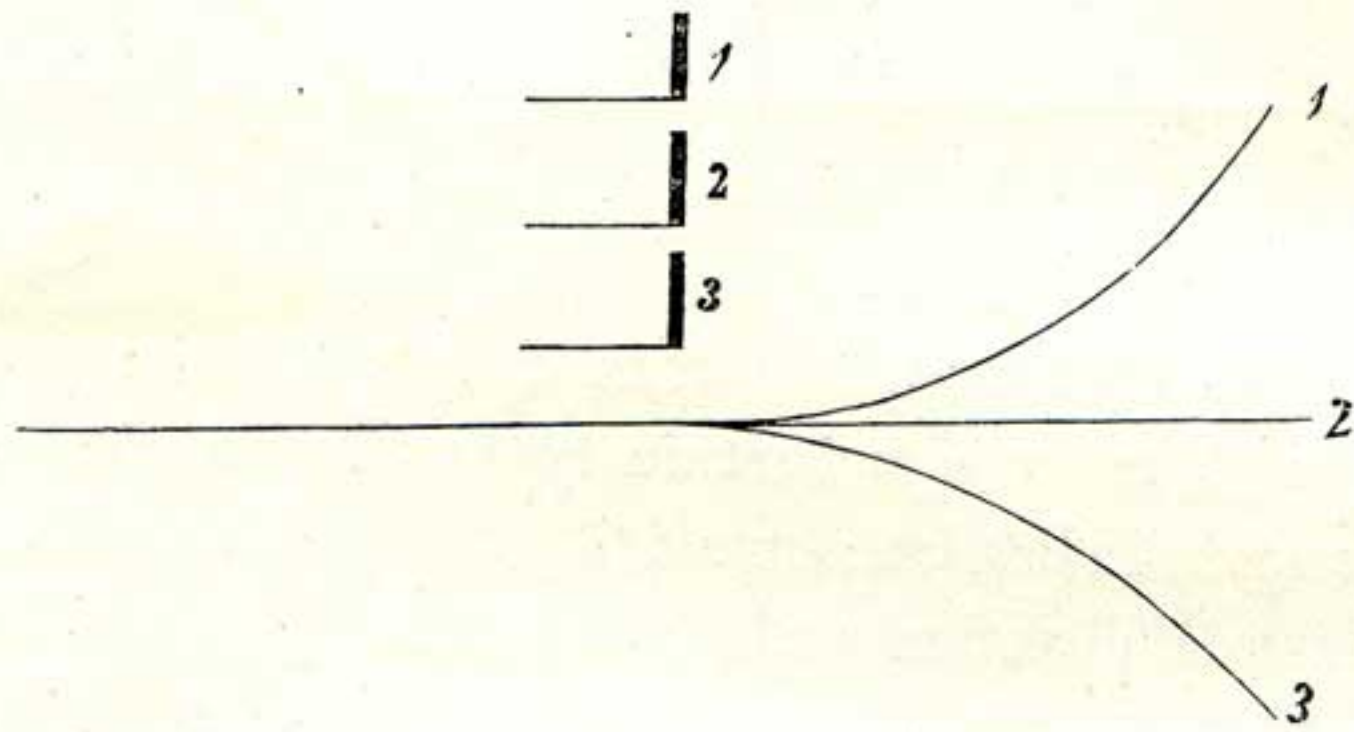
Pour les voies convergentes, chaque branche porte un sémaphore à un bras.

LIGNES ANGLAISES ET BELGES. — En Belgique et en Angleterre, l'usage des mâts sémaphoriques a généralement prévalu, et comme ils permettent de donner des indications de direction nettes et précises, les signaux de direction spéciaux n'ont plus de raison d'être et tendent à disparaître complètement.

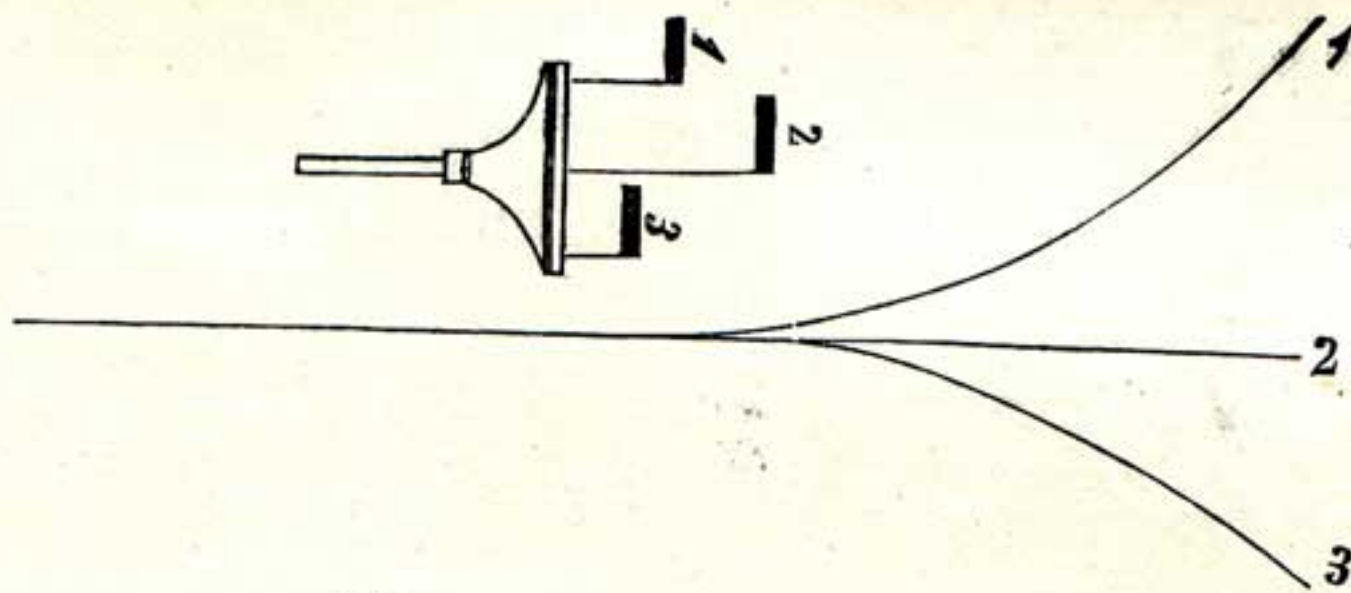
Les *voies divergentes* sont couvertes par un mât sémaphorique placé à 60 mètres de la pointe des aiguilles et portant autant de palettes qu'il y a de directions. C'est le *home signal* des lignes anglaises et le *signal d'arrêt* des chemins de fer belges. Les palettes sont à gauche du mât pour celui qui doit les observer. Placées horizontalement, elles marquent l'arrêt ; inclinées à 45° vers le bas, elles indiquent que la voie est libre. Elles sont fixées le long du mât, dans le même ordre que les voies sur le terrain, étant entendu que la palette supérieure se rapporte à la première voie de gauche (voir le schéma ci-dessous).



Cette disposition en rangée verticale est encore d'un usage général en Belgique ; mais, en Angleterre, on tend à lui substituer l'arrangement géographique. Chaque palette est alors portée par un mât spécial, ce qui est plus clair et écarte toute convention préalable.



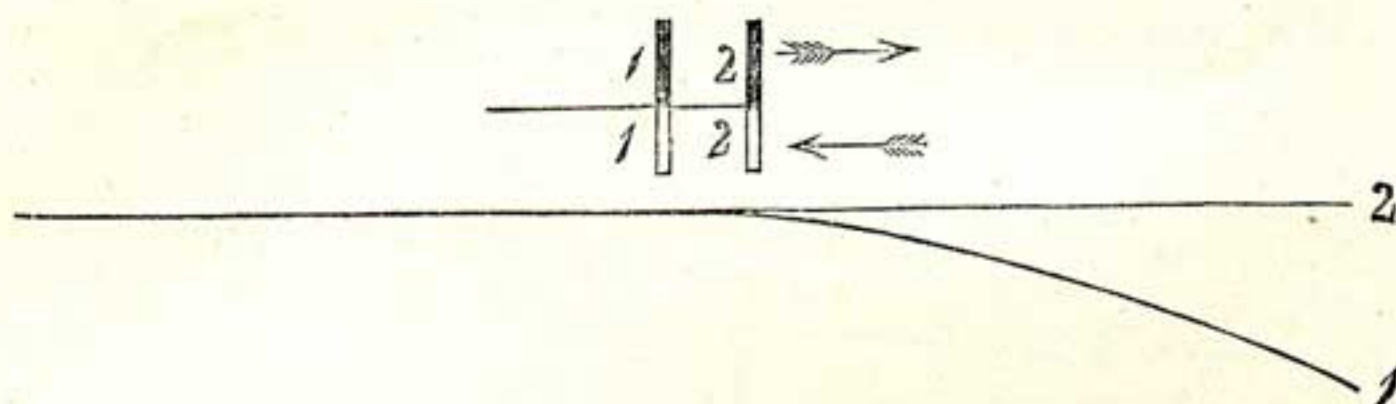
Autant pour économiser la place que pour réunir en un seul faisceau les signaux divergents d'une même bifurcation, les palettes sont souvent fixées à des mâtereaux réunis sur un support unique, auquel on donne le nom de *chandelier*. Si les voies sont d'égale importance, les mâtereaux ont la même hauteur ; mais, dans le cas contraire, il est facile de distinguer la direction principale 2 de la ligne secondaire 1 ou d'une simple voie de manœuvre 3.



C'est là un avantage sérieux ; car, au premier coup d'œil, le machiniste reconnaît non seulement que c'est la voie du milieu, mais encore la direction principale qui lui est ouverte ; il peut marcher à toute vitesse, et le signal ainsi modifié ajoute à ses deux indications primordiales celle, très importante, d'un *signal d'allure*.

Chacune des voies *convergentes* est munie d'un mât à une palette établi à 60 mètres du poste de bifurcation. Ici encore, c'est le *home signal* ou *signal d'arrêt* des lignes anglaises et belges. Dans le principe, on avait adopté un arrangement différent ; les deux palettes commandant les voies convergentes se trouvaient sur le même mât que les palettes divergentes. Ce mât portait donc quatre palettes, comme l'indique le schéma ci-dessous. Mais ce dispositif, beaucoup moins clair que le précédent, est abandonné ; l'économie à résulter de l'emploi d'un seul mât n'était qu'apparente ; car,

dans toutes les applications faites au chemin de fer de l'État Belge, les palettes étaient doublées d'un disque d'arrêt placé à 60 mètres du point dangereux.

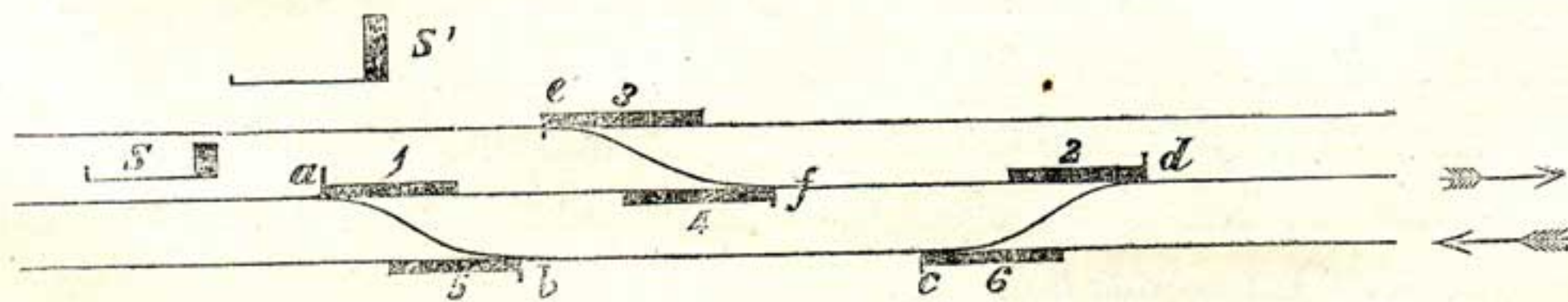


Les sémaphores sont complétés dans chaque direction par un signal à distance. En Belgique, ce signal est du type ordinaire, c'est-à-dire qu'il ne donne qu'une seule indication; quand il est effacé, le machiniste ignore donc si c'est bien la direction qu'il a demandée qui lui est ouverte. En Angleterre, le *distant signal* donne autant d'indications que le *home* correspondant; dès que le train est en vue du premier, le machiniste a donc tous les renseignements voulus sur l'itinéraire qu'il va parcourir.

§ 2. — POSITIONS RELATIVES DES APPAREILS ET DES SIGNAUX AUX BIFURCATIONS.

Nous avons fait voir que, sauf les différences de forme des signaux, les règles admises par les diverses exploitations pour la couverture des bifurcations sont à peu près les mêmes : chacune des branches est munie d'un signal d'arrêt et d'un signal à distance complétés, le cas échéant, par un indicateur de direction.

La position de ces signaux et celle des changements de voie doivent être corrélatives et il est facile d'établir les règles à suivre pour éviter toute collision.



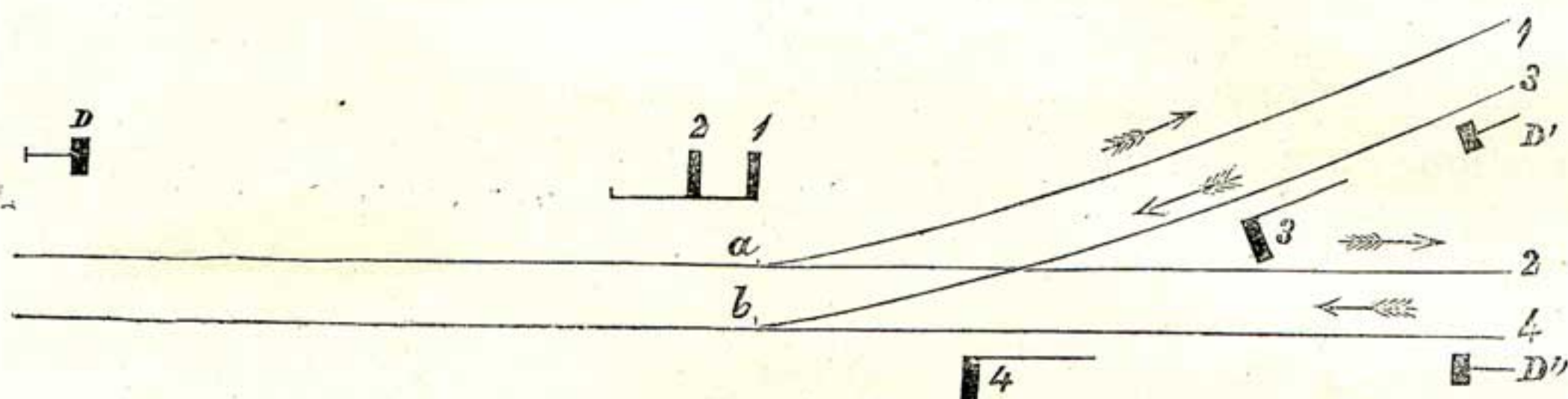
Pour ouvrir un signal S, il faut, au préalable, remplir les conditions suivantes :

1° Toutes les aiguilles abordées par le train auquel ce signal commande, soit en pointe, soit par le talon, doivent être placées vers l'itinéraire à parcourir (1, 2 et 4 du schéma ci-dessus);

2° Toutes les aiguilles donnant accès sur la voie parcourue, dans une de leurs positions, doivent être dirigées vers la voie opposée (3, 5 et 6 du même schéma);

3° Tous les signaux commandant des itinéraires coupant celui que l'on considère doivent être maintenus à l'arrêt.

Cette dernière règle découle presque toujours de l'application rigoureuse des deux premières.



Prenons comme exemple une bifurcation ordinaire à double voie, à laquelle nous appliquerons la signalisation en vigueur en Belgique. Pour que l'une des palettes 1, 2 puisse être abaissée, il faut que les aiguilles *a* soient dirigées vers la gauche ou vers la droite (la position du changement de voie *b* est indifférente); l'aiguille *a* ne pouvant occuper qu'une seule position à la fois, 1 et 2 ne pourront être ouverts en même temps. Pour que la palette 4 puisse être abaissée, il faut que l'aiguille *b* soit dirigée vers la droite; l'aiguille *a*, ne donnant pas accès vers la voie parcourue, peut occuper une position quelconque. Enfin, pour que la palette 3 puisse marquer : Voie libre, *b* doit être dirigé vers la gauche et *a* également, la position de droite de cet appareil donnant accès vers la traversée située sur la voie commandée par 3.

Ces relations peuvent se résumer dans le tableau suivant :

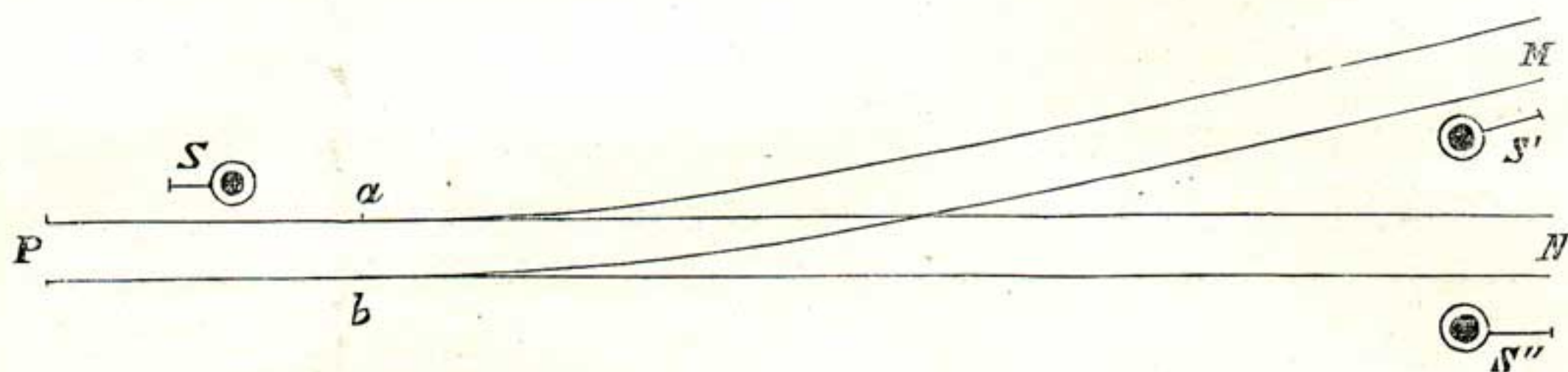
SIGNAL à mettre au passage.	POSITION des AIGUILLES <i>a</i> .	POSITION des AIGUILLES <i>b</i> .	SIGNAUX à maintenir à l'arrêt.
1	à gauche.	indifférente.	2
2	à droite.	indifférente.	1 et 3
3	à gauche.	à gauche.	2 et 4
4	indifférente.	à droite.	3

Les positions de droite et de gauche du changement de voie *a* correspondant respectivement à l'abaissement de la palette 2 et de la palette 3, il est évident que ces deux signaux ne pourront jamais être ouverts en même

temps. Pour la même raison, 3 et 4 ne pourront être effacés simultanément, l'ouverture du signal 3 correspondant à la position de gauche, et celle du signal 4 à la position de droite des aiguilles *b*.

En résumé, à part de rares exceptions, il suffira d'établir les corrélations convenables entre la position des signaux et celle des aiguilles pour que les relations entre signaux soient obtenues par le fait même; c'est ce qui se pratique quand la bifurcation est munie d'appareils d'enclenchement. Mais si les changements de voie et les signaux sont indépendants, les instructions spéciales, seul garant de la sécurité, doivent viser la position des signaux, plus facile à contrôler que celle des aiguilles, et faire dépendre la position de celles-ci des indications de ceux-là.

L'ancienne bifurcation de l'État belge, couverte comme l'indique le schéma ci-dessous, était réglementée par les prescriptions suivantes :



1. Le changement de voie *a* était à simple action normalement dirigé vers la voie de gauche.
2. Le changement de voie *b* était à double action, normalement dirigé vers la voie la plus parcourue.
3. Sous aucun prétexte, les deux signaux *S'* et *S''* ne pouvaient être ouverts en même temps.
4. Le signal *S* étant ouvert, le contrepoids du levier de *a* ne pouvait être soulevé pour donner accès à droite avant que le stationnaire ne se fût assuré que *S'* était à l'arrêt.
5. Après le passage du train, tout devait être remis dans la position normale.

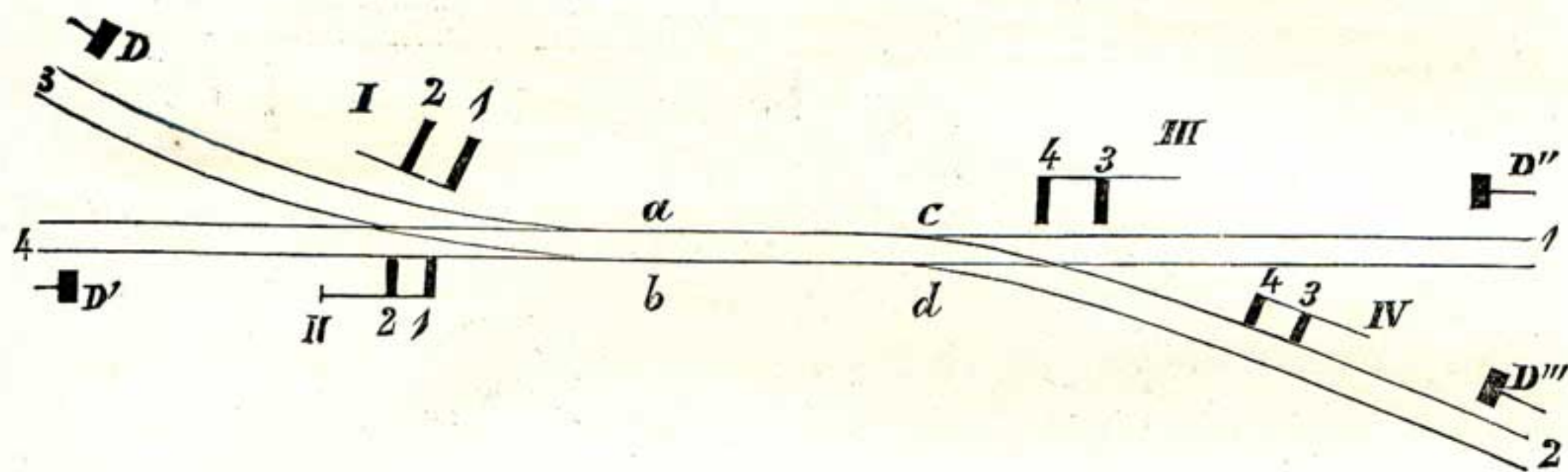
Ces prescriptions, tout en garantissant la sécurité autant qu'il était possible de le faire sans relations mécaniques, permettaient d'admettre à la fois : 1° un train allant de *P* vers *M* et un autre allant de *M* vers *P*; 2° un train allant de *P* vers *N* et un autre de *N* vers *P*; 3° un train allant de *P* vers *M* et un autre allant de *N* vers *P*.

Pour plus de sûreté, certaines compagnies françaises n'admettent qu'un seul train à la fois sur la bifurcation. Cette sage, mais gênante précaution tend à disparaître des règlements, et l'extension croissante des appareils d'enclenchement la rendra d'ailleurs inutile.

Il n'y a aucune difficulté à traiter, à l'aide des règles ci-dessus, des points dangereux complexes résultant de la concentration, sous la garde d'un seul

agent, de plusieurs bifurcations rapprochées; les deux exemples suivants, dont nous nous bornons à indiquer les tableaux sans autre explication, le feront voir suffisamment (1).

Bifurcation convergente suivie à petite distance d'une bifurcation divergente.



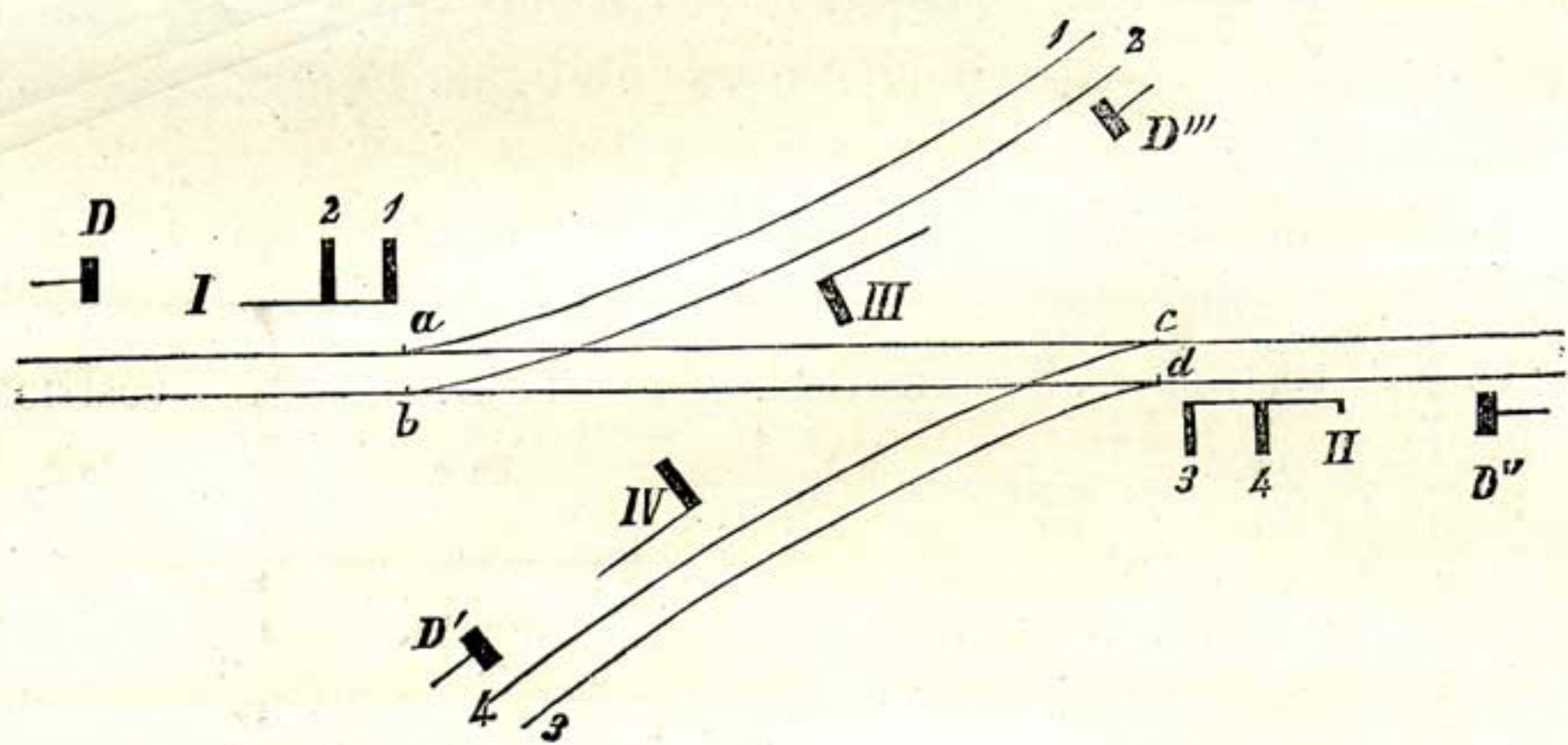
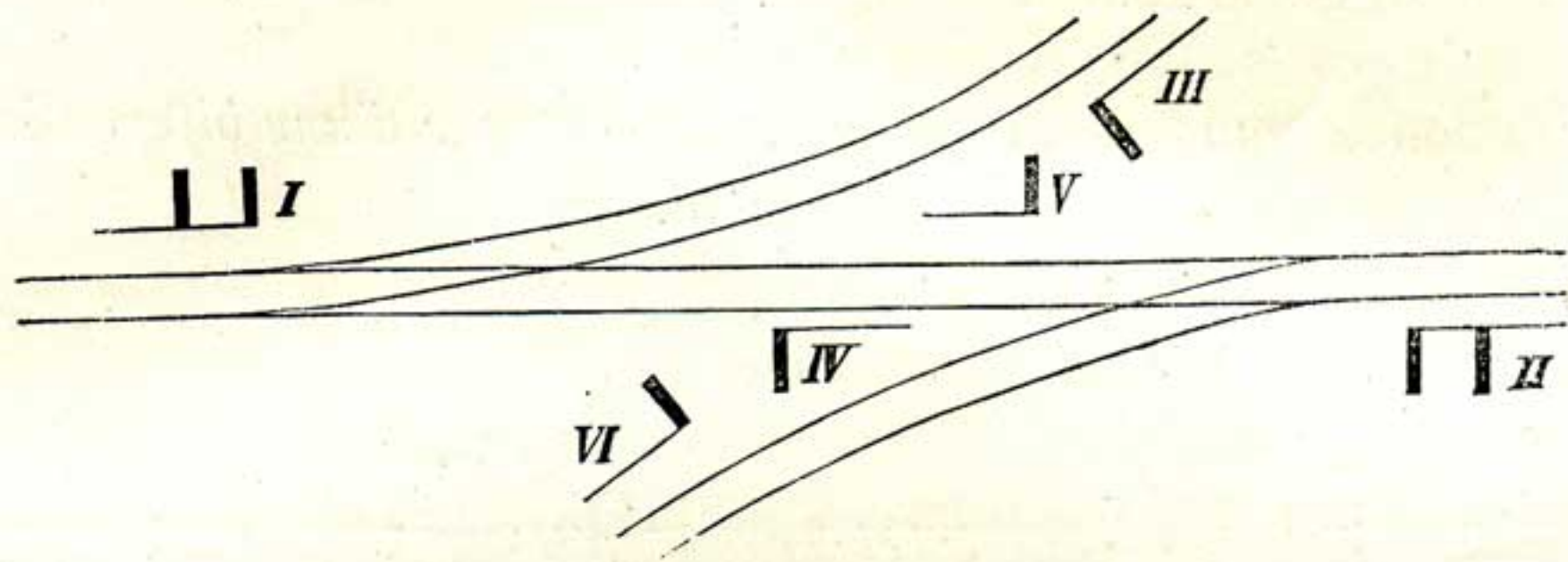
SIGNAL à ouvrir.	POSITION de a.	POSITION de b.	POSITION de c.	POSITION de d.
I. 1	droite.		gauche.	
I. 2	droite.		droite.	
II. 1	gauche.		gauche.	
II. 2	gauche.		droite.	
III. 3		gauche.		gauche.
III. 4		droite.		gauche.
IV. 3		droite.		droite.
IV. 4		gauche.		droite.

Bifurcation divergente suivie à petite distance d'une bifurcation convergente.

Le premier des deux schémas indique la disposition qui devrait être

(1) Pour l'établissement des signaux, voir, plus loin, les principes applicables aux régions dangereuses.

adoptée pour les signaux, d'après les règles admises, si les deux points dangereux n'étaient pas trop rapprochés.



SIGNAUX à ouvrir.	POSITION de a.	POSITION de b.	POSITION de c.	POSITION de d.
1	gauche.			
2	droite.		droite.	
III	gauche.	gauche.		gauche.
3				gauche.
4		droite.		droite.
IV	gauche.	.	gauche.	gauche.

Nous n'avons parlé, jusqu'ici, que des signaux d'arrêt. Si les signaux à distance sont établis suivant le système anglais, c'est-à-dire si chaque *home* est doublé d'un *distant* qui en répète les indications, les mêmes relations

les lient tous deux puisque leurs positions sont concordantes. Il n'en est pas de même si l'on assigne au signal à distance le rôle de *signal d'arrêt absolu*, comme en Belgique; il est facile de voir que, dans ce cas, il ne peut exister entre les aiguilles et les signaux à distance aucune relation de position, tout *distant* devant pouvoir être effacé, même quand la bifurcation n'est pas préparée pour le train auquel il commande; s'il en était autrement, le train serait retenu en pleine voie sans aucune couverture à l'arrière. Aussi, en Belgique, les signaux à distance des bifurcations munies d'appareils d'enclenchement sont-ils complètement libres; néanmoins les deux *distants* couvrant deux voies convergentes sont *enclenchés* entre eux, l'un ne pouvant être ouvert que si l'autre est *calé* à l'arrêt.

Nous terminerons ce paragraphe en reproduisant l'ordre de service relatif aux signaux de la gare de formation de Haine-Saint-Paul. Cet exemple montre comment était réglée la signalisation des points dangereux qui nous occupent avant l'introduction des appareils Saxby. (Voir pl. III.)

Gare de formation de Haine-Saint-Paul. — Signaux.

Les signaux à distance et disques d'arrêt indiqués au croquis ci-joint sont destinés à fermer :

n, C, c, la voie principale venant de Baume;

B, b, M, m, la voie principale venant de Houdeng;

i, la voie de manœuvre servant à desservir les relations entre Baume et Haine-Saint-Paul.

Dans leur position normale, tous les signaux commandant les voies principales sont au passage, le disque *i* est à l'arrêt, l'excentrique à contre-pointe *P* et tous les excentriques placés dans les voies principales maintiennent la continuité de ces voies, enfin les excentriques *P, Q, R, U, V* et *S* sont ouverts sur la voie d'évitement, de manière à ne pas donner accès aux voies principales.

L'aiguilleur ne pourra lever le contrepoids de l'excentrique *O* qu'après avoir mis à l'arrêt les signaux *C* et *c*. De même, il ne pourra lever le contrepoids de l'un des excentriques *R* ou *L* qu'après avoir mis à l'arrêt les signaux *B, b, C* et *c*.

En outre, la manœuvre des excentriques *O* et *R* sera confiée au même agent, de manière qu'ils ne puissent être ouverts en même temps sur la voie principale.

§ 3. — POSITION NORMALE DES SIGNAUX.

La plupart du temps, les signaux couvrant la bifurcation sont *tous* à l'arrêt. Toutefois, quelques compagnies, dans le but de faciliter le trafic, apportent certains tempéraments à la rigueur de ce principe. Sur le réseau de l'*Ouest* français, une des directions (ordinairement celle de gauche; mais, en principe, celle sur laquelle le trafic est le plus actif) reste normalement ouverte. Au *Nord*, les signaux à distance sont effacés, mais les disques d'arrêt sont fermés dans les trois directions. Sur l'*Orléans*, tous les signaux sont maintenus à l'arrêt, sauf dans la direction du prochain train attendu.

Au contraire, le *P.-L.-M.*, le *Midi* et l'*Est* français, les lignes anglaises et belges n'admettent aucune exception à la fermeture normale.

A part de légères variantes, la fermeture normale est donc admise partout et cette règle rigoureuse est pleinement justifiée par le surcroît de sécurité qu'elle procure. Le signaliste devant remettre tous les signaux à l'arrêt après le passage de chaque train, un oubli de sa part est moins à redouter.

§ 4. — VITESSE DES TRAINS.

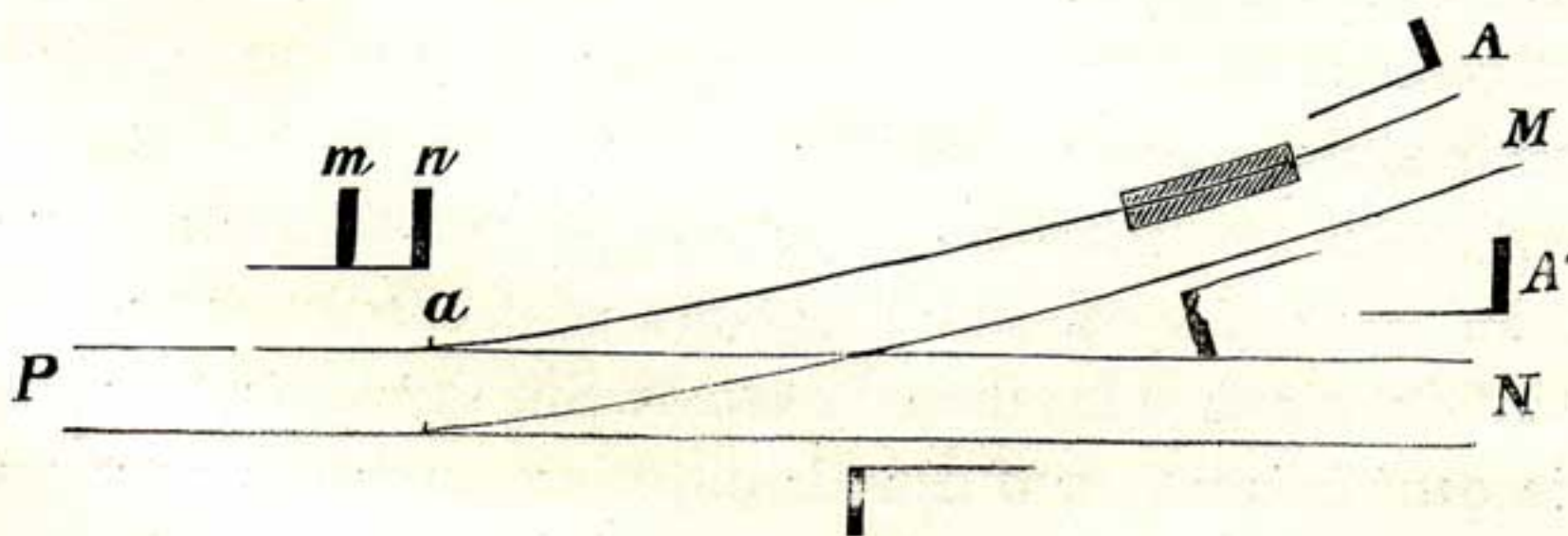
Tous les règlements français prescrivent une notable réduction de vitesse au passage des bifurcations. Sur le *P.-L.-M.*, cette vitesse (aux bifurcations non enclenchées) ne peut dépasser celle d'un homme marchant au pas. Sur l'*Ouest* et le *Nord* français, elle est limitée à 20 kilomètres à l'heure. La Compagnie de l'*Est* pousse plus loin les précautions et oblige tous les trains à marquer l'arrêt avant de dépasser le signal. En Belgique, les règlements ne stipulent rien de particulier quant à la vitesse des trains convergents. Pour les trains divergents, la vitesse, d'abord réduite à 30 kilomètres, a été portée à 40 kilomètres ; presque toutes les bifurcations belges étant munies d'appareils d'enclenchement, cette limite n'a rien d'exagéré.

§ 5. — LE BLOCK-SYSTEM AUX BIFURCATIONS.

Lorsqu'un poste de *Block* est établi à une bifurcation, on en combine fréquemment les signaux avec ceux de la bifurcation même, afin de ne pas astreindre le machiniste à observer simultanément plusieurs indications rapprochées.

Si aucune des deux lignes n'est très parcourue, les signaux de la bifurcation peuvent être utilisés pour fermer les sections occupées ; mais ce procédé n'est pas toujours applicable, les appareils de *Block* enclenchés formant un tout complet qu'il est parfois malaisé de relier aux leviers de bifurcation.

Le système anglais, de tout point préférable, exige l'emploi de signaux supplémentaires dont nous avons déjà dit un mot page 64. Voici en quoi il consiste :



Sur chacune des branches M et N est établi un signal A ou A' (*advance signal*), qui joue le rôle de signal de *Block* pour les trains divergents; les palettes A et A' doublent donc les palettes *m* et *n* du poste : quant aux trains convergents, ils sont commandés par les signaux ordinaires, tant pour le *Block* que pour la bifurcation.

Cette disposition présente deux avantages précieux pour les lignes à trafic actif :

1° Si la section vers M n'est pas libre, le train qui doit s'y engager, au lieu de s'arrêter en amont du sémaphore *n*, s'avance sur la branche M jusqu'à l'*advance signal*; il dégage ainsi le tronc commun et permet aux trains vers N de passer librement ;

2° Le train arrêté à l'*advance signal* est mieux couvert que dans le cas ordinaire, puisqu'il a derrière lui le signal à distance et le *home* de la bifurcation. Ce surcroît de couverture, au point où le mouvement est le plus grand, convient particulièrement aux lignes très parcourues.

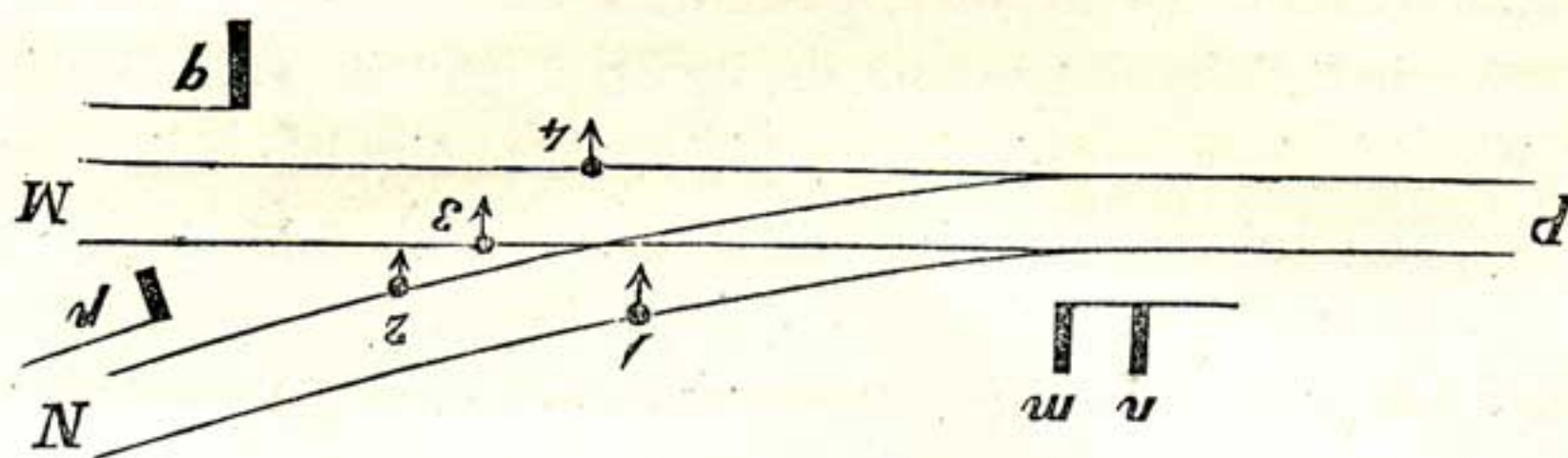
Dans certaines applications, on a combiné le *Block* avec les changements de voie de la bifurcation (*Block* et *interlocking*). Il est alors à voie fermée et l'envoi du déclenchement par le poste de bifurcation au poste P ne peut être effectué que si l'aiguille *a* est à droite ou à gauche (voir le schéma ci-dessus). Si le *Block* est muni d'une pédale, cette aiguille doit rester dans la position qu'on lui a donnée jusqu'à ce que le train ait dépassé la bifurcation.

Bien qu'à première vue cette disposition présente la somme de sécurité la plus grande possible, elle a divers inconvénients assez graves pour en faire écarter l'emploi. La bifurcation est *virtuellement* encombrée dès que la section est débloquée, et, si le changement est dirigé vers N, tous les trains venant de M seront arrêtés. D'un autre côté, les trains doivent être annoncés à grande distance et leur direction indiquée, ce qui exige l'échange de signaux nombreux ; si, par suite d'une erreur, la direction est mal donnée, il peut en résulter des retards et même des dangers.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé les voies divergentes munies l'une et l'autre du *Block system*; mais il n'en est pas toujours ainsi et la bifurcation devient alors un poste terminus pour les trains circulant sur la voie non bloquée. Les relations entre signaux sont faciles à établir dans les deux cas : il n'y a pas à s'inquiéter, d'ailleurs, de celles qui concernent la bifurcation, qui sont établies par un appareil local.

Le *Block* enclenché aux bifurcations peut être à sections dépendantes ou indépendantes. Dans la première hypothèse, la seconde condition générale du *Block system*, qui interdit de libérer le poste d'amont avant le passage

effectif du train, est obtenue au moyen de quatre pédales 1, 2, 3, 4. Mais la dépendance des sections se complique de problèmes particuliers à chacun des cas; en effet, le déclenchement peut être envoyé en P, soit pour un train allant vers M et passant sur la pédale 3, soit pour un train allant vers N et franchissant la pédale 1; et l'envoi de ce déclenchement doit caler à l'arrêt, suivant le cas, la palette *n* ou la palette *m*, ou les signaux d'avance correspondants. Pour les trains convergents, il faut que le déclenchement envoyé en N ou en M enclenche les deux signaux *p* et *q*. Quant au déblocage lancé par P, il doit s'adresser à l'appareil de la ligne M ou à celui de la ligne N, selon que le train vient de N ou de M. Cette dernière condition exige la voie ouverte; car, s'il en était autrement, les deux appareils A et A' seraient enclenchés normalement et le déclenchement venant de P s'adresserait indifféremment à l'un des deux. Mais la voie ouverte présente un inconvénient grave pour les trains convergents, attendu que, les deux signaux étant normalement ouverts ou pouvant l'être, il devient possible d'engager à la fois sur la section LP deux trains venant l'un de M et l'autre de N.



Il n'est pas impossible de concilier la sécurité avec les conditions spéciales de la circulation en bifurcation en adoptant le *Block* à sections dépendantes et à déclenchement indépendant; mais la solution à intervenir devient extrêmement compliquée et comporte des détails dans lesquels notre cadre ne nous permet pas d'entrer.

Par contre, l'application de ce système est très facile aux postes de bifurcation dont une des sections seule est munie du *Block*. On rentre alors, dans le cas des postes de tête, les trains qui quittent la ligne de *Block* pouvant être considérés comme finissant leur itinéraire et ceux qui viennent de la ligne bloquée comme le commençant au poste de bifurcation.

Enfin, si le *Block* est à sections indépendantes, le problème se simplifie beaucoup. Il n'y a plus alors que trois pédales, dont une sur le tronçon commun, et la bifurcation, complètement en dehors de la ligne du *Block*, doit être considérée comme un terminus pour toutes les lignes qui y aboutissent.

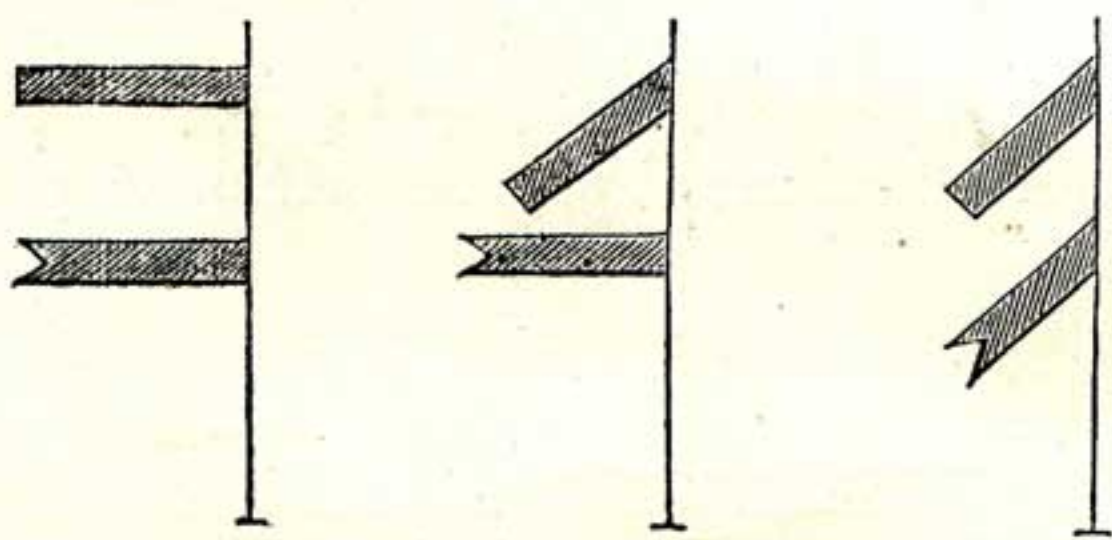
D. — POINTS DANGEREUX SUCCESSIFS.

Sur les réseaux très enchevêtrés ou aux abords des grands centres, deux points dangereux sont parfois trop éloignés pour être gardés par un seul agent, bien qu'assez rapprochés pour que les machinistes soient exposés à en confondre les signaux.

Si la distance qui sépare les deux postes n'excède pas 200 à 300 mètres, il est souvent avantageux de grouper en un seul système les signaux qui les couvrent. L'ensemble des deux postes peut alors être considéré comme un point dangereux unique présentant cette particularité qu'il est placé sous la garde de deux agents.

Dans ce cas, les signaux peuvent être divisés en deux catégories, selon qu'ils couvrent les deux points dangereux ou l'un d'eux seulement. Les seconds sont évidemment manœuvrés par l'agent du poste auquel ils se rapportent, tandis que les premiers ne peuvent être ouverts que du consentement simultané des deux signalistes; on emploie alors des signaux à *double manœuvre*.

Un cas plus fréquent est celui du signal à distance d'un poste placé à proximité du signal d'arrêt d'un autre poste; il convient de ne pas laisser subsister deux indications voisines dont l'observation successive serait assujettissante. En Angleterre, on fixe les palettes des signaux à distance aux mêmes mâts que celles du *home* et on obtient un signal à trois indications, dont l'observation est très commode.

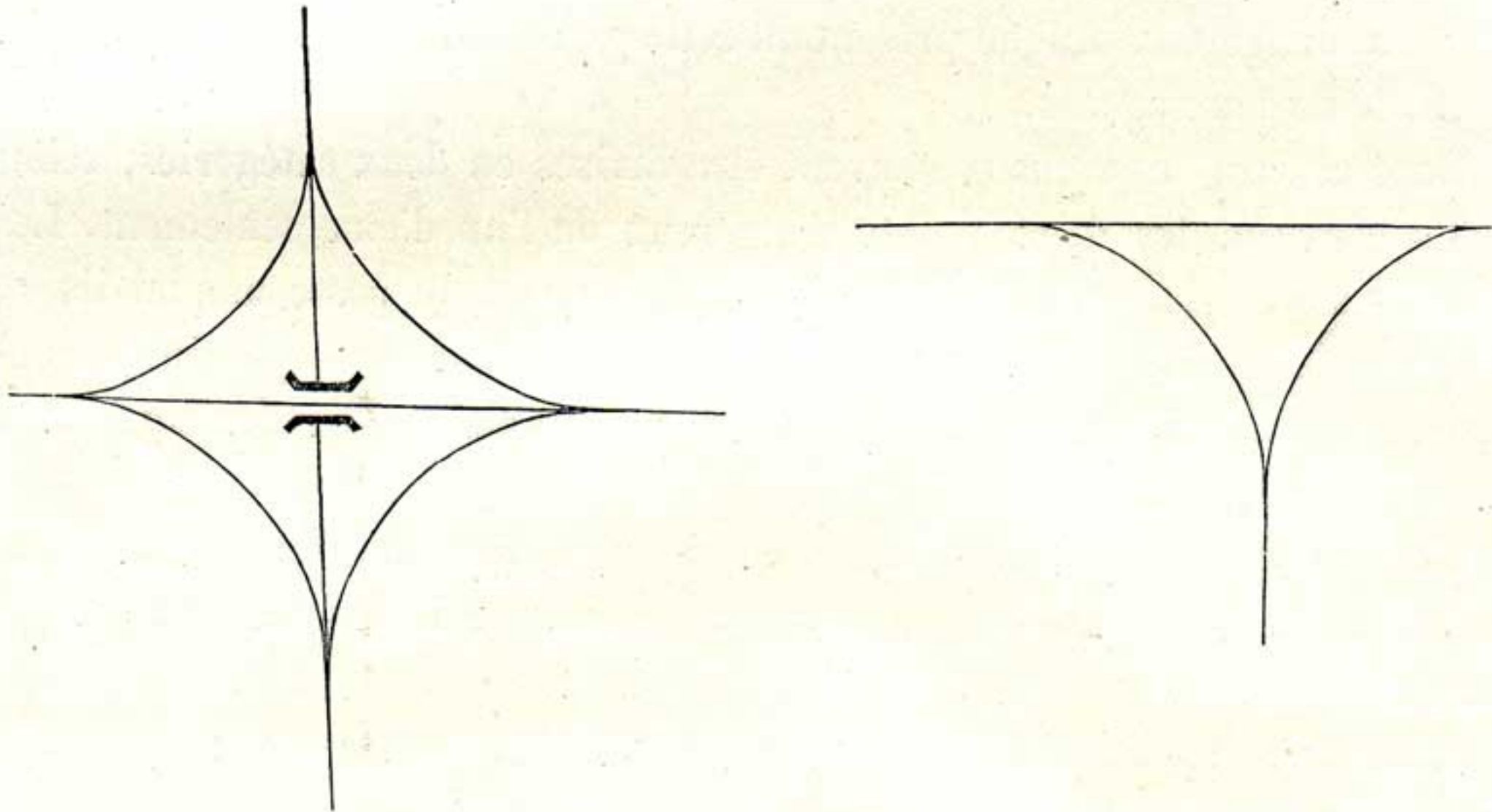


Les deux palettes horizontales commandent l'*arrêt immédiat*; la palette supérieure seule abaissée permet le *passage*, mais annonce l'arrêt au prochain signal; les deux palettes abaissées signifient : *all right*. La quatrième combinaison est rendue impossible par une disposition convenable.

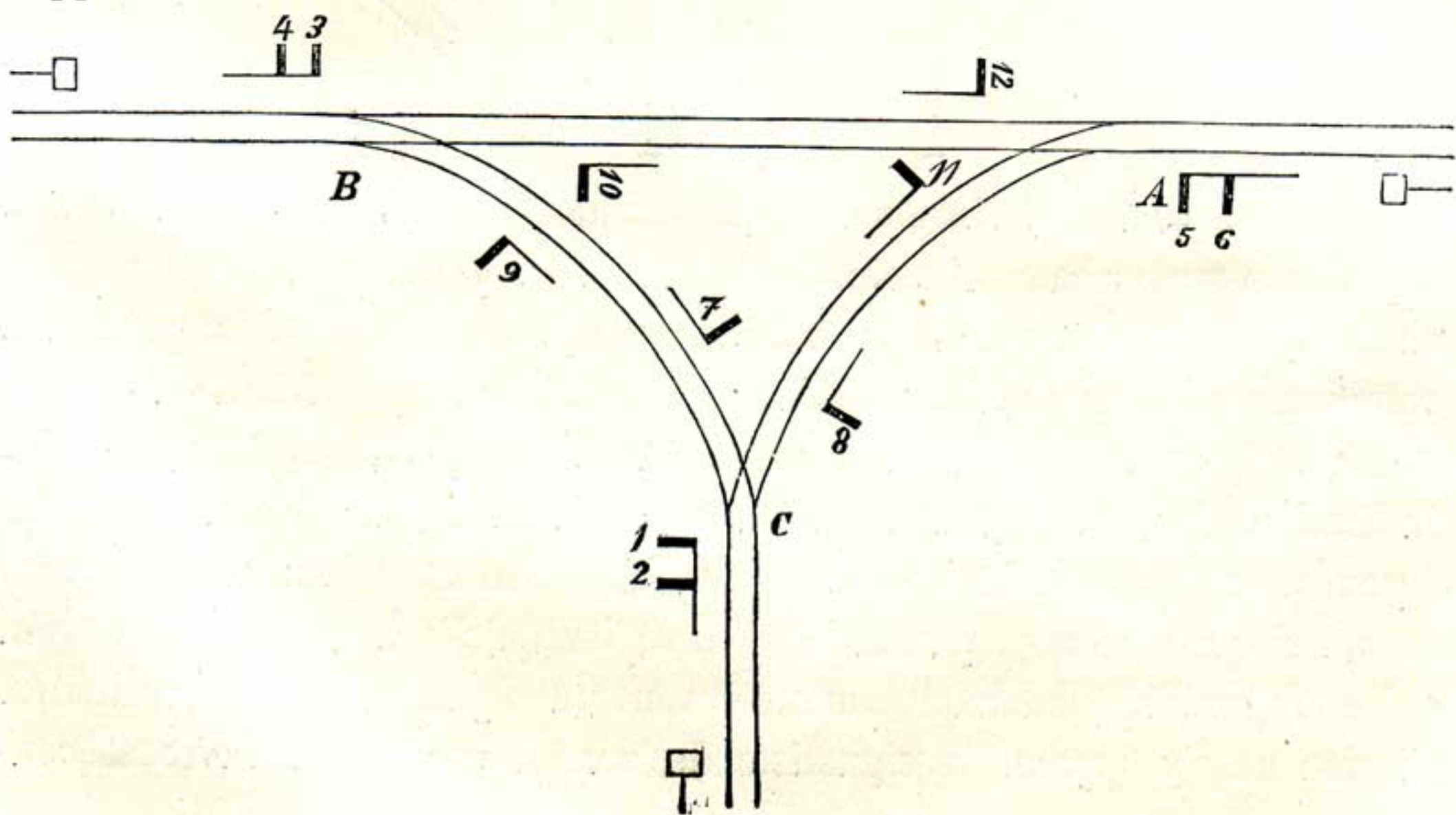
En Belgique, le signal à distance fermé marquant l'arrêt absolu, les indications des deux signaux ont pu être combinées plus intimement. Le signal ne comporte qu'une seule palette, mais elle est à double manœuvre: quand elle est au passage, tout est libre; lorsqu'elle est à l'arrêt, le train doit stopper immédiatement comme devant un signal à distance ordinaire. Si rien ne s'y oppose, le signaliste du second poste manœuvre sa con-

nexion, et si le premier point dangereux est libre, le train peut continuer sa marche jusqu'au sémaphore d'arrêt absolu.

Aux environs des grands centres où aboutissent des lignes venant de directions différentes, on est presque toujours amené, par les nécessités de l'exploitation, à établir, entre les lignes convergentes, des raccordements directs : on forme ainsi des quadrilatères ou des triangles de voies (voir les schémas ci-dessous) qui fournissent les applications les plus ordinaires des principes précédents.



Il peut arriver, mais ce cas est rare, que les côtés du triangle ou du quadrilatère soient assez longs pour y établir les signaux à distance couvrant chaque sommet. La signalisation ne présente alors rien de particulier, les trois bifurcations étant traitées d'après les principes que nous avons développés.



Mais, ordinairement, les sommets sont trop rapprochés pour qu'il soit possible de loger entr'eux un signal placé à une distance convenable du point à couvrir. Dans ce cas, on utilise les palettes divergentes de chaque poste comme signal à distance pour les deux postes voisins. Le schéma ci-dessus montre la disposition des signaux pour un triangle de ce type. Les palettes 1 et 6 jouent le rôle de signal à distance pour les trains convergents vers B : elles sont manœuvrées à la fois des postes C, A et du poste B au moyen d'un appareil à double action, et ne peuvent être abaissées que du consentement simultané de C, B ou de A, B. Il en est de même des palettes 3 et 2 pour les trains vers A et des palettes 4 et 5 pour les trains vers C. Le système est complété par les sémaphores convergents 7 à 12 et par les trois signaux à distance extérieurs.

Le mode de signalisation qui précède se rapporte au cas où les signaux à distance sont d'arrêt absolu, comme en Belgique; s'il en était autrement, la palette d'arrêt ne pourrait plus jouer le rôle de signal avancé, elle devrait être doublée d'un bras en oriflamme donnant les indications que nous avons fait connaître plus haut. Mais cette modification de forme ne changerait en rien l'organisation générale des signaux.

Enfin, si le triangle est très petit, on peut être amené à supprimer même les sémaphores intérieurs. Les palettes 1 à 6 deviennent alors signaux d'arrêt, 1 et 6 pour les trains vers B, 3 et 2 pour les trains vers A et 4 et 5 pour les trains vers C. Mais cette disposition, assez rare, est très désavantageuse, car un train, arrêté parce que la branche qu'il doit parcourir n'est pas libre, encombre la bifurcation pour les trains qui doivent suivre l'autre direction.

Dans le cas d'un quadrilatère avec passage des deux voies diagonales l'une par-dessous l'autre, la signalisation serait réglée d'une manière analogue.

E. — SIGNAUX DES STATIONS.

Si on pouvait n'envisager les stations qu'au seul point de vue du transit, c'est-à-dire des trains qui ne font que les traverser avec ou sans arrêt, rien d'essentiel ne les distinguerait des points dangereux ordinaires et elles seraient suffisamment couvertes par les signaux d'entrée placés au delà de leurs extrémités. Mais il n'en est pas ainsi et, dans la plupart des cas, il existe un *service local* exigeant l'admission de certains trains sur des voies déterminées, soit pour faciliter l'embarquement des voyageurs ou la manutention des marchandises, soit pour éviter ou croiser d'autres trains. En outre, les stations sont ordinairement le siège de manœuvres parfois très

importantes, pour l'exécution desquelles on peut être amené à couper ou même à emprunter les voies principales. Cette *circulation intérieure*, n'étant pas couverte par les signaux d'entrée de la station, doit être garantie par des dispositions spéciales. La signalisation des stations donne donc lieu à des problèmes nouveaux et, pour l'envisager dans son entier, il nous faudra examiner les moyens de couvrir :

- 1° La circulation en transit ;
- 2° Le trafic local ;
- 3° Le service des manœuvres.

Cette division n'existe pas toujours dans la réalité et telle station, très importante au point de vue des manœuvres, n'est qu'un point de passage pour les grands express. Mais, en règle générale, on ne pourvoit pour les stations secondaires qu'aux nécessités du transit et, au point de vue didactique, il y a tout intérêt à diviser la matière en deux parties : couverture des stations secondaires et couverture des gares importantes.

§ 1^{er}. — STATIONS SECONDAIRES.

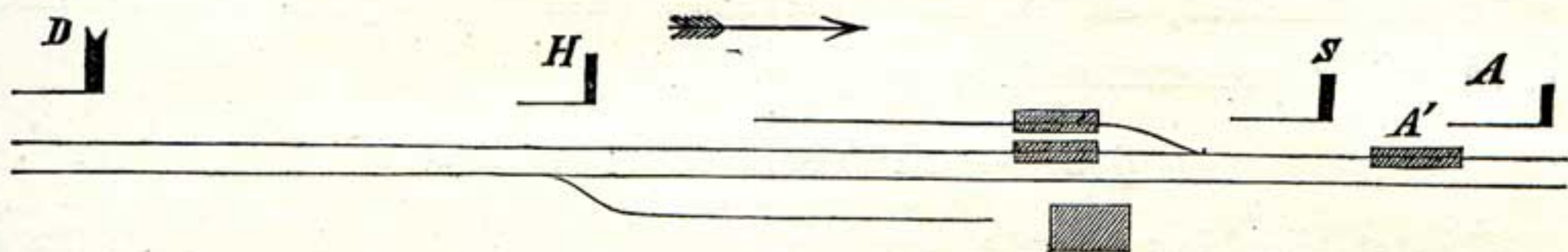
Les stations secondaires sont toujours considérées comme constituant, pour le service du transit, un point dangereux unique. Leurs signaux extérieurs, semblables à ceux des points dangereux ordinaires, comprennent donc, à chaque extrémité, un signal d'arrêt et un signal à distance.

Pour les simples haltes, où jamais deux trains ne se trouvent à la fois, la couverture est souvent réduite au signal à distance ou au signal d'arrêt ; dans ce cas, on supprime même quelquefois toute installation spéciale et on se repose, pour couvrir la halte, sur les signaux des postes de *Block* voisins. C'est ainsi que, dans certaines *haltes françaises*, toute l'installation se réduit à un poteau d'arrêt établi à chaque extrémité. Dans beaucoup de *haltes allemandes*, c'est le signal du *Block* qui couvre les trains arrêtés. Sur le *chemin de fer Rhénan* (1), les stations sont couvertes par un signal d'arrêt à deux palettes placé près de l'aiguille d'entrée de la station : l'une des palettes commande l'entrée et l'autre la sortie ; le machiniste doit toujours être en mesure de s'arrêter devant ce sémaphore, dont l'approche lui est annoncée par un disque fixe mi-partie vert et blanc ; dans ce dispositif, c'est donc le signal de *Block* voisin qui joue le rôle de *signal à distance*.

En France et en Belgique, les stations sont munies, à leurs deux extrémités, de signaux d'arrêt et de signaux à distance, complétés sur les grandes lignes, par sémaphore à deux palettes du *Block* établi au milieu de la gare ;

(1) *Signal Ordnung für die Rheinische Bahn*. Edition de 1875.

celui-ci n'est qu'un signal de départ et, le train pouvant le dépasser, l'observation à l'arrière peut en être malaisée, surtout le soir.



En Angleterre, on évite cet inconvénient en doublant le sémaphore d'un signal de départ *S* (*starter signal*), placé à chaque extrémité de la gare. L'entrée est couverte comme à l'ordinaire par le *home* (*H*) et le *distant* (*D*). Cette disposition a été imitée en Belgique sur les lignes où sont installés les appareils Hodgson. La plupart des installations de stations secondaires anglaises sont complétées par un quatrième signal, l'*advance signal* *A*, dont nous avons déjà exposé le rôle à propos du *Block* aux bifurcations. L'*advance* constitue le véritable signal de *Block*, c'est-à-dire qu'il marque l'origine de la section qui suit la station. Il présente l'avantage considérable de permettre à un train qui ne peut quitter la gare parce que la section de *Block* n'est pas ouverte, de s'avancer jusqu'en *A'* et de dégager la voie principale et la voie de garage; ce complément de signalisation est très utile sur les lignes à fort trafic. Il va de soi que le *distant* ne peut être effacé pour le passage d'un train régulier que si le *home*, le *starter* et l'*advance* peuvent être mis au passage.

Les garages et les évitements, dans les stations intermédiaires, sont assez rares pour qu'on puisse se reposer sur le chef de gare du soin de pourvoir personnellement à la sécurité. A cet effet, quand le train à garer est admis dans la station, tous les signaux sont mis à l'arrêt pour n'être effacés que quand le chef s'est assuré que les voies principales sont libres.

Sur les lignes à double voie, le service local peut être fait sans grand danger; mais, sur les lignes à voie unique, comportant nécessairement des aiguilles abordées par la pointe, il n'en est pas de même. L'idéal consisterait à couvrir les changements de l'espèce par un signal à plusieurs indications; mais la dépense qui résulte de cette installation en limite singulièrement l'emploi; le *London Brighton and south coast Railway* l'applique cependant à ses nouvelles lignes à simple voie.

Dans tout ce qui précède, il n'est question que de la circulation en transit, la seule dont on se préoccupe pour les stations secondaires. Les manœuvres intérieures sont réglées au moyen de drapeaux et de lanternes. Si l'on néglige de mettre les signaux à l'arrêt pendant les manœuvres, cette omission peut être la cause de graves accidents; il y aurait donc avantage à établir, au milieu de la gare, un signal élevé, visible de partout, autorisant

l'exécution des manœuvres ; en enclenchant cet indicateur avec les signaux d'entrée, on se mettrait à l'abri de toute éventualité. L'emploi des grosses sonneries, annonçant les trains à l'avance, augmente de beaucoup la sécurité de ces manœuvres de gare.

§ 2. — STATIONS IMPORTANTES.

Une station importante, comportant de nombreux dédoublements de voies, peut être considérée comme une succession de points dangereux et traitée comme une combinaison des cas élémentaires étudiés précédemment. A raison de sa longueur, parfois très grande, il n'est pas toujours possible de concentrer la manœuvre de tous les appareils en un seul poste et l'on est forcé de diviser la gare en plusieurs tronçons convenablement reliés entr'eux.

La plupart des trains faisant arrêt dans les grandes gares, le service local y prend une importance considérable, et c'est de celui-ci qu'il s'agira tout d'abord dans ce qui va suivre.

Service local.

Pour établir le système des signaux d'une station, il faut connaître la nature et l'importance du trafic dont elle est le siège, c'est-à-dire l'itinéraire de tous les trains qui la parcourent et l'affectation spéciale des voies qui la constituent.

Cette affectation ne peut toujours être absolument rigoureuse ; mais, dans toute gare bien organisée, certaines voies sont réservées au départ, d'autres à l'arrivée et d'autres au garage des trains, tandis qu'un certain nombre ne sont établies qu'en vue du service intérieur.

Le premier soin de l'ingénieur doit donc être de dresser le tableau de tous les mouvements qui seront effectués dans la station. Ceux-ci étant bien fixés, les signaux seront établis suivant l'un des deux systèmes qui vont être décrits.

PREMIER SYSTÈME.—On examine séparément chacun des itinéraires et l'on couvre par des signaux, établis d'après les principes connus, tous les dédoublements de voie ou, plus généralement, tous les points dangereux qui s'y rencontrent. Si deux points dangereux sont assez voisins l'un de l'autre pour que la distance qui les sépare n'excède pas la longueur d'un train, on les considérera comme un point dangereux unique et on les couvrira par un seul système de signaux enclenchés avec les aiguilles.

Pour préciser ce que cette notion peut avoir d'un peu vague, nous donnons ci-après, à titre d'exemple, les dispositions de la gare de Bruxelles-Nord.

GARE DE BRUXELLES-NORD (pl. I).

La gare de Bruxelles-Nord comprend 9 voies parallèles, dont 2 (les nos 7a et 4b) sont dédoublées de manière à donner, en définitive, un faisceau de 11 voies. Ces voies sont réunies en 4 voies parallèles un peu au delà du passage à niveau de la rue Allard et forment le *goulot* d'entrée de la gare, comprenant, outre les voies principales de départ et d'arrivée, une voie de garage pour les voitures et la voie d'accès des locomotives à la remise.

Les leviers de manœuvre sont concentrés en deux postes, la cabine A, à cheval sur les voies, et la cabine B.

Une partie des signaux sont fixés à la passerelle de la rue Allard.

Sortie des trains. — La sortie des trains des voies 1, 2, 3, 5a, 8, 9, 10, 11 est commandée par les mâts à une palette 1, 2, 4, 8, 79, 81, 82, 83; celle des voies 7a et 7b par les mâts à deux palettes 11, 77 et 76, 78, et celle des voies 4b et 6a par les mâts à trois palettes 5, 6, 7 et 9, 10, 75. Ainsi qu'on le voit sur le plan, les mâts à deux et à trois palettes correspondent, conformément aux règles admises, à deux ou à trois moyens de sortir des voies qu'ils commandent. Tous ces signaux sont manœuvrés de la cabine A.

Les voies de départ sont concentrées en trois groupes A, B, C, à chacun desquels correspond un mât à une palette placé sur la passerelle. Ces signaux de départ proprement dits sont manœuvrés de la cabine B sous le contrôle de la cabine A. Les palettes *slottées*, c'est-à-dire contrôlées par cette cabine, sont figurées par un bras double à 45°.

Entrée des trains et machines. — Les trains entrant par la voie principale d'arrivée rencontrent le signal à distance 60 et le mât à une palette 59 manœuvrés par B; la palette 59 est contrôlée par la cabine A, qui seule est en mesure de savoir si l'entrée de la gare est libre.

Un mât à six palettes superposées, fixé à la passerelle, donne l'entrée des voies de la gare, savoir :

La palette 13	sur les voies	1	ou	2;
» 14	»	3	et	4b;
» 15	»	4a	et	4b;
» 16	»	4b	et	5a;
» 17	»	5a;		
» 18	»	6b.		

La palette 20, fixée au mât de sortie 5, 6, 7, commande l'entrée sur la voie 4b.

Le mât à quatre palettes 52, 53, 49, 48 commande la sortie de la remise vers chacun des groupes A, B, C et vers la voie D. Les machines qui suivent la voie D (palette 48) rencontrent le mât 99, 10, donnant accès soit vers D, soit vers le groupe C.

Le mât à trois palettes 56, 57, 58 commande la sortie du garage des voitures vers les trois groupes A, B, C. On remarquera que toutes les palettes se rapportant à des itinéraires où sont intéressées les voies principales (56, 57, 58, 52, 53, 49, 48 et 100) sont *slottées* par la cabine A et ne peuvent être abaissées que si les signaux de sortie sont enclenchés à l'arrêt. Les cabines A et B sont reliées par des sonneries et des disques indicateurs qui leur permettent de s'informer mutuellement des manœuvres à faire.

La disposition que nous venons de décrire n'est qu'une application des principes développés à propos des bifurcations et peut être utilisée pour des installations fort importantes. Cependant, elle n'est pas sans présenter certains inconvénients. Si le nombre de points dangereux est considérable, les mâts se multiplient, leurs indications, surtout pendant la nuit, peuvent se confondre, il est souvent difficile de leur trouver un emplacement convenable et l'entretien des feux devient coûteux et assujettissant : il y a donc avantage à régulariser l'emplacement des signaux de manière à en réduire le nombre. De là un deuxième système, dont nous allons faire connaître les principes.

DEUXIÈME SYSTÈME. — L'exemple le plus grandiose d'installations conçues dans ce nouvel ordre d'idées est la gare de *London Bridge*, à Londres. Toutes les indications utiles : arrêt, direction, allure, sont données aux trains par des signaux et des feux en nombre relativement restreint et disposés avec une régularité qui rend toute confusion impossible.

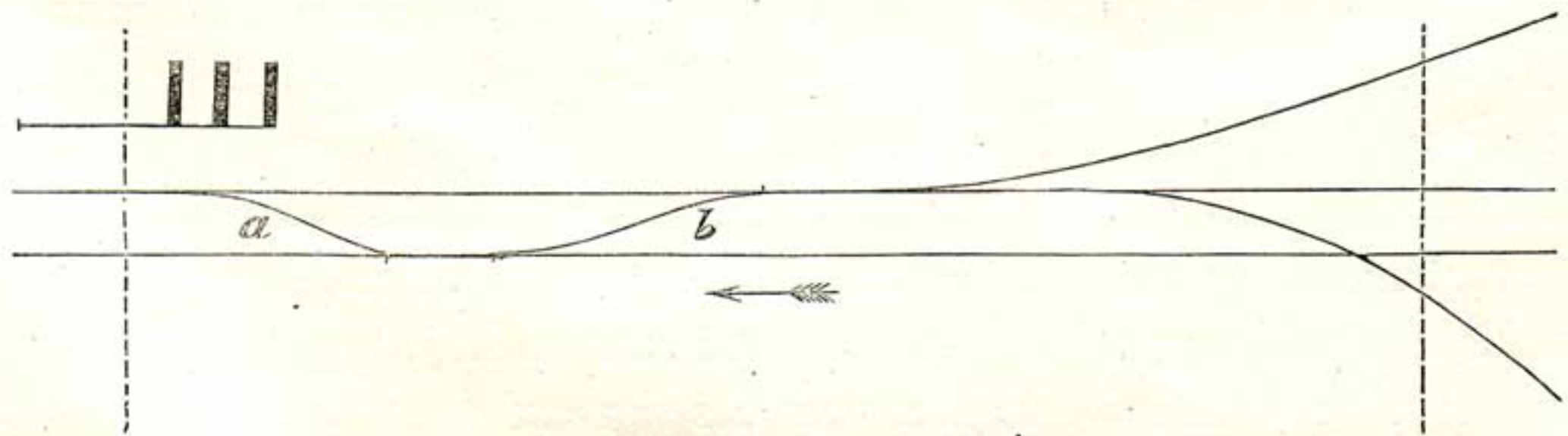
La gare de Paris-Nord est établie d'après les mêmes principes, avec cette différence que les indications de direction et d'allure sont supprimées par suite de la forme des signaux adoptés au Nord français.

Pour faire saisir nettement la possibilité d'une telle simplification, une remarque préalable est nécessaire. Quand un machiniste doit se rendre d'un point à un autre, il lui importe assez peu de connaître à l'avance les voies par lesquelles il sera dirigé : il lui suffit d'être assuré qu'aucun obstacle n'existe sur son itinéraire. *A ce point de vue*, il est donc indifférent de placer le signal à proximité du point dangereux ou à une certaine distance de celui-ci ; il est également indifférent de grouper les points dangereux d'une manière quelconque.

Partant de là, on suppose la gare découpée en une série de tranches déterminées par des lignes de signaux, autant que possible perpendiculaires à l'axe de la gare. Chacune de ces tranches constitue une *région dangereuse* et, pour ouvrir le signal qui en commande l'accès, il faut que l'itinéraire visé soit libre, au moins jusqu'au signal suivant.

Bien qu'il soit toujours possible de couper la gare en un endroit quelconque, il sera avantageux de choisir judicieusement l'origine des régions dangereuses. Les passerelles, placées aux goulots ou rétrécissements de la gare, seront des points tout indiqués ; on coupera aussi là où les voies sont nombreuses, afin de multiplier les indications des signaux et de faciliter la variété des itinéraires.

En admettant, une fois pour toutes, que le détail de l'itinéraire dans l'intérieur de la région est indifférent au machiniste, la couverture des régions dangereuses se fera comme celle des bifurcations.



Ainsi, la région dont le schéma est ci-dessus sera couverte par un seul

signal à trois palettes comme une bifurcation ordinaire, malgré l'existence des deux liaisons *a* et *b*.

Les détails d'itinéraire cessant d'être indiqués par les signaux, il en résulte que *chacune des voies donnant accès dans une région dangereuse devra être munie d'un signal à autant d'indications de direction qu'il y a de voies pour sortir de la région*. Si le signal ne donne pas d'indications de direction, conformément à la pratique générale des lignes françaises, il devra être compris dans autant de combinaisons d'enclenchement qu'il y a d'itinéraires distincts, afin de pouvoir être ouvert pour chacun d'eux.

Ce principe, très simple, permet de découper la gare la plus importante en trois ou quatre régions dangereuses ; mais, la longueur de celles-ci étant parfois considérable, il importe que la position des appareils ne puisse être modifiée pendant le parcours, aucun signal intérieur n'indiquant plus au machiniste s'il peut continuer sa route. Ce résultat s'obtient en combinant le *Block* et l'*interlocking*, suivant les principes généraux établis plus haut et qu'il n'est pas inutile de rappeler ici :

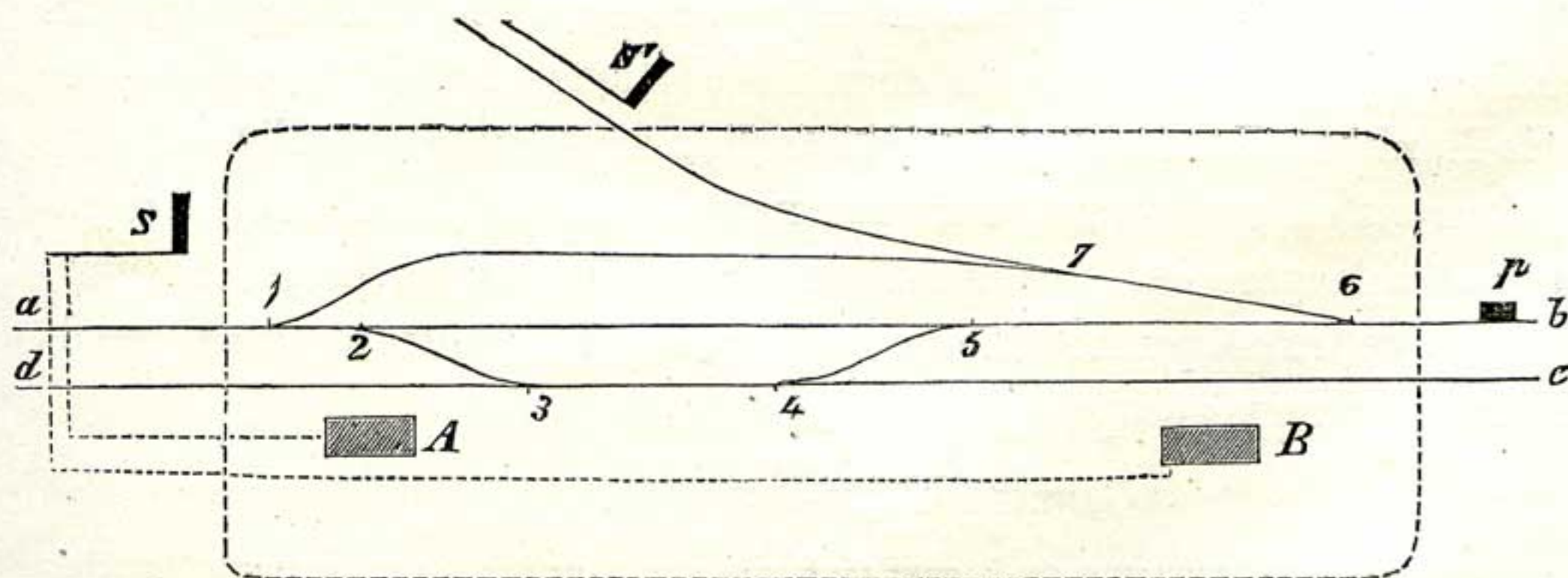
Pour qu'un signal commandant l'accès d'une région puisse être ouvert, il faut :

1° Que toutes les aiguilles placées *sur l'itinéraire* qu'il commande soient convenablement dirigées ;

2° Que tous les changements de voie donnant accès sur l'itinéraire par une de leurs branches soient dirigés sur l'autre ;

3° Que tous les signaux donnant accès à l'itinéraire, y compris celui qui vient d'être franchi par le train, restent à l'arrêt tant que le train occupe la région.

Ces relations ne peuvent être obtenues que par des enclenchements et des pédales. Prenons comme exemple la disposition figurée ci-dessous



Le signal S commande trois itinéraires conduisant de *a* en *b*, savoir :

1 droite.	1 gauche.	1 droite.
2 gauche.	7 gauche.	2 droite.
5 droite.	6 droite.	3 droite.
6 gauche.		4 gauche.
		5 gauche.
		6 gauche.

Supposons que les aiguilles 1, 2, 3 soient manœuvrées par le poste A, et 4, 5, 6, 7, par le poste B; le signal S devra être à double manœuvre et sous le contrôle des deux stationnaires A et B. En outre, le signal S et la pédale *p* constitueront une section de *Block* à voie fermée, avec cette particularité que les postes de tête et de queue seront manœuvrés par le même signaliste. S'il en était autrement, il suffirait, d'ailleurs, d'une modification de détail apportée à la constitution de l'appareil de *Block*.

Le stationnaire A devra donc, avant d'ouvrir le signal S, tendre la pédale *p*, enclencher les aiguilles 1, 2 et 3 dans la position convenable et se mettre d'accord avec B, qui, de son côté, ne pourra faire la manœuvre nécessaire à l'ouverture de S qu'après avoir enclenché 4, 5, 6, 7 et les signaux de la direction *cd*. En outre, rien ne pourra être modifié, tant par le signaliste du poste A que par celui de B, aussi longtemps que le train n'aura pas franchi la pédale *p*. Ce dernier résultat peut être atteint sans pédale au moyen d'un signal de *fin d'itinéraire*, répétiteur du signal d'origine de la région; ces deux signaux enclenchent tous les appareils et tous les signaux qui intéressent l'itinéraire visé; le stationnaire, étant obligé de maintenir P au passage pour permettre au train de sortir, ne peut rien modifier à l'itinéraire tant que le train n'a pas quitté la région dangereuse. Il va de soi que ce système présente bien moins de sécurité que le *Block*; mais il est plus simple et dispense de l'emploi d'une pédale.

Afin de rendre plus clairs les principes que nous venons d'exposer, nous donnons ci-après l'exemple de deux installations considérables, celles de Paris-Nord et de *London Bridge*, conçues dans cet ordre d'idées. Nous terminerons en appliquant, à titre d'exemple, le système des régions dangereuses à la gare de Bruxelles-Nord, dont nous avons décrit la signalisation : ce travail permettra une comparaison utile entre les deux grands systèmes qui nous occupent.

GARE DE PARIS-NORD (pl. II).

La disposition topographique de la gare de Paris-Nord a permis de la diviser en tranchées parallèles. Nous ne pourrions donc trouver un exemple plus clair, cette installation étant presque la réalisation du cas théorique des régions dangereuses. Trois directions distinctes

aboutissent au faisceau de voies formant la gare du Nord : la ligne de Pontoise (à gauche), la ligne de Chantilly (au milieu) et la ligne de Soissons (à droite). (Nous comptons la droite et la gauche pour un observateur placé au fond de la gare et tourné du côté du départ.) Mais, par suite de l'organisation du service, ces voies ne peuvent conserver jusque dans la gare la position relative que nous venons d'indiquer ; aussi, dès l'endroit dénommé *Plaine Saint-Denis* se croisent-elles de manière à occuper la position qu'elles conserveront jusqu'à leur extrémité. Ces croisements s'effectuent sans une seule traversée à niveau. Grâce à une modification convenable du profil en long, on est arrivé à les faire passer les unes au-dessus des autres et, en fin de compte, elles occupent, à l'origine du goulot d'entrée de la station, la position suivante, de gauche à droite :

1. Voie des machines.
2. Départ Chantilly.
3. Manœuvres.
4. Départ Pontoise.
5. Arrivée Pontoise.
6. Départ Soissons.
7. Arrivée Chantilly.
8. Arrivée Soissons.
9. Voie du mur.

En nous occupant des stations, dans le livre suivant, nous reviendrons sur ces dispositions intéressantes, qui ne nous arrêtent ici qu'au seul point de vue des signaux.

Entre la rue Doudeauville et la rue de Jessaint (voir le plan), les 9 voies sont réunies par deux séries de traversées-jonctions, désignées sous le nom de *grande bretelle*, dont les appareils sont manœuvrés par groupe de 4, au moyen d'un seul levier. Le groupement est tel que les quatre changements donnant accès à une même portion de la voie diagonale, comprise entre deux voies principales, sont manœuvrés en même temps.

Entrée des trains.—Un peu au delà de la rue Doudeauville, à l'origine de la grande bretelle, se trouve établie une passerelle marquant le commencement de la première région dangereuse de la gare. Jusqu'en ce point, l'affectation des voies est rigoureusement celle que nous avons indiquée ; mais, à partir de la passerelle, elle cesse, pour faire place à une simple affectation de sens.

La passerelle porte des signaux carrés à voyant rouge et blanc, type Nord, manœuvrés chacun par autant de leviers qu'il y a d'itinéraires entre la passerelle et la rue de Jessaint, origine de la deuxième région dangereuse.

Conformément aux errements adoptés par la plupart des compagnies françaises, ces signaux sont à une indication. Cette différence de détail avec les installations anglaises et belges ne touche en rien au fond du système ; quand le signal carré, qui commande l'accès d'une des voies d'arrivée, est effacé, le machiniste est assuré que l'itinéraire qu'il va parcourir dans la première région dangereuse est libre, et il n'a pas à se préoccuper des voies qu'il empruntera sur la bretelle des traversées-jonctions.

A la hauteur de la rue de Jessaint, une deuxième passerelle marque l'origine de la deuxième région dangereuse. A partir de cet endroit, l'affectation de sens de marche des trains disparaît également, et toutes les voies peuvent être parcourues dans les deux directions.

Cette deuxième région dangereuse se termine à l'entrée de la gare, où se trouve établie la troisième ligne de signaux d'entrée K'L'M'N'O', fixés à la potence P. Ces signaux sont manœuvrés par des leviers spéciaux, à la fois du poste O et du fond de la gare. Les leviers du fond de la gare sont enclenchés avec les changements de voie des petites bretelles, qui relient les voies par couple de deux.

Enfin, une quatrième et dernière série de signaux, K, L, M, N, O, sont manœuvrés sur place du poste 0. Ils servent, pour les trains sortants, à couvrir la batterie de plaques tournantes et le transbordeur : pour les trains entrants, ils commandent l'accès définitif dans le fond de la gare.

Sortie des trains. — Outre les signaux K, L, M, N, O, les trains sortants rencontrent une première série de signaux carrés, fixés à la passerelle P et marquant l'origine de la première région dangereuse; ces signaux sont manœuvrés du poste 1.

Sur le viaduc du boulevard de la Chapelle, origine de la deuxième région dangereuse, dite de la *grande bretelle*, se trouve une deuxième ligne de signaux carrés. A partir de ce point, les voies acquièrent une affectation de sens qu'elles conservent jusqu'à la passerelle de la rue Doudeauville, à laquelle sont fixés des signaux à disque circulaire. Passé ce point, les trains sont sortis de la gare et les voies sont définitivement affectées aux directions que prennent chacun d'eux.

Tous ces signaux et les aiguilles correspondantes sont manœuvrés des deux cabines 1 et 2 et du poste 0. Les leviers de manœuvre sont enclenchés par le système Saxby et Farmer.

Les voies des messageries (à gauche de la gare) et celles des marchandises (à droite) sont fermées par les disques S, T, et P, R. Enfin, la sortie de la remise est commandée par les disques carrés 1, 2, 3.

Telle est, dans ses grandes lignes, l'organisation des signaux de Paris-Nord.

STATION DE LONDON BRIDGE.

Cette station est exclusivement affectée au trafic des voyageurs et cependant il y circule un nombre de trains qui n'a d'analogue dans aucun autre pays du monde.

Les installations du service des voyageurs se divisent en deux groupes reliés à des voies principales différentes qui ne sont en communication que par quelques liaisons sans importance. Entre ces deux groupes, désignés sous les noms de *côté est* et *côté ouest*, se trouve placée la grande cabine, dans laquelle sont concentrés 280 leviers manœuvrant des changements de voies, des verrous et des signaux de toute nature. L'appareil lui-même est divisé en deux parties, correspondant aux côtés est et ouest. Ces deux parties étant symétriques, à part quelques différences de détail, et n'ayant que peu de relations entre elles, nous pouvons borner notre description au côté ouest, représenté à la planche III.

Ce côté ouest comprend un faisceau de 5 voies, 1 à 5, réunies à 3 voies principales A, B et C et à deux culs-de-sac : l'*engine siding* à l'est et le *carriage siding* à l'ouest. Les liaisons sont établies de manière à pouvoir atteindre :

- De la voie 1, les 2 *sidings* et les 3 voies principales;
 - Des voies 2 et 3, l'*engine siding* et les 3 voies principales;
 - De la voie 4, l'*engine siding* et les voies C et B;
 - De la voie 5, l'*engine siding* et la voie C,
- Ainsi qu'il est indiqué au tableau ci-dessous :

$$1 \left\{ \begin{array}{l} S \\ C \\ A \\ B \\ S \end{array} \right. \quad 2 \left\{ \begin{array}{l} S \\ C \\ A \\ B \end{array} \right. \quad 3 \left\{ \begin{array}{l} S \\ C \\ A \\ B \end{array} \right. \quad 4 \left\{ \begin{array}{l} S \\ C \\ B \end{array} \right. \quad 5 \left\{ \begin{array}{l} S \\ C \end{array} \right.$$

Réciproquement, on peut pénétrer de la voie A sur les voies 1, 2, 3; de la voie B sur les voies 1, 2, 3, 4, et de la voie C sur les voies 1, 2, 3, 4, 5.

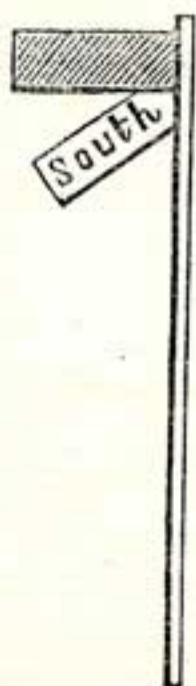
L'engine siding donne accès à toutes les voies, tandis que le carriage siding n'a de communication qu'avec une seule d'entre elles.

Ceci posé, considérons plus particulièrement la partie de la gare comprise entre les quais et la passerelle de l'ouest (*West Girder*), qui marque l'extrémité de la région dangereuse que nous allons décrire.

Signaux de sortie. — Chacune des voies 1, 2, 3, 4, 5 est fermée par un signal à deux palettes figurées en noir au plan; ces palettes se trouvent sur le même mât que celles qui commandent l'entrée. Les sémaphores des voies 2 et 3, d'une part, 4 et 5, de l'autre, ont été réunis en un chandelier placé au milieu du quai.

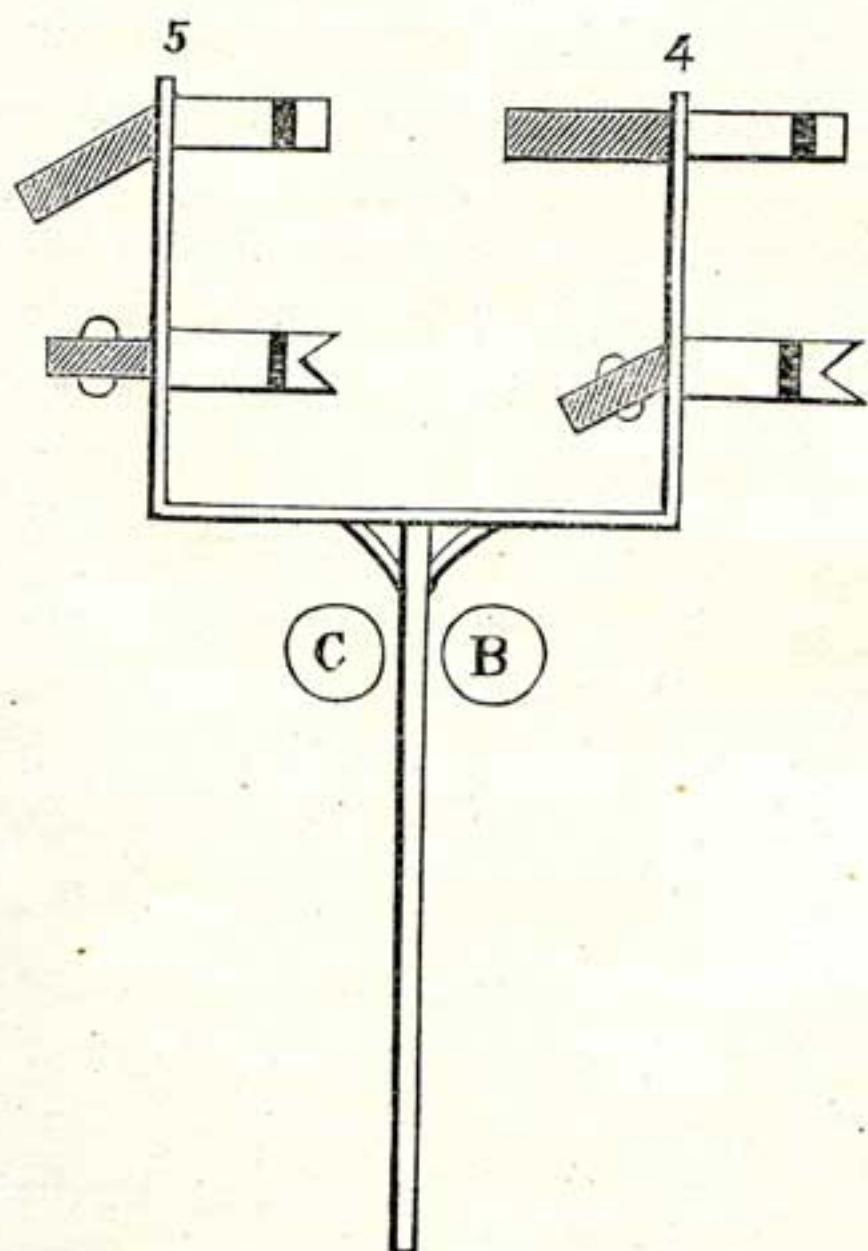
La palette supérieure abaissée permet la sortie des trains réguliers; la palette inférieure, plus petite et munie d'un anneau, permet cette même sortie, mais pour les manœuvres seulement.

Cette division des signaux a été nécessitée par ce fait, que les palettes commandant aux trains réguliers sont sous la dépendance de la cabine sud, située comme l'indique le petit plan-annexe de la planche III. Cette dépendance est figurée au plan par le symbole figuré au schéma ci-contre. Comme il ne pouvait être question de faire intervenir la cabine sud dans des manœuvres qui ne la concernent en rien, il a été nécessaire de diviser les signaux.



Les indications de directions sont données par une série de disques placés sous chaque sémaphore et portant une lettre correspondant à l'une ou à l'autre des voies principales ou des voies du cul-de-sac. Le sémaphore de la voie 5, par exemple, n'a que deux disques, S et C (*siding* et voie C), tandis que le mât de la voie 1 en possède 5, se rapportant à toutes les directions. Chaque mât est ainsi muni d'autant de disques que la voie qu'il commande comporte de directions divergentes. Le soir, ces disques sont éclairés par réflexion au moyen

d'une puissante lampe. En temps normal, ils sont cachés derrière un écran et n'apparaissent que quand le signaliste les manœuvre à l'aide d'une connexion.



Le sémaphore figuré ci-contre indique : pour la voie 5, sortie d'un train régulier par la voie C, et pour la voie 4, sortie d'une manœuvre par la voie B.

Sur la passerelle ouest sont établis trois sémaphores, correspondant aux trains circulant sur les trois voies principales. Ces trois sémaphores sont *slottés* par la cabine sud et n'ont aucune indication de direction.

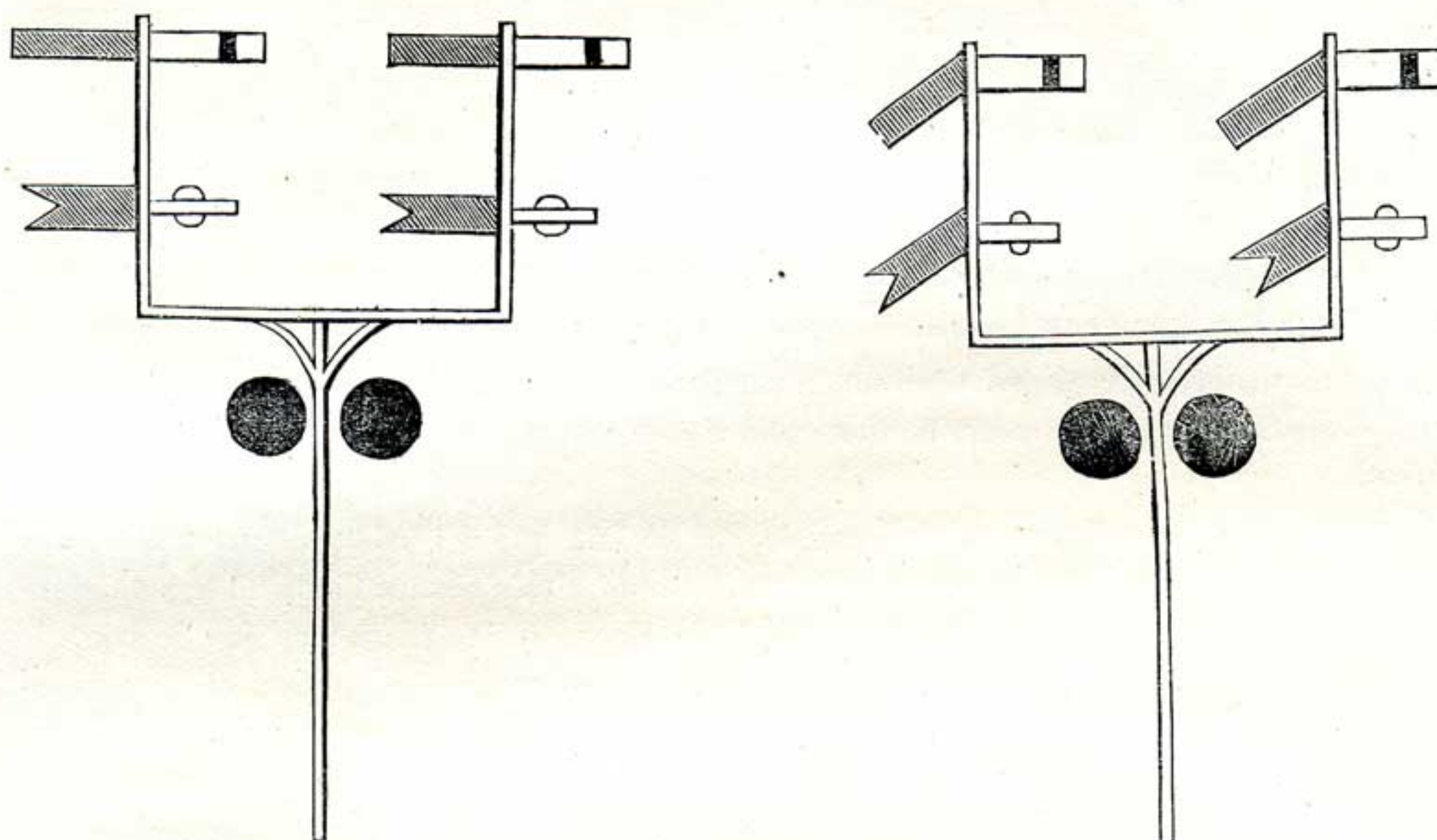
Signaux d'entrée. — Sans nous arrêter aux installations de la cabine sud, suivons les trains à partir de la passerelle ouest.

Cette passerelle porte trois sémaphores correspondant aux voies A, B, C : ce sont les signaux d'entrée de la gare. La palette A possède trois disques de directions analogues aux précédents, donnant accès sur les voies 1, 2, 3. La palette B en possède quatre, correspondant aux voies 1, 2, 3, 4.

Enfin, la palette C est complétée par cinq disques, se rapportant à toutes les voies du faisceau.

3300
66
3960

Ces signaux couvrent la région dangereuse comprise entre la passerelle ouest et la ligne de sémaphores des quais. Ceux-ci, vus de l'extérieur, ont l'aspect figuré au schéma ci-dessous.



Les palettes de droite commandent la sortie, comme nous l'avons vu plus haut : celles de gauche, dont l'inférieure est taillée en oriflamme, commandent l'entrée.

La longueur des voies du faisceau étant suffisante pour amener deux trains à quai à la suite l'un de l'autre, le signal d'entrée doit indiquer si le fond est libre ou occupé. A cet effet, la convention suivante a été adoptée :

Quand la palette supérieure est seule abaissée, le fond de la gare est occupé par un train et l'entrée n'est permise qu'avec précaution. Lorsque les deux palettes sont abaissées, la voie est libre jusqu'à son extrémité. Les deux palettes horizontales marquent l'arrêt absolu.

Les manœuvres à l'entrée sont commandées par trois petits disques, fixés à la passerelle ouest et correspondant aux mêmes directions que les trois grands sémaphores. Des disques analogues couvrent le raccordement des *sidings* avec les voies principales.

La description qui précède montre, par sa concision même, la simplicité de la signalisation de l'immense gare de *London Bridge*. Quelques règles faciles à retenir suffisent au machiniste pour se guider sans difficulté à travers ce dédale de voies et d'appareils.

STATION DE BRUXELLES-NORD.

L'application du système des régions dangereuses à la gare de Bruxelles-Nord présente quelques difficultés résultant de ce que les voies principales sont réduites à deux pour desservir un faisceau de onze voies et quatre directions de sortie. Pour un faisceau d'un nombre égal de voies, la gare de *London Bridge* comporte six voies principales, trois du côté ouest, que nous avons décrites, et trois du côté est.

En étudiant ce projet de signalisation pour Bruxelles-Nord, nous n'avons d'autre but que d'appliquer les principes énoncés plus haut à une disposition existante, sans nous préoccuper des détails du service. Ceux-ci peuvent amener des modifications importantes dans le système des signaux, mais ces modifications sont presque toujours des simplifications. Qu'on ne cherche donc pas, dans ce qui suit, une tentative pratique, mais un simple exposé didactique.

Sortie des trains.— Nous supposons la gare divisée en trois régions s'étendant : la première, de la tête du faisceau à la rue Rogier ; la seconde, de la rue Rogier au Pré-Catelan ; la troisième,

du Pré-Catelan à la bifurcation de la rue des Palais (voir pl. IV). La première région est couverte par 9 sémaphores correspondant aux *voies du fond* de la gare, numérotées 1 à 9 au plan. Trois de ces voies se divisent comme suit avant d'entrer dans la région, c'est-à-dire avant la première ligne de signaux M :

Voie 3	{	s r q	voie 5	{	p n	Voie 6	{	n m
--------	---	-------------	--------	---	--------	--------	---	--------

On aurait pu placer 11 sémaphores à une palette; mais, pour diminuer le nombre de mâts, les signaux correspondant aux voies 3, 5 et 6 ont été munis d'autant de palettes qu'il y a de directions d'entrée dans la région dangereuse.

L'indication des *directions de sortie* se donne par 4 disques, pour chaque sémaphore, se rapportant à la remise aux locomotives, à la gare aux marchandises de l'Allée-Verte, à la voie principale de départ et au parc à voitures vers lesquels les trains peuvent être dirigés.

Les signaux de la rue Rogier ne comportent que 3 sémaphores à une palette, commandant la voie de la remise, celle de l'Allée-Verte et celle du départ des voyageurs. Ces signaux n'ont pas d'indication de direction, chacune des voies que nous venons de nommer ne comprenant qu'un itinéraire dans la région qui s'étend jusqu'au Pré-Catelan. Cette deuxième ligne de signaux N pourrait, à la rigueur, être supprimée et n'a été établie que parce que le parc aux voitures s'y trouve compris.

Au Pré-Catelan, les machines sortant par le fond de la remise pour rebrousser vers l'Allée-Verte, ou les trains se dirigeant soit vers l'Allée-Verte, soit vers la bifurcation de la rue des Palais, ainsi que les trains venant de l'Allée-Verte rencontrent 4 sémaphores à une palette. Ceux qui commandent aux trains de voyageurs venant de Bruxelles-Nord ou aux trains de marchandises ou de voitures vides venant de l'Allée-Verte ont seuls des indications de direction conformément au schéma du plan.

Entrée des trains. — Les trois directions de Laeken, Schaerbeck et Bruxelles-Quartier-Léopold sont couvertes par des sémaphores à 2 palettes (signalisation actuelle de l'Etat belge). La palette supérieure concerne Bruxelles-Nord, l'inférieure l'Allée-Verte.

La région dangereuse couverte par ces signaux s'étend jusqu'à la rue Rogier. En ce point, 4 sémaphores commandent aux trains arrivant de la voie principale de l'Allée-Verte, de la remise ou du parc aux voitures.

Chacun de ces sémaphores aurait dû avoir autant d'indicateurs de direction que le faisceau comporte de voies; dans le but d'en diminuer le nombre, la région dangereuse a été coupée en deux à la rue Allard, où tout le faisceau est condensé en quatre groupes A, B, C, D. Les sémaphores de la rue Rogier n'ont donc que 4 disques indicateurs. 4 nouveaux sémaphores, placés à la rue Allard, sont munis de disques de direction correspondant aux voies sur lesquelles les groupes A, B, C, D donnent accès.

Telle est, à grands traits, la constitution d'un système de signalisation pour régions dangereuses, établi dans la gare de Bruxelles-Nord.

Nous avons laissé de côté les signaux de manœuvre, qui ne se rapportent pas à la grande circulation; mais il serait facile de compléter le système par leur adjonction.

GARES ALLEMANDES.

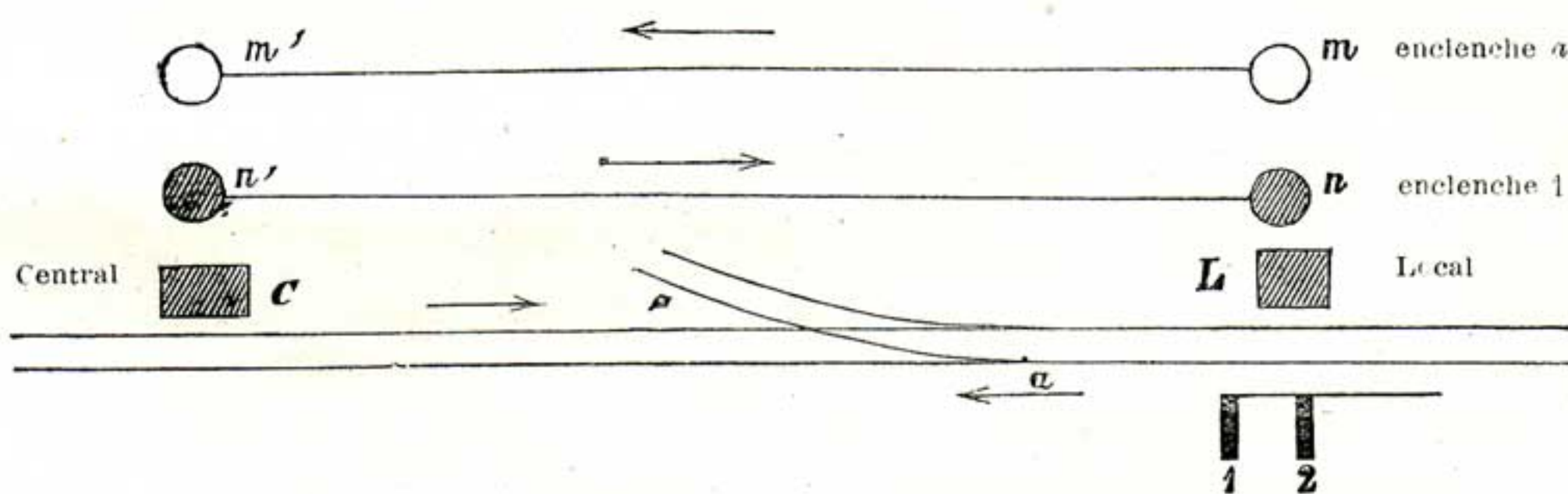
La signalisation des grandes gares de l'Allemagne diffère notablement de celle en usage dans l'occident de l'Europe. Construites dans de vastes proportions, bien que le trafic y soit modéré et particulièrement régulier, les stations allemandes ne sont pas parsemées de signaux de toute espèce,

destinés à couvrir les mouvements intérieurs et de sortie. En dehors des signaux d'entrée établis aux approches de la gare et à l'extrémité des quais, on n'y rencontre qu'une ou deux lignes de signaux d'étape, qui sont des indications de *Block* plutôt que des signaux locaux. Le principe des régions dangereuses y est appliqué dans toute sa rigueur sur un petit nombre de coupures; cette extrême concentration est rendue possible par les relations électriques d'enclenchement, de cabine à cabine, fort employées en Allemagne.

En règle générale, une grande gare comprend :

1° Un poste central (*central apparat*) placé, autant que possible, sous la gare couverte. Ce poste est confié à un agent qui tient à la fois du signa- liste, du chef de station et du télégraphiste. Assisté, s'il en est besoin, par des seconds, cet agent manœuvre des enclenchements électriques, des appareils d'annonce ou des télégraphes Morse, qui n'exigent aucun effort musculaire notable. Le *central apparat* est donc le centre où aboutissent toutes les indications et d'où partent les ordres nécessaires à l'exécution du service;

2° Des postes locaux d'où sont actionnés directement les signaux ou les changements de voie. La manœuvre de ces derniers est assurée non au moyen de connexions rigides, mais à l'aide d'un double fil d'acier et d'une roulette représentés pl. XII. Les différents leviers de manœuvre sont rangés l'un à côté de l'autre.



Les relations entre un poste local et le poste central sont figurées par le schéma ci-dessus. Dans la position normale, le signal 1, par exemple, est calé à l'arrêt et le changement *a* est libre. Pour ouvrir le signal 1, le stationnaire du poste L place l'aiguille *a* à gauche, l'enclenche électriquement avec l'appareil *m* et, du même coup, fait apparaître au poste central une indication optique demandant l'ouverture du signal 1. Si rien ne s'y oppose, le poste central déclenche le signal 1 au moyen de l'appareil *n'* et s'interdit en même temps de déclencher l'aiguille *a* avec *m'*. Quand le train est passé, le stationnaire L remet 1 à l'arrêt, l'enclenche avec *n* et, par le fait, libère

l'appareil *n'*. Ce poste central peut alors, au moyen de *m'*, déclencher l'aiguille *a* et permettre à *L* de la mouvoir à son gré.

En somme, donc, il n'appartient pas à un poste local d'ouvrir le signal qui couvre les appareils mobiles dont il a la garde : le poste central seul peut lui donner cette permission, après avoir reçu lui-même l'annonce que tout est disposé pour le passage du train.

Cette disposition présente l'avantage de réduire les signaux au strict nécessaire ; mais elle aurait pour effet d'entraver complètement les manœuvres si tous les changements de voies importants n'étaient pas munis d'indications de direction. Les signaux en relation avec le poste central ne commandent donc qu'aux trains réguliers et ne sont ouverts que pour le passage de ceux-ci.

Nous croyons qu'il serait difficile d'assurer au moyen de ce système le service des gares à trafic très tendu. Il suffit d'une heure passée dans une cabine de *London Bridge* ou même de Bruxelles-Nord pour se convaincre de l'impossibilité de demander le passage électriquement pour chaque ouverture de signal. C'est ce que reconnaîtront, sans doute, les exploitations allemandes quand leurs réseaux se seront compliqués et leurs installations devenues trop petites.

Terminons par une rapide esquisse des signaux de la *Schlesischer Bahnhof* (côté est), l'une des stations les plus importantes de Berlin (pl. XII).

Cette gare forme l'extrémité orientale de la *Stadtbahn* ; elle sert de tête de lignes aux trains métropolitains et les trains de grande ligne, venant de l'ouest, y terminent leur itinéraire.

Les trains vers l'est, dont le point de départ est à l'autre extrémité de Berlin, et les trains du circulaire (*Ringbahn*) la traversent dans toute sa longueur. Quatre voies principales donnent accès dans la gare de Silésie : les voies I et II, affectées à la circulation des trains de la ligne de Silésie et de la ligne de l'Est (*Ostbahn*), qui se réunissent un peu avant la station de *Stralau-Rummelsbourg*, à environ 3 kilomètres de la *Schlesischer Bahnhof*, et les voies III et IV, où circulent les trains de la *Ringbahn* (cerce N et cerce S) et auxquelles se relie la ligne de Görlitz. Ces quatre voies se dédoublent chacune en deux et forment un faisceau de huit voies à voyageurs, côtoyant quatre quais A, B, C, D, et se réunissant de nouveau à l'ouest en quatre voies, I et II, affectées à la grande ligne (*Fernverkehr*), et III et IV, réservées à la circulation métropolitaine (*Stadtverkehr*). Le faisceau d'arrivée est complété par la *voie des machines* (au nord de la gare), servant à la circulation des locomotives de la *Stadtbahn* vers la remise, et la *voie en rampe* (au sud de la gare), utilisée, entre les quais A et B, par les trains vides de l'ouest, ainsi que par certains trains d'ouvriers.

Signaux d'entrée. — L'ensemble des liaisons de raccord est couvert, du côté de l'est, par 3 sémaphores à une palette H, G et J.

Le signal H commande aux trains de l'est et de la Silésie et aux trains directs de Görlitz, arrivant, par la voie principale II, sur l'une des voies I et II du quai B.

Le signal G commande aux trains du circulaire et aux trains de banlieue de Görlitz, arrivant, par la voie IV, vers la voie II du perron D.

Le signal J commande aux trains vides vers l'ouest, se rendant de la remise aux voies I et II

du perron B par la voie de la rampe et aux trains d'ouvriers, venant de la gare de Rummelsbourg, vers la voie II du quai A. Ces trois sémaphores ne donnent pas d'indication de direction, ils sont complétés par des signaux d'entrée K, M, N, placés sur la face extérieure de la halle couverte au-dessus des voies D_{II}, B_{II} et B_I, auxquelles ils se rapportent.

A 1 kilomètre environ de la gare, au passage à niveau de la *Warschauer-Strasse*, se trouve la première station de la *Ringbahn*, couverte, de part et d'autre, par des signaux d'arrêt. Ces signaux sont en relation électrique avec ceux de la *Schlesischer Bahnhof* et ne peuvent être mis au passage que lorsque l'itinéraire des trains est préparé jusque dans cette dernière gare.

Signaux de sortie. — Les trains de grande ligne et les trains de banlieue vers l'est partent des voies A_I et A_{II}. Les trains de la *Ringbahn* partent de la voie C_I, par la voie principale III, vers la station de la *Warschauer-Strasse*. La sortie de ces voies est commandée respectivement par les palettes P, O, L, fixées à l'intérieur de la halle au-dessus des voies correspondantes. Les deux sémaphores P et O sont doublés d'un répétiteur fixé à la cabine OTM, dont le but principal est d'annoncer l'arrivée prochaine d'un train au personnel de manœuvre.

Les appareils et les signaux que nous venons de décrire sont manœuvrés des cabines OTM, NOB et SOB, reliées à la cabine centrale placée sous la gare par des appareils de *Block* et des télégraphes ordinaires. Cette cabine centrale est aussi en rapport avec les quais par téléphone. Du côté ouest, la signalisation de la *Schlesischer Bahnhof* est basée sur des principes analogues et ne présente rien de particulier.

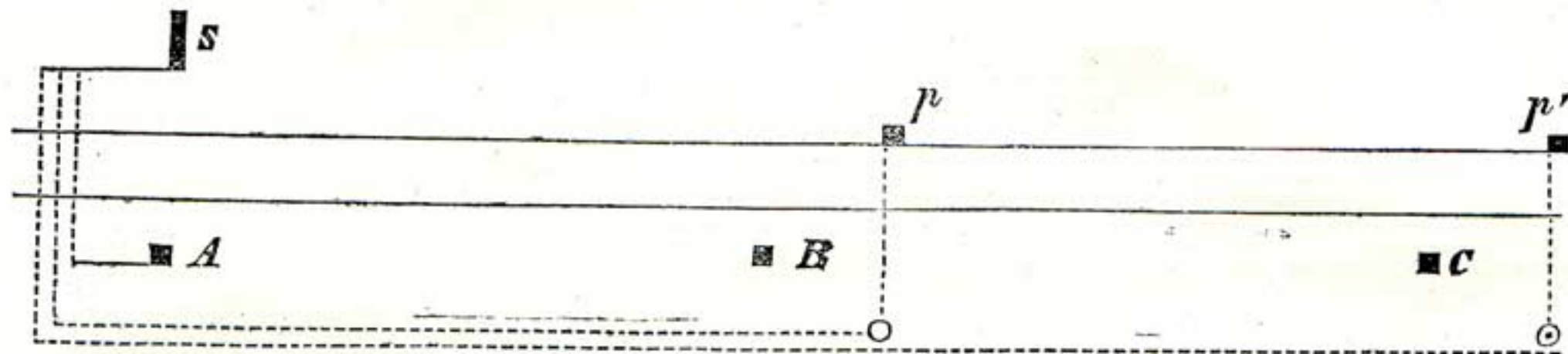
Cette installation nous paraît insuffisante pour assurer, à la fois, la sécurité et la rapidité du service. Comme on le voit, les sémaphores ne couvrent pas tous les points dangereux du réseau des liaisons de raccord.

Il est à remarquer toutefois que la tendance des ingénieurs allemands est d'étendre aux stations les principes adoptés par eux pour couvrir les bifurcations. Il est hors de doute que, dans peu de temps, la signalisation de leurs grandes gares ne différera de celle adoptée dans les pays à fort trafic que par des détails de peu d'importance.

Service de transit.

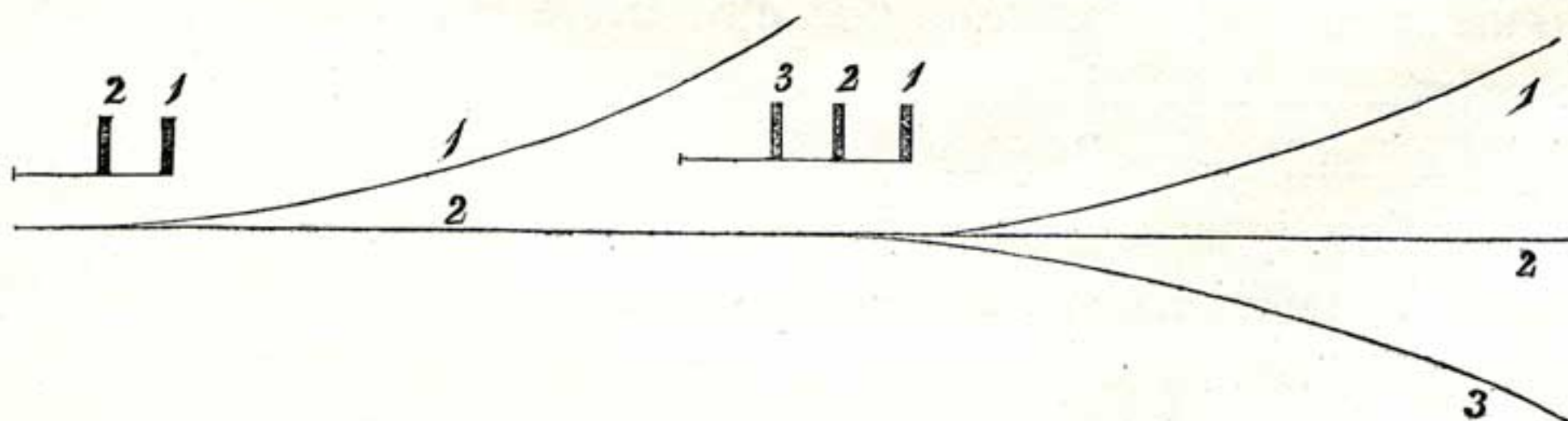
Jusqu'ici, il n'a été question que du service local; mais une gare très importante doit aussi être considérée au point de vue du transit, c'est-à-dire des trains qui la traversent sans arrêt. Dans ce cas, elle devient un point dangereux unique. Quand il n'y a qu'un seul poste de signaliste, la solution du problème ne présente aucune difficulté : il suffit d'établir, à l'entrée de la gare, un signal spécial qui ne peut être ouvert que si la voie principale est préparée pour le train en passage et si tous les signaux et aiguilles sont enclenchés dans la position convenable. S'il y a plusieurs postes, peu éloignés l'un de l'autre, on peut faire usage pour ce signal d'une transmission multiple. On peut également utiliser le *Block* local tel qu'il a été défini plus haut. Le poste de tête est alors constitué par le signal spécial et le poste local par une pédale établie à la sortie de la gare. Cette solution est évidemment la plus complète et la plus rationnelle.

Si les postes de signaux sont très éloignés, il faut avoir recours à une combinaison du *Block* et de l'*interlocking system*, ainsi que l'indique le schéma ci-dessous.



Le poste de tête A manœuvre le signal S et forme, en même temps, avec le poste B une section de *Block* dont la pédale est en *p* à l'extrémité de la région manœuvrée par B. Le même poste de tête A forme, avec C, une autre section de *Block*, juxtaposée à la première, dont la pédale est en *p'*. Pour ouvrir le signal S, A demande le passage à B et à C à la fois. Ceux-ci ne peuvent le lui donner qu'après avoir préparé l'itinéraire et enclenché dans la position voulue toutes les aiguilles et tous les signaux. Aussi longtemps que le train n'a pas franchi la pédale *p*, tout reste dans cet état; mais après le passage en B, la section AB est libérée. Quant à la section BC, elle reste bloquée jusqu'à ce que le train ait franchi la pédale *p'*. Cette combinaison a l'avantage, dans les gares très longues, de dégager les voies principales au fur et à mesure que le train les parcourt.

Cet exposé succinct montre ce que devrait être la signalisation des grandes gares au point de vue du transit; mais ce principe, si simple, n'a pas reçu d'application systématique et, dans la plupart des cas, un train qui traverse une grande gare est astreint à l'observation successive des signaux couvrant toutes les régions ou les points dangereux. Il en résulte pour le machiniste l'obligation de connaître parfaitement les gares, afin de savoir si la palette qui s'abaisse se rapporte à la voie principale qui le concerne. Ainsi, dans le cas du schéma ci-dessous et avec les conventions habituelles que nous avons rapportées, il devra observer la palette inférieure du premier séma-



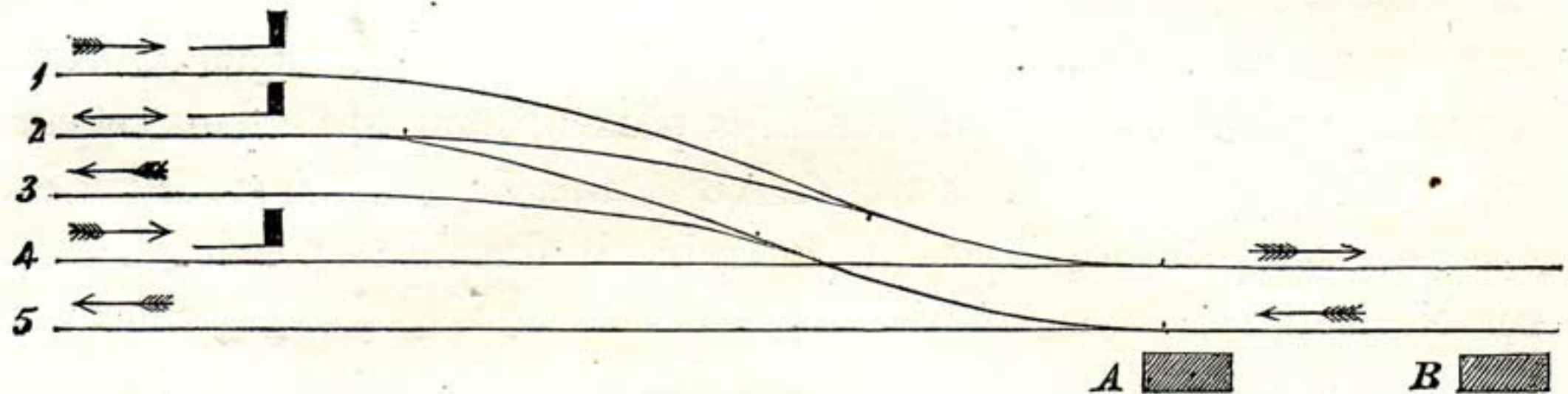
phore et la palette du milieu du second sémaphore; et il pourra fort bien arriver qu'il se trompe et pénètre sur un garage, croyant que la palette qu'il a vu s'abaisser se rapporte à la voie principale. A ce point de vue, le signal

en chandelier des lignes anglaises qui surélève la palette de la voie principale présente une supériorité marquée.

Service des manœuvres.

L'importance et la durée des manœuvres de gare exigent ordinairement des indications spéciales, soit parce qu'il n'existe pas de signaux sur le parcours des manœuvres, soit parce que les signaux sont sous le contrôle de plusieurs agents dont le concours n'est nécessaire que pour l'expédition des trains.

On fait usage, dans ce cas, de signaux de petite dimension, qui ne s'adressent pas aux machinistes des trains réguliers et ont, parfois, des relations d'enclenchement toutes différentes de celles des signaux principaux.



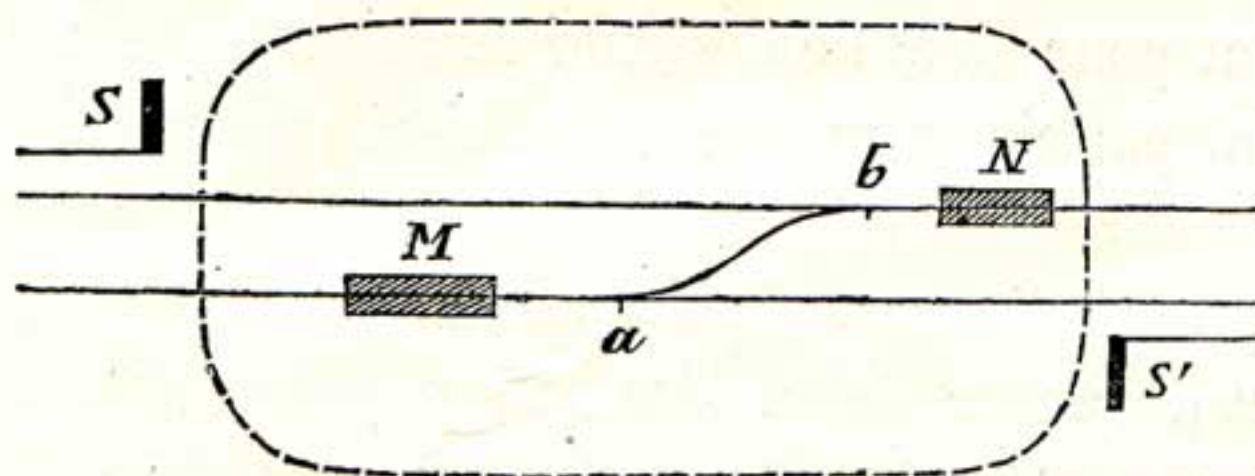
Soit, par exemple, une tête de faisceau à voyageurs composée de cinq voies reliées comme il est indiqué au croquis ci-dessus. Les voies 1, 2 et 4 étant seules affectées au départ des trains doivent, seules, être pourvues d'un signal de sortie. Cependant, les trains entrés sur les voies 3 et 5 doivent sortir pour être garés ou dirigés sur les voies de départ. Il est donc indispensable de munir les voies 3 et 5 de signaux de manœuvre. C'est à cette nécessité que répondent les palettes inférieures de sémaphores de sortie de *London Bridge*.

D'un autre côté, si un train doit être dirigé de la voie 1 sur la voie 2, par exemple, il faut lui ouvrir le signal de départ, ce qui peut exiger le concours, inutile dans l'espèce, de l'agent du poste B. Ici encore, il faudra disposer d'un signal manœuvré par le poste A.

Dans l'installation de Bruxelles-Nord, ces signaux sont de petites palettes très courtes fixées à la passerelle de la rue Allard. (Voir aussi le plan de *London Bridge*.)

Les signaux de manœuvre ne peuvent éliminer deux causes de danger résultant du mouvement de va-et-vient qui se produit à l'intérieur des régions dangereuses. Pour le faire voir, prenons le cas, très simple, figuré

par le schéma ci-dessous et supposons une machine ayant pénétré jus-



qu'en N à la faveur du signal S' et reculant jusqu'en M par la liaison *ab*; son mouvement rétrograde n'est couvert par aucun signal et rien ne lui indique la position des aiguilles *a* et *b*. En outre, le signal S' peut être ouvert indûment pendant qu'elle occupe le point M. Le premier de ces deux dangers peut être écarté par l'emploi d'indicateurs de position des aiguilles. Ces signaux, très répandus en Allemagne, en France et en Angleterre, sont assez peu apparents pour ne pas distraire l'attention du machiniste qui circule en vitesse, tout en pouvant être observés très utilement par les machinistes qui manœuvrent. Quant à la seconde cause de danger, rien n'a été tenté pour la faire disparaître. La grande habileté des chefs-manœuvres et l'attention soutenue des signalistes placés au-dessus des voies sont les seules garanties dont on se soit entouré jusqu'ici.

La matière fort complexe que nous venons de traiter n'ayant jamais été étudiée d'une manière systématique, notre exposé contiendra évidemment des lacunes et des imperfections : nous pensons pourtant avoir su dégager des applications déjà faites quelques principes généraux qui, développés et judicieusement appliqués, permettront de résoudre tous les cas de la pratique. Notre but n'ayant été que de rechercher des règles générales, nous n'avons pas cru utile d'étudier plus avant quelques solutions particulières appelées à rendre des services dans des cas spéciaux.

III

SIGNAUX DU TRAIN A LA VOIE.

Les trains en marche sont utilisés pour donner au personnel de la route certaines indications se rapportant soit à leur allure propre, soit à celle d'autres trains, soit encore à l'état de la voie. Les prescriptions qui régissent ces signaux varient dans leurs détails et font l'objet d'un règlement spécial à chaque compagnie. Mais, dans leurs traits généraux, elles contiennent des analogies que nous allons résumer brièvement.

1° Signaux relatifs à la marche propre du train.

Ces signaux ont pour objet de désigner aux agents de la route la tête et la queue du train, parfois la nature de celui-ci et aussi la direction qu'il suit.

Ils se composent de disques, de drapeaux et de lanternes diversement colorés, du sifflet à vapeur de la locomotive et, quelquefois, d'une cloche de forte dimension montée sur le tender ou sur la machine.

DÉSIGNATION DE LA TÊTE DU TRAIN. — Pendant le jour et par un temps clair, aucune indication n'est nécessaire. Mais la nuit et en temps de brouillard, les trains doivent être signalés et rendus visibles du plus loin possible. Ce résultat est obtenu par de puissantes lanternes, à réflecteur parabolique, projetant à distance un faisceau lumineux. Ces lanternes, au nombre d'une, deux ou trois, sont ordinairement à feu blanc; mais cette règle n'est pas sans exception et, sur certains réseaux anglais, la couleur du disque d'avant varie avec les sections.

Sur le chemin de fer de l'*Etat belge*, les locomotives portent un seul feu blanc, placé à la base de la cheminée.

Sur le réseau de l'*Alsace-Lorraine*, l'avant du train est indiqué par deux feux blancs placés au-dessus des buttoirs, aux deux côtés de la traverse de tête.

Sur les lignes *françaises*, les machines portent un ou deux feux blancs. Quelquefois, — c'est le cas de l'Ouest, par exemple, — le nombre et la disposition de ces feux varient avec les sections (1).

Sur le *South-Eastern Railway*, les locomotives portent, en général, un ou deux feux blancs, dont la disposition relative varie selon la section parcourue. Exemples : *Londres à Redhill* : l'une des lanternes est à la base de la cheminée, l'autre à droite de la traverse de tête; trains du *North-Kent* : les deux lumières blanches sont aux deux extrémités de la traverse de tête, au-dessus des buttoirs; trains du *Mid-Kent* : deux disques verts sont placés au-dessus des buttoirs; trains de *Greenwich* : un seul feu bleu. Les locomotives du *Mid-Kent* portent également une indication de jour, se composant d'un disque blanc avec un bord noir (2).

DÉSIGNATION DE L'ARRIÈRE DU TRAIN. — Pendant la nuit ou en temps de brouillard, l'arrière des trains est signalé par deux ou trois feux rouges, destinés, en outre, à donner certaines indications spéciales dont nous parlerons ultérieurement.

Sur les lignes de l'*Etat belge*, la dernière voiture porte, au milieu de la traverse de tête, un feu rouge et, à droite de l'impériale, une lanterne à deux feux, rouge à l'arrière et vert à l'avant. Le feu vert permet aux agents placés à l'avant du train de s'assurer constamment qu'il ne s'est pas produit de scindage dans celui-ci.

Sur le réseau de l'*Alsace-Lorraine*, il y a deux lanternes d'impériale, soit trois feux rouges, à l'arrière de tout train régulier.

(1) BRAME et AGUILLON, *Loc. cit.*, page 20.

(2) *South-Eastern Railway. Rules and Regulations*, page 54.

Sur les lignes *françaises*, on emploie également deux lanternes d'impériale; mais elles projettent à l'avant un feu blanc.

Sur le *South-Eastern Railway*, la traverse de tête de la dernière voiture porte deux lanternes à feu rouge.

A part des différences de détail sur lesquelles il serait sans intérêt de s'appesantir, l'arrière des trains est donc signalé d'une manière analogue sur la plupart des réseaux. Pendant le jour, on se dispense souvent de munir la voiture d'arrière d'aucune indication spéciale. Mais le Nord français, l'Etat belge et la plupart des compagnies allemandes ont adopté l'usage d'un disque de tôle peint en rouge, fixé à la traverse de la dernière voiture. Ce signal permet aux agents de la voie de constater, au passage des trains, s'il ne s'est produit aucun scindage en cours de route. Il est donc particulièrement utile pour les trains de marchandises, plus longs et plus exposés à ce genre d'accident que les trains de voyageurs.

DIRECTION DU TRAIN. — Les signaux portés par la locomotive peuvent varier avec la direction du train ou la section sur laquelle il chemine.

Sur les lignes du *Nord français*, les trains arrivant à la gare d'Amiens par le côté sud-est portent :

Direction de Creil : un seul disque blanc à la base de la cheminée;

Direction d'Arras : un disque blanc à la base de la cheminée et une petite lanterne carrée à gauche de la traverse de tête;

Direction de Tergnier : un disque blanc à gauche de la traverse et une lanterne carrée à droite de celle-ci.

Ces indications ont pour but de faciliter le service des aiguilleurs.

Des dispositions analogues existent sur le *South-Eastern*, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

En Angleterre, les trains quittant les stations importantes portent souvent, sur l'avant de la locomotive, de petits indicateurs qui désignent au signaliste du poste de sortie la direction qu'il faut leur donner. Cette pratique a le grand avantage de supprimer ou, tout au moins, de réduire notablement le nombre de coups de sifflet, qui rendent si désagréable la fréquentation ou le voisinage des stations à grand trafic.

Quand les locomotives ne sont pas pourvues d'indicateurs, la direction est demandée au moyen d'un nombre déterminé de coups du sifflet à vapeur.

Voici, par exemple, la règle suivie sur les lignes de l'Etat belge :

La direction de droite correspond à deux coups, celle de gauche à trois coups et, éventuellement, celle du milieu à un coup. S'il y a plus de trois directions, le nombre de coups est réglé dans chaque cas particulier. Il semblerait plus rationnel de donner *un* coup pour la voie de gauche, *deux* coups pour la voie suivante, et ainsi de suite; mais cette convention, plus simple et plus en rapport avec la position des signaux, n'a pas prévalu.

2° Signaux relatifs à la marche d'autres trains.

Les trains doivent également pouvoir transmettre le long de leur trajet certaines indications se rapportant à la marche d'autres trains.

Voici les plus usitées, choisies à titre d'exemple dans les règlements de différentes exploitations :

UN TRAIN EXTRAORDINAIRE SUIT LE TRAIN QUI PORTE LE SIGNAL.

Etat belge. Un drapeau rouge déployé sur l'impériale de la dernière voiture.

Alsace-Lorraine. Pendant le jour, un disque d'impériale vert placé de chaque côté de la dernière voiture. Pendant la nuit, une lanterne d'impériale rouge, à droite, et une lanterne d'impériale verte, à gauche.

France. Le drapeau vert, de jour, et la lanterne verte, de nuit, servent à l'annonce des trains extraordinaires. Le nombre et la disposition des lanternes varient avec les compagnies et aussi avec certaines qualifications conventionnelles des trains, qui sont divisés en extraordinaires, supplémentaires, facultatifs, etc. Ces qualifications, purement locales, sont sans intérêt pour le but qui nous occupe (1).

LE TRAIN OU LA MACHINE QUI PORTE LE SIGNAL VA REVENIR PROCHAINEMENT.

Etat belge. Un drapeau blanc, le jour, et un feu blanc, la nuit, placé sur le côté droit de la machine ou du tender.

UN TRAIN SPÉCIAL ARRIVE DANS UNE DIRECTION OPPOSÉE A CELLE DU TRAIN QUI PORTE LE SIGNAL.

Alsace-Lorraine. — La nuit, un feu vert à la base de la cheminée et deux feux blancs sur la traverse d'avant. Le jour, un disque de tôle peint en vert à la base de la cheminée.

3° Signaux relatifs à l'état de la route.

Enfin, on utilise les signaux des trains pour donner au personnel de la route certaines indications spéciales ou pour lui faire connaître les incidents qui exigent un examen immédiat.

LES FILS TÉLÉGRAPHIQUES DOIVENT ÊTRE EXAMINÉS.

Alsace-Lorraine. Un disque blanc à la base de la cheminée pendant le jour. La nuit, le garde-frein agite vivement sa lanterne de manière à être aperçu par le garde-ligne.

MARCHE A CONTRE-VOIE.

Etat belge. Pendant le jour, drapeau rouge. Pendant la nuit, falot allumé sur la droite du tender.

DERNIER TRAIN DE LA JOURNÉE SUR LES LIGNES OU N'EST PAS ORGANISÉ LE SERVICE DE NUIT.

Etat belge. La lanterne d'impériale présente son feu vert à l'arrière.

DÉRANGEMENT DE LA VOIE OPPOSÉE A CELLE SUR LAQUELLE CIRCULE LE TRAIN.

Deux coups de sifflet, brefs et précipités, répétés à des intervalles de deux secondes environ jusqu'à ce que le machiniste ait acquis la certitude qu'il a été entendu.

(1) BRAME et AGUILLON, *Loc. cit.*, page 20.

IV

SIGNAUX DU TRAIN AU TRAIN.

Ces signaux sont échangés, pour les besoins du service, entre les agents du train ou sont adressés à ceux-ci par les voyageurs en cas d'accidents, d'attentats, etc.

Le moyen le plus simple, pour le machiniste, d'attirer l'attention des gardes et des serre-freins est l'emploi du sifflet à vapeur. Aussi, dans toutes les exploitations, celui-ci sert-il à commander le serrage des freins, à donner l'alarme en cas de danger, à annoncer les arrêts réguliers, le passage aux stations, etc.

Sur les lignes de l'*Etat belge*, le départ d'un train est annoncé par un coup de sifflet bref ; ce signal correspond à l'ordre de desserrer les freins.

Un *coup allongé* indique le passage aux stations où le train ne fait pas arrêt.

Un *coup bref suivi d'un coup allongé* marque un arrêt régulier à l'approche d'une station.

Plusieurs *coups brefs vivement répétés* indiquent l'alarme et se donnent pour serrer immédiatement tous les freins.

Mais ces signaux conventionnels, qui ne peuvent émaner que du machiniste et ne se rapportent qu'à certains cas prévus à l'avance, ne sont pas suffisants et l'utilité d'une communication plus efficace n'a jamais été mise en doute. Si le chef de convoi occupe le fourgon qui suit immédiatement le tender, il suffit de placer à sa portée l'extrémité d'une corde reliée au sifflet à vapeur pour lui permettre d'attirer l'attention du machiniste, avec lequel il peut tout au moins s'expliquer par signes, si le bruit de la marche l'empêche de communiquer par la voix. Pour donner une facilité analogue aux autres agents, on peut prolonger la corde jusqu'à l'arrière du train, en la faisant passer dans des crochets spéciaux fixés à l'imériale des voitures. La *corde-signal* ainsi disposée permet au personnel d'attirer l'attention du machiniste par un coup de sifflet et peut même être utilisée par les voyageurs, si on a soin de la placer à leur portée. Cette solution, la plus simple de toutes, est assez facile à réaliser dans les trains de voyageurs ; elle est d'un usage courant sur un grand nombre de lignes, notamment en Allemagne. Mais, pour les trains de marchandises, composés en partie de wagons ouverts et soumis, en cours de route, à de fréquents changements de composition, le procédé est beaucoup moins pratique et peu employé ; la question est d'ailleurs moins importante dans ce cas.

La possibilité d'une communication plus rapide et plus certaine que la corde-signal, entre le machiniste et les voyageurs, préoccupe vivement

l'opinion depuis quelques années, et, sous la pression des circonstances, les compagnies ont étudié et plusieurs d'entr'elles ont appliqué des solutions dont nous parlerons plus loin ; pour le moment, elles ne doivent nous occuper qu'au point de vue du principe.

La question, en effet, est fort discutée et de bons esprits contestent la nécessité d'un moyen permanent de communication entre les voyageurs et le personnel du train ; mais l'opinion du public réclame si impérieusement cette garantie de sécurité, que la plupart des gouvernements ont été amenés à l'imposer aux compagnies, sous l'une ou l'autre forme.

En *Angleterre*, le *Board of trade* oblige les administrations à munir d'un moyen d'appel efficace les voitures entrant dans la composition des trains qui effectuent, sans arrêt, un parcours de 16 milles.

En *France*, une circulaire du 15 septembre 1880 enjoint aux compagnies de prendre les mesures nécessaires pour que, avant le 1^{er} mai 1881, les voyageurs occupant des voitures à cloisons séparatives complètes soient mis en mesure de faire appel aux agents, dans les trains comportant des parcours de 25 kilomètres et plus sans arrêt.

En *Allemagne*, il existe des prescriptions analogues et, en *Belgique*, l'Etat, bien que n'imposant aucune obligation aux compagnies, leur donne un bon exemple en entrant, pour ses propres lignes, dans la voie d'applications sérieuses d'un système d'intercommunication dans les trains.

Les objections soulevées contre le principe de l'application d'un moyen d'appel sont toutes du domaine administratif. On fait valoir que l'appareil, n'étant appelé à servir qu'exceptionnellement, est exposé à rater en cas de nécessité réelle ; que la rapidité avec laquelle se produisent la plupart des accidents ne laisse que rarement au voyageur le temps de signaler les symptômes inquiétants qu'il pourrait constater et, qu'en cas d'attentat, le premier soin du criminel sera de mettre sa victime dans l'impossibilité de faire usage de l'appel. On ajoute qu'une disposition de l'espèce est de nature à créer des abus nombreux et enfin que le mince et douteux avantage que l'on poursuit sera acheté au prix d'une dépense fort élevée.

Ces objections ont une valeur réelle ; mais cependant un seul accident sérieux évité ou seulement atténué suffirait pour dédommager la compagnie des dépenses faites ; en outre, il est difficilement contestable que l'existence d'un moyen d'appel, surtout s'il était complété par un système d'arrêt rapide et efficace, aurait une grande portée morale et inspirerait une heureuse circonspection aux gens animés de mauvaises intentions.

Et, en fait, n'y a-t-il pas quelque chose de barbare à cadenasser un voyageur dans un compartiment isolé et à l'abandonner, parfois pendant

deux heures, sans qu'il lui soit possible d'appeler au secours s'il devient malade, s'il est victime d'une agression inattendue ou s'il constate un commencement d'incendie ou une circonstance quelconque susceptible de devenir l'origine d'un accident? Le bon sens du public lui dit que la possibilité d'appeler à l'aide est pour lui une garantie sérieuse et sa conviction est si forte qu'elle triomphe des objections que la routine administrative et l'intérêt mal entendu des compagnies lui opposent.

Aujourd'hui la chose est faite, et le simple appel se transforme, dans certains cas, en moyen d'arrêt. C'est ainsi que nous verrons l'avertisseur Westinghouse, ingénieux complément du frein du même inventeur, devenir un moyen, mis à la disposition du voyageur, de serrer le frein et d'arrêter le train.

Qu'il puisse en résulter certains abus, faciles à réprimer d'ailleurs par une réglementation sévère, nous n'y contredisons point; mais ces abus seront certainement isolés et largement compensés par la sécurité obtenue. Nous ne sommes pas d'avis, au surplus, qu'il faille à ce point traiter le public en enfant, et quand il sera en possession de moyens de sécurité efficaces, confiés à sa garde, il apprendra vite à ne s'en servir que judicieusement. Les faits sont là d'ailleurs, et partout les compagnies, poussées par un puissant courant d'opinion, ont été obligées d'entrer dans la voie d'essais en grand, qui ne sont que les précurseurs d'une application générale.

V

SIGNALS POUR LE PUBLIC.

Les indications à donner au public ont trait soit à sa propre sécurité, soit aux facilités qui lui sont offertes pour se diriger dans les gares et découvrir le train qu'il doit prendre.

Les signaux de sécurité se rencontrent aux passages à niveau et aux gares intermédiaires. Ce sont généralement des écriteaux où sont inscrites des recommandations spéciales. Presque partout, on trouve, aux abords des barrières et surtout des barrières non gardées, un *poteau de défense* rappelant les peines comminées par les règlements de police contre les personnes qui suivent le railway sans y être autorisées. Là où il existe des sonneries de route, elles annoncent l'arrivée prochaine du train et avertissent les passants; dans une mesure assez restreinte d'ailleurs.

L'indication de la destination de chaque train dans les gares est fort importante, tant pour le public que pour l'exploitant; il ne faut donc pas

reculer devant une certaine dépense pour l'assurer. Sous ce rapport, les grandes gares françaises sont bien outillées. A la gare du Nord, à Paris, notamment, l'entrée de chaque trottoir porte un indicateur, transparent pour le soir, marquant l'heure de départ du prochain train et les principales stations qu'il dessert. Ces indications sont résumées sur le train lui-même.

Dans les stations du Métropolitain de Berlin (*Stadtbahn*), la direction des trains est indiquée par une sorte de sémaphore à plusieurs palettes. Ces palettes sont pendantes le long du mât et dissimulées derrière un écran fixe. Une tringle à poignée permet de les relever horizontalement et de rendre visible la palette portant, sur les deux faces, l'inscription relative au plus prochain départ. En outre, chaque locomotive est munie à l'avant d'un grand écriteau où est inscrite la destination en caractères très apparents.

A la station de Bruxelles-Nord, ces indications sont données par un grand tableau, lumineux le soir, placé à la sortie des salles d'attente. Ce tableau est clair et on ne peut lui reprocher que son aspect lourd et disgracieux, ainsi que sa manœuvre difficile. Les indications sont également répétées à proximité du trottoir d'embarquement.

Dans les stations intermédiaires, la destination des trains est annoncée de vive voix dans les salles d'attente et au moyen d'écriteaux mobiles accrochés aux voitures.

Sur le Métropolitain de Londres, chaque train porte à l'avant trois feux de couleur différente, qui se prêtent à des combinaisons multiples affectées chacune à une direction déterminée. Un petit livret contenant toutes ces indications est vendu au public, qui apprend rapidement l'affectation des feux et l'applique à son usage. Mais ce procédé d'annonce, utilisable seulement pour un petit nombre de directions, n'est à la portée que d'un public spécial habitué à ces lignes.

Rappelons, en terminant, la cloche en usage sur toutes les lignes allemandes :

Un coup signifie que le départ est proche.

Deux coups marquent qu'il est temps de monter en voiture.

Trois coups est le signal du départ.

Dans les gares à trafic actif et où circulent beaucoup de trains, ces moyens acoustiques finissent par donner lieu à une certaine confusion.

DES SIGNAUX CONSIDÉRÉS COMME APPAREILS

I

SIGNAUX ORDINAIRES.

Nous désignons sous ce nom les signaux qui, sans avoir d'affectation particulière, servent, d'une manière générale, à couvrir les points dangereux. Nous les diviserons en deux groupes, selon qu'ils sont amovibles ou fixes.

A. — SIGNAUX AMOVIBLES.

Les signaux amovibles sont destinés à garantir les points rendus dangereux par une circonstance exceptionnelle. Pendant le jour, ils se composent de drapeaux et quelquefois de voyants à mains ; pendant la nuit, de lanternes à verres colorés et, dans certains cas, de signaux pyrotechniques. Ces indications optiques sont complétées, dans tous les systèmes, par des signaux acoustiques, cornets, pétards, sifflets, cloches, etc.

DRAPEAUX. — Les agents de la route et ceux des trains sont toujours munis d'un drapeau rouge et d'un drapeau vert ou blanc en mérinos léger, enroulés autour de leur hampe et enfermés ensemble dans un étui en cuir.

VOYANTS A MAIN. — Dans certaines exploitations allemandes, les drapeaux sont remplacés par de petits voyants à main portés au bout d'un bâton. Ces voyants, trop encombrants pour être transportés par les agents qui circulent le long de la route, ne sont employés que dans les stations.

LANTERNES. — Les lanternes portatives doivent donner deux et quelquefois trois feux différents : rouge, vert et blanc. Leur forme la plus simple est la lanterne carrée à plusieurs feux simultanés, dont une paroi seulement, celle qui porte la poignée, est pleine : les trois autres sont formées de vitres colorées qui permettent d'envoyer un feu rouge, vert ou blanc, selon le sens dans lequel on tient l'appareil. Ce type de lanterne est peu coûteux et facile à manier ; mais il prête à la confusion, si le signal peut être vu de différents côtés. On lui préfère presque toujours les lanternes à un seul feu, qui se rapportent à deux types assez distincts.

Dans le premier, les verres de couleur se rabattent devant la vitre blanche

par un mouvement de charnière; la lanterne du P.-L.-M., représentée pl. V, fig. 1 et 2, en montre un exemple : trois des parois sont pleines, la quatrième, opposée à la poignée, est garnie d'un verre blanc. Les deux verres de couleur maintenus par des ressorts α et α' sur les faces latérales, peuvent être ramenés devant la vitre blanche et maintenus par un ressort β .

Dans le deuxième type, la flamme se trouve dans un cylindre ouvert d'un côté. Un second cylindre concentrique ou un prisme tournant porte les trois verres, que l'on peut, à volonté, présenter devant l'échancrure du cylindre fixe. La lanterne N du Lyon et celle de l'État belge en montrent deux exemples (pl. V, fig. 3, 4, 5 et 6). La lanterne de l'Ouest français est de construction analogue (pl. V, fig. 7 et 8) (1).

SIGNAUX PYROTECHNIQUES. — Les signaux pyrotechniques, jusqu'ici d'un usage très restreint, ont été repris depuis quelque temps par la Compagnie du Nord français (2). Ces signaux, dits *fusées Lamare*, sont de petites torches donnant pendant cinq minutes un feu rouge ou un feu vert. Quand un train est obligé de ralentir sa marche, le machiniste laisse tomber une fusée de distance en distance, afin d'avertir le train suivant qu'il est précédé à moins de cinq minutes par un train à marche ralentie. Ces fusées étant jetées dans l'entrevoie, il faut, pour distinguer si elles se rapportent aux trains pairs ou impairs, faire usage de deux couleurs différentes.

SIGNAUX ACOUSTIQUES. — *Sifflet à main.* — Le sifflet à main ne sert qu'à donner le signal de départ au machiniste. Dans certains cas, il est utilisé pour commander les manœuvres, mais c'est une exception assez rare.

Cornets. — Employés comme signaux d'annonce des trains, les cornets sont en zinc, en cuivre ou en corne : ils sont munis d'une embouchure à anche et donnent le son nasillard connu de tout le monde.

Pétards. — Les pétards sont de petites boîtes en fer-blanc contenant une matière fulminante et portant deux pattes qui servent à les fixer sur le bourrelet du rail.

Les pétards, devant parfois rester longtemps exposés à l'humidité, à la pluie ou à la neige, doivent être absolument étanches et soudés avec le plus grand soin. Les compagnies les soumettent ordinairement à un essai consistant à les faire éclater après un séjour plus ou moins prolongé dans l'eau.

Cloche à main. — Elle sert, sur certains chemins de fer, et notamment en France, à donner le signal de départ des trains.

(1) BRAME et AGUILLON, *Etude sur les signaux des chemins de fer français*, page 8.

(2) BRAME et AGUILLON, *Loc. cit.*, page 14.

B. — SIGNALS FIXES.

Les *signaux acoustiques* à connexion mécanique sont d'un emploi assez rare. Ce sont toujours des timbres ou des sonnettes actionnées à distance, au moyen d'un fil. Aux abords des passages à niveau, qui ne sont pas visibles de loin, on place quelquefois une sonnette de l'espèce. Les cabines de signaux d'une même station sont souvent reliées par des timbres permettant l'échange de certains signaux conventionnels.

Les *signaux optiques* se composent essentiellement d'un voyant mobile, dont la forme, la couleur et la position indiquent si la voie est libre ou occupée. Ils se manœuvrent sur place et à distance sans que le signal proprement dit présente de différence notable. Nous étudierons donc successivement :

Le *signal* ;

L'*appareil de manœuvre* avec ou sans connexion.

Les dispositions employées sont, pour la plupart, connues des ingénieurs et décrites dans tous les ouvrages spéciaux, ce qui nous permettra d'en réduire la description au strict nécessaire. En ce qui concerne les appareils de signaux employés sur les chemins de fer français, le lecteur consultera utilement l'excellent ouvrage de MM. Brame et Aguillon, auquel nous ferons de nombreux emprunts.

§ 1^{er}. — SIGNAL PROPREMENT DIT.

L'ensemble du signal comprend : un *mât* surmonté d'un *voyant* pour le jour et d'une *lanterne* à feux colorés pour la nuit.

MAT. — La *hauteur* du mât dépend des circonstances locales. Elle varie ordinairement entre 5^m50 et 8 mètres, mais peut atteindre 15 et même 16 mètres dans des cas spéciaux, notamment s'il faut dominer un obstacle ou soustraire le voyant à l'action d'un fond qui empêcherait de le voir distinctement.

Les mâts sont en *bois* ou en *métal*. Comme exemple d'emploi du premier de ces matériaux, citons le signal à distance de l'État belge, formé d'une poutre de 18 centimètres d'équarrissage et de 4 mètres de long fondée sur un croisillon en bois et maintenu par quatre poussards, embrevés et boulonnés sur le mât (pl. V, fig. 9 et 10). Mentionnons encore les mâts sémaphoriques du type Saxby, généralement usités sur le réseau de l'État belge et sur beaucoup de lignes anglaises.

Le choix à faire entre le bois et le métal dépend, en grande partie, du

prix relatif de ces deux matériaux ; mais on ne peut méconnaître qu'il se produit un mouvement marqué en faveur du fer. Les constructeurs anglais Saxby et Farmer emploient presque exclusivement le bois, bien que les mâts qui sortent de leurs ateliers soient souvent de grande dimension et exigent des pièces de fort équarrissage. Ces constructeurs estiment que le métal, plus coûteux de premier établissement, n'a pas une durée notablement plus grande, qu'il est plus difficile à réparer et moins facile à utiliser en cas de mise hors d'usage. Ils pensent, en outre, que les mâts en fer, étant presque toujours à treillis, sont moins nettement visibles de loin que les mâts pleins en bois ; par contre, à raison de leur construction même, ils offrent moins de prise à l'action du vent. Il va de soi que ces observations perdent toute leur valeur dans les climats où les matières ligneuses sont sujettes à une rapide détérioration. Quoi qu'il en soit, les mâts métalliques en fonte ou en fer sont aujourd'hui très répandus.

Citons-en quelques exemples :

Le *P.-L.-M.* emploie un mât formé d'une colonne creuse en fonte terminée à sa partie supérieure par un petit chapiteau et assise sur un soubassement à jour qui contient la poulie de renvoi du fil de manœuvre. L'arbre du voyant est logé dans le creux de la colonne (pl. V, fig. 15 et 14).

Le mât du *Nord français* est formé d'une légère pyramide en fer dont l'axe est occupé par l'arbre du voyant. Les fig. 15 et 16 de la pl. V en donnent une idée suffisante.

Le signal de l'*État belge* a un mât formé de quatre fers cornières réunis de distance en distance par de petites plaques rivées. Le tout est fondé sur une cloche en fonte (pl. XVI, fig. 12).

L'*Ouest français* applique un système de fondation analogue.

Le *Grand-Central belge* a adopté, comme dernier type, un mât d'une construction légère et élégante. Il est formé de trois fers cornières rivés à leur partie supérieure et s'écartant pour offrir une base suffisante ; il est représenté pl. VI, fig. 16 et 17.

Les mâts élevés — et c'est le cas de ceux qui supportent des signaux sémaphoriques — sont ordinairement en treillis de constructions diverses : le plus souvent, un prisme à base carrée dont les quatre angles sont des fers cornières et les faces des croisillons en fers méplats. Les figures de la pl. VI en donnent différents exemples.

VOYANT. — Nous avons déjà dit que les voyants se rapportent à deux types distincts : les palettes sémaphoriques et les voyants proprement dits.

Les *palettes sémaphoriques* ont la forme d'un ovale très allongé ou d'un rectangle dont l'extrémité s'épanouit, dans certains cas, en cercle (voyant

de Lartigue, pl. VI, fig. 11) ou en carré (voyant du chemin de fer Rhénan, pl. VI, fig. 3).

Elles sont en bois ou en fer et peintes en rouge du côté où elles commandent l'arrêt. Les palettes métalliques sont ordinairement à jour, afin d'être plus légères et d'offrir moins de prise à l'action du vent. Elles sont construites soit en tôle perforée, soit en cornières réunies par un treillis de fers méplats. (Voir les figures de la pl. VI.)

La palette est mobile autour d'un axe perpendiculaire à son plan fixé à la partie supérieure du mât. Elle peut se relever vers le haut ou s'incliner vers le bas à 45° ou même s'effacer complètement le long du mât. Dans le premier cas (type allemand), le poids même de la palette tend à la ramener à l'horizontale, c'est-à-dire à l'arrêt. Dans les deux autres (type anglais), la palette est équilibrée par un contrepoids séparé (Saxby, pl. V, fig. 11 et 12) ou faisant corps avec elle (Grand-Central, pl. VII, fig. 26 et 27).

Les *voyants ronds, carrés ou rectangulaires* sont mobiles autour d'un axe presque toujours vertical. Ils présentent leur face rouge aux trains arrivants ou dans la direction de la campagne, selon que la voie est fermée ou ouverte. On a construit cependant des voyants qui s'effacent en se plaçant horizontalement. En ligne droite, les deux dispositions sont équivalentes au point de vue de la netteté des indications; mais, en courbe, la seconde nous paraît présenter une certaine supériorité. En effet, lorsque le voyant vertical est aperçu de côté, il peut y avoir doute sur sa position réelle, tandis que le voyant horizontal est également effacé pour tous les points d'où il peut être vu. Mais il peut se couvrir d'une couche de neige qui en dissimule la couleur. C'est pourquoi son emploi n'a pas prévalu.

Le *voyant*, en tôle, est fixé à la partie supérieure d'un arbre vertical qui peut faire un quart de tour sur lui-même : deux taquets en limitent les deux positions extrêmes (voir signal du P.-L.-M., du Nord, de l'Etat belge, du Grand-Central, pl. V). Le voyant est fixé sur l'arbre au moyen de rivets ou mieux de boulons.

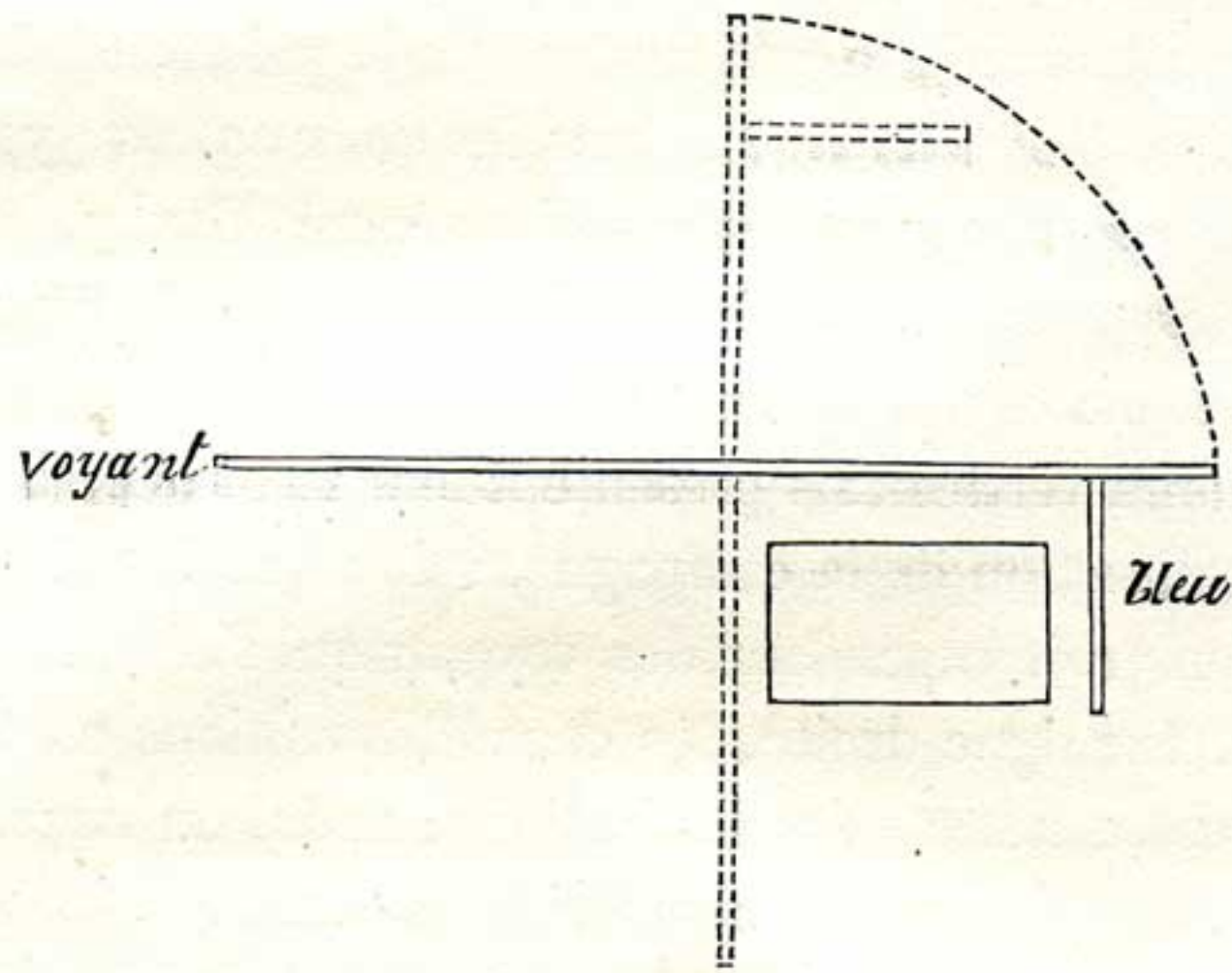
En Amérique, on rencontre des signaux dont le voyant est double, c'est-à-dire formé de deux tôles à angle droit. Selon leur position, ces voyants donnent donc deux indications positives bien différentes : les fig. 17, 18, 21 et 22 de la pl. V en sont des exemples; les fig. 19 et 20 représentent un signal analogue, mais à voyant simple.

LANTERNE. — La lanterne est mobile ou fixe.

Dans le premier cas, elle est portée par l'arbre même du voyant et tourne avec lui. Elle est à deux feux, l'un rouge et l'autre blanc, produits par une seule lampe à double réflecteur parabolique. La flamme occupe le foyer com-

mun des deux paraboloides. Quand le signal est à l'arrêt, le feu rouge est dirigé vers les trains arrivants et le feu blanc, visible du poste de manœuvre, indique au signaleur que la lanterne n'est pas éteinte. Dans le même but, une petite ouverture latérale, munie d'une lentille, envoie au poste de manœuvre un faisceau lumineux quand le signal est effacé, c'est-à-dire quand les feux blanc et rouge sont tous deux dirigés vers la campagne.

Lorsque la *lanterne est fixe*, elle est toujours à deux feux blancs dirigés l'un vers les trains arrivants, l'autre vers le poste de manœuvre. Une vitre rouge fixée au voyant colore le feu d'avant quand le signal est à l'arrêt.



Le feu d'arrière change de couleur quand le signal s'ouvre, un petit écran, mobile avec le voyant, venant se placer devant lui. Cette addition permet au signaleur de s'assurer du fonctionnement régulier du signal.

La lampe est généralement alimentée au pétrole. Le bas prix de ce combustible l'a fait substituer presque partout à l'huile de colza. Dans quelques cas spéciaux, pour des signaux placés à proximité des gares, on utilise le gaz et il n'est pas douteux que la lumière électrique ne soit appelée, dans un avenir plus ou moins prochain, à jouer un rôle important dans l'éclairage des signaux.

La mise en place de la lanterne s'effectue au moyen d'échelons fixés au mât ou mieux d'une petite échelle en fer terminée par un palier (pl. V, fig. 9 et 10). D'autres fois, les lanternes sont hissées par des chaînes sans fin enroulées sur des poulies (pl. VI). Cette disposition, plus commode, dispense les agents d'une gymnastique toujours difficile et souvent dangereuse. Si elle n'est pas exclusivement employée, c'est qu'elle s'applique avec peine aux signaux à voyants tournants et crée des difficultés pour le nettoyage des écrans colorés. En outre, si la lanterne n'est pas remontée à une

hauteur suffisante, le feu reste blanc, quelle que soit la position des écrans.

Dans les mâts sémaphoriques, les signaux de nuit sont donnés au moyen de verres colorés montés dans une double lunette en fonte, solidaire des mouvements de la palette (type Saxby, pl. VI, fig. 4). Quand celle-ci est horizontale, le verre rouge se présente devant la lanterne; quand elle est inclinée, le verre vert indique que la voie est libre. Dans l'électro-sémaphore Lartigue (pl. VI, fig. 11), le verre rouge est placé, pour l'une des directions, dans la palette elle-même et, pour l'autre, dans le prolongement de celle-ci. Cette disposition dispense d'une seconde lanterne et permet de réaliser ainsi une économie sur les frais d'éclairage.

§ 2. — MANOEUVRE ET CONNEXION.

La *manœuvre sur place* s'effectue au moyen d'une manivelle actionnant les palettes sémaphoriques par une tringle rigide ou un fil ou imprimant une rotation à l'arbre vertical des voyants ronds ou carrés. Ces dispositions sont très simples et les figures des pl. V et VI nous dispensent de toute explication spéciale en ce qui les concerne.

La *manœuvre à distance* exige certaines précautions nécessitées par les changements de longueur de la transmission sous l'action des variations de température et par l'éventualité de la rupture du fil. Aussi l'appareil de manœuvre constitue-t-il une partie importante des signaux mus à distance.

Le mouvement est transmis au moyen d'un ou de deux fils.

TRANSMISSION A UN FIL.

La transmission, étant sans rigidité, ne peut exercer d'action que si elle est tendue. Il faut donc que le voyant, amené dans une de ses positions quand on tire le fil, revienne automatiquement à la seconde aussitôt qu'on abandonne le fil à lui-même. Ce résultat est obtenu par un *contre-poids de rappel*, agissant sur l'arbre du signal (État belge, pl. V, fig. 5 et 6; Nord français, fig. 15 et 16) ou sur la palette du sémaphore. Parfois le contre-poids fait corps avec la palette (Grand-Central, pl. VII, fig. 26 et 27; électro-sémaphore Lartigue, pl. VI, fig. 11). Quand la palette, au lieu de s'abaisser, s'élève de 45°, comme dans beaucoup d'appareils allemands, son poids suffit pour la ramener à l'horizontale et le contre-poids spécial devient sans objet (Berlin-Anhalt, pl. VI, fig. 12).

En tendant le fil, on manœuvre le voyant et, du même coup, on soulève le contre-poids de rappel : on emmagasine ainsi l'énergie nécessaire pour ramener le signal dans sa position primitive dès que le fil sera lâché.

Dans tout appareil bien conçu, l'effet du contrepoids doit être de mettre le signal à l'arrêt ; quand le voyant est au passage, le fil est donc tendu et, s'il vient à se rompre, aucun accident n'est à redouter, la voie se trouvant fermée. Avec la disposition contraire, le fil pourrait se briser sans que le signaliste en fût averti. Dans la plupart des appareils, cette importante condition est remplie : parfois, cependant, on n'y a pas eu égard pour des motifs d'un autre ordre ; mais cette particularité constitue un défaut sérieux.

DILATATION DU FIL. — Aujourd'hui, les signaux sont manœuvrés à des distances atteignant 800, 1,200 et même 2,000 mètres. Or, sur de telles longueurs, l'action de la température ne peut être négligée et, si le fil n'était soigneusement réglé, le voyant occuperait des positions intermédiaires laissant du doute sur l'indication qu'il doit donner.

Dans nos climats dits *tempérés*, les variations de température sont parfois très grandes et les observations faites pendant de longues années à l'Observatoire de Bruxelles montrent qu'un écart diurne de 52° n'a rien d'impossible. Or, cet écart correspond à un allongement de $0^{\text{m}}40$ pour 1,000 mètres et à un effort d'environ 70 kilogrammes, très suffisant pour faire mouvoir un signal quelconque.

Pour nous rendre un compte exact de ce qui se passe quand la longueur du fil se modifie, remarquons qu'il peut y avoir dilatation ou contraction quand le signal est ouvert ou quand il est fermé. Dans le premier cas, les changements de température ne peuvent que mettre le signal obliquement ou même à l'arrêt, mais aucun accident n'en peut résulter. Dans le second cas, la dilatation du fil n'a aucun effet ; sa contraction seule peut effacer un signal à l'arrêt. C'est donc surtout contre la contraction pendant l'arrêt qu'il faut se prémunir, sans toutefois négliger absolument les dispositions propres à éviter la fermeture intempestive.

Le moyen le plus simple de régler le fil est de le munir d'un tendeur à vis permettant d'en faire varier la longueur dans de certaines limites. Mais il est impossible d'obtenir du signaliste un réglage assez attentif pour combattre efficacement les effets qui nous occupent. Aussi le tendeur n'est-il employé avantageusement que comme complément des appareils qui permettent au fil de se dilater librement en suivant toutes les variations de la température.

Les appareils à libre dilatation sont de deux catégories, selon qu'ils sont adaptés au levier de manœuvre ou en un point intermédiaire de la connexion ; nous distinguerons donc :

- 1° Les compensateurs d'origine ;
- 2° Les compensateurs établis en un point intermédiaire de la connexion.

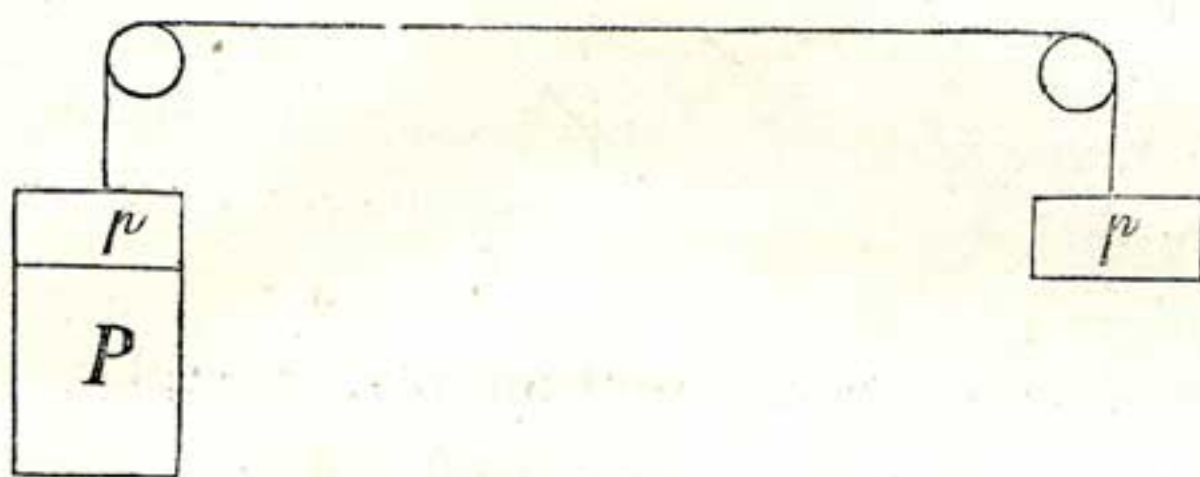
1° Compensateurs d'origine.

Surcroît de course. — Le levier peut avoir une course supérieure à celle qui serait strictement nécessaire pour détendre le fil et permettre la fermeture du signal sous l'action du poids de rappel : si ce surcroît est égal au plus grand allongement du fil, soit 0^m40 à 0^m50 par kilomètre, il est évident que la contraction pendant l'arrêt sera sans effet sur le signal.

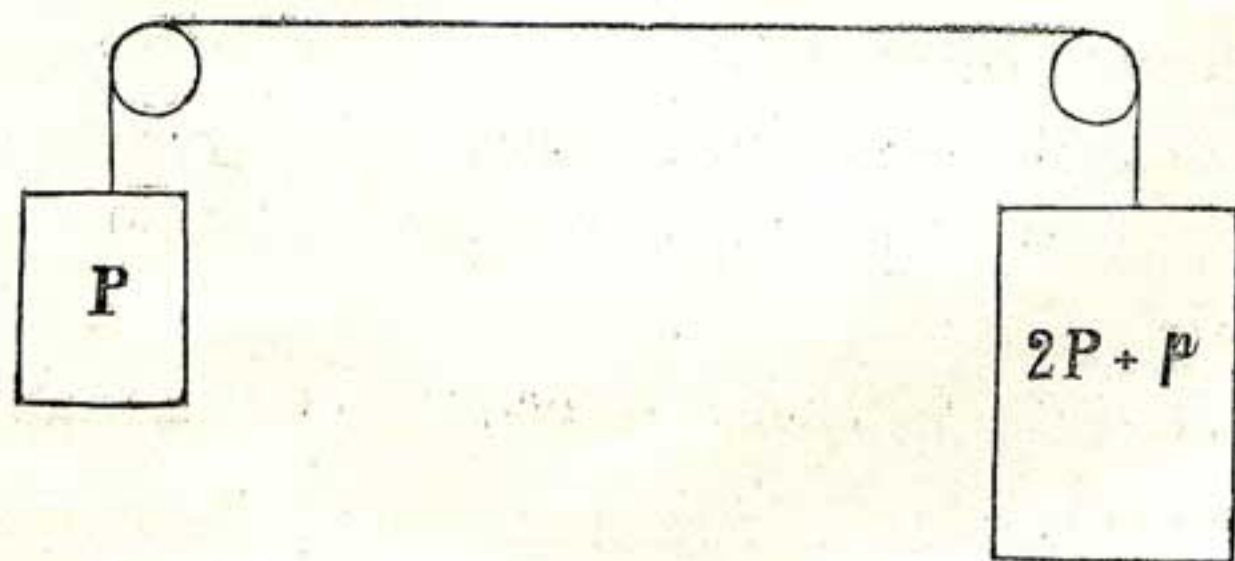
Si, d'autre part, on exerce sur la connexion une tension suffisante pour l'allonger de la même quantité, elle pourra se dilater sans que le contrepoids de rappel mette le voyant à l'arrêt. Mais ce second surcroît de course est pénible à produire et, pour ne pas dépasser l'effort que peut développer l'homme, il exige un tracé spécial du levier.

Contrepoids. — Le contrepoids seul résout la question d'une manière tout à fait pratique et, par la constance de son action, permet de réaliser des appareils fort précis.

Soit une connexion sollicitée par un contrepoids de rappel P suffisant pour en vaincre toutes les résistances passives.



S'il s'agit d'obtenir le réglage pendant la fermeture du signal, plaçons à chaque extrémité un poids supplémentaire p ; il est visible qu'une contraction du fil n'aura pour effet que de soulever le poids p et sera sans action sur le contrepoids de rappel $P + p$; pour effacer le signal, il faudra agir directement par traction sur le fil et soulever ce contrepoids. Si, au contraire, il faut assurer la libre dilatation pendant l'ouverture du signal, l'excédent de poids, égal à P (résistances du fil) plus p , devra être à l'origine ; le contrepoids de réglage entrainera donc le contrepoids de rappel avec toute la connexion, et le signal s'ouvrira.



Sous l'action des variations de température, le poids $2P + p$ montera ou

descendra et il faudra en suspendre momentanément l'action pour lâcher le fil.

Les appareils que nous allons décrire comportent des combinaisons de ces différents principes.

APPAREIL ANGLAIS. — Le fil de manœuvre est terminé par une chaîne attachée à un contrepoids léger glissant le long du levier, sur lequel il peut être fixé à l'aide d'une broche. Cet appareil, très simple, ne prévoit pas la libre dilatation pendant l'ouverture du signal; mais il est très recommandable pour les signaux qui sont tenus normalement à l'arrêt (pl. XVI, fig. 6).

APPAREIL DE L'OUEST FRANÇAIS (pl. VII, fig. 5). — Le levier de manœuvre porte un secteur sur lequel s'enroule un bout de chaîne relié au fil; il est muni, en outre, d'une pesante lentille en fonte, qui joue le rôle de contrepoids tendeur. Le réglage est obtenu, *pendant que le signal est à l'arrêt*, par un surcroît de course suffisant, et *pendant qu'il est au passage*, par la traction du contrepoids, qui monte ou descend suivant que la connexion se raccourcit ou s'allonge.

Pour que le contrepoids n'arrive jamais à toucher le sol, on règle de temps à autre la longueur du fil à l'aide d'une chaînette fixée à la transmission et au bâti du levier.

Pour les distances supérieures à 1,000 mètres, ce réglage devient assez fréquent. Aussi la Compagnie de l'Ouest a-t-elle adopté, pour les grandes distances, le compensateur Robert, dont nous parlerons plus loin, avec un appareil de manœuvre spécial (pl. VII, fig. 6, 7 et 8).

EST FRANÇAIS (pl. VII, fig. 1). — Le levier de manœuvre est à deux branches, dont l'une est munie d'une lentille et l'autre d'une poulie sur laquelle passe un bout de chaîne fixé au fil de transmission. Ce bout de chaîne, terminé par un contrepoids, descend dans un puits en fonte en traversant une taque percée d'un trou à gorge qui joue le rôle de pince-maille. Lorsque le levier est renversé, c'est-à-dire lorsque le signal est effacé, la chaîne passe librement dans la partie circulaire du pince-maille et le contrepoids peut monter et descendre en suivant les variations de longueur du fil. Mais, quand on lâche celui-ci en amenant le levier en avant, un des maillons de la chaîne s'engage dans la partie étranglée du trou, l'action du poids est suspendue et le fil, en se détendant, permet au contrepoids de rappel d'agir.

Cet appareil, basé sur les mêmes principes que le précédent, est plus parfait et assure la libre dilatation dans de plus larges limites; le surcroît de course à donner lors de la fermeture est moindre, puisqu'il ne faut

prévoir que la contraction possible entre deux ouvertures successives du signal. Mais il est plus complexe et d'un prix plus élevé que celui de l'Ouest.

APPAREIL DU GRAND-CENTRAL BELGE. — Il est tout à fait analogue à celui de l'Est et représenté pl. VIII, fig. 20. Une autre disposition a été imaginée par M. Lebon et appliquée aux signaux d'un appareil d'enclenchement construit pour la station de Hasselt (pl. XVI, fig. 14). Le fil de manœuvre se termine par un bout de chaîne de Gall ; le levier L porte une tringle T, qui agit sur une équerre MM', mobile autour de l'axe O'. La branche M' est terminée par un crochet effilé qui pénètre dans un des maillons de la chaîne quand on renverse le levier et permet de tirer sur le fil pour mettre le signal au passage. Le réglage automatique n'existant que quand le signal est à l'arrêt, cet appareil convient surtout aux signaux normalement fermés.

APPAREIL FLAMACHE. — Nous donnons (pl. XVI, fig. 15) le dessin d'un compensateur qui, sans surcroît de course, assure la dilatation libre dans toutes les positions du signal. Cet appareil n'a pas reçu d'application, mais il figurait, en 1880, à l'exposition nationale de Bruxelles.

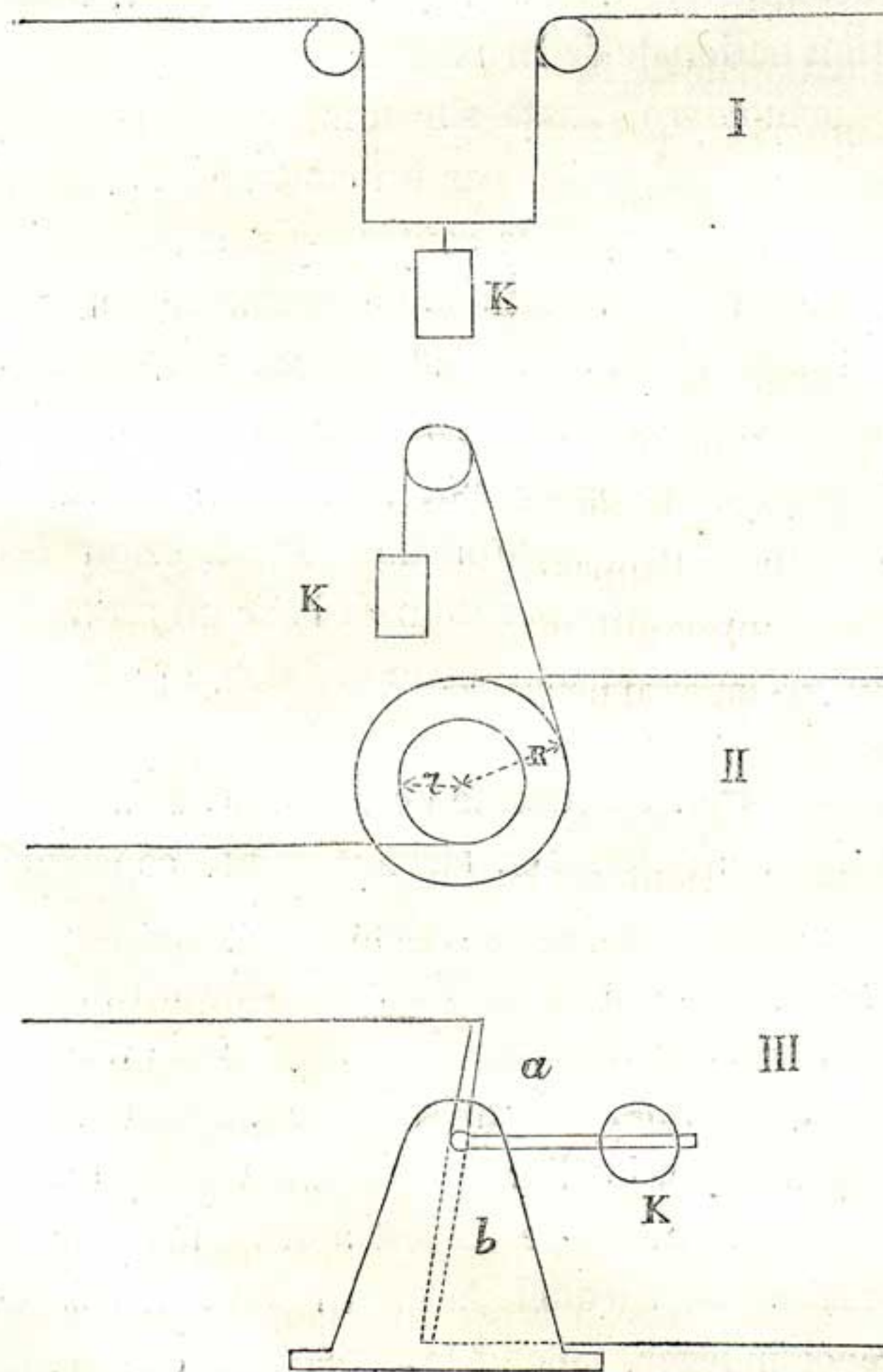
La chaîne, reliée au fil de manœuvre, passe sur une poulie fixée au levier et se termine, dans un puits en fonte, par un contrepoids léger. Quand le signal est fermé, la chaîne est libre et le contrepoids peut monter ou descendre sans entrave en suivant les variations de longueur du fil. Mais quand on met le signal au passage, la chaîne se déplace horizontalement d'une petite quantité, l'un de ses maillons est saisi par un pince-maille fixe et le reste de la course sert à ouvrir le signal. La lentille en fonte du levier monte et descend, comme dans l'appareil de l'Ouest, selon les changements de température, tout en conservant autour de l'axe un moment suffisant pour que le signal reste au passage ; dans cette deuxième position, la dilatation est donc libre également.

APPAREIL DU P.-L.-M. — Cet appareil fonctionne au rebours des autres, c'est-à-dire que l'ouverture du signal s'obtient en lâchant le fil, construction défectueuse qui devrait être complétée par un dispositif quelconque, produisant la mise à l'arrêt du signal en cas de rupture de la connexion. Toutefois, l'appareil du P.-L.-M. présente l'avantage de permettre de vaincre les résistances exceptionnelles qui pourraient s'opposer à la fermeture du signal ; mais cet avantage est acheté au prix d'un inconvénient trop grave pour être pris en sérieuse considération. Le levier est à deux branches : la plus petite porte un pince-maille dans lequel passe un bout de chaîne qui se termine par un contrepoids léger. Quand le signal est ouvert, la

dilatation se fait librement. Pour mettre le voyant à l'arrêt, on renverse le levier, le pince-maille saisit la chaîne et exerce sur le fil la traction nécessaire. Quand le signal est fermé, la compensation se produit par le contrepoids de rappel, qui entraîne la rotation de l'arbre. C'est là un inconvénient sérieux; il eût été facile d'ailleurs de l'éviter et de réaliser la libre dilatation pendant l'arrêt, en ne faisant pas reposer le levier sur le sol et en le munissant d'une lentille assez lourde pour empêcher l'action du contrepoids de rappel.

2° Compensateurs placés sur la connexion elle-même.

Les appareils placés en un point de la connexion ont pour effet de compenser, les unes par les autres, les contractions ou les dilatations des deux brins du fil. Ils se composent ordinairement d'un contrepoids tendeur disposé de manière à exercer sur les deux parties de la transmission une traction continue et déterminée. Les trois schémas ci-dessous indiquent les dispositions les plus employées.



Le n° I s'applique au cas où le compensateur est précisément au milieu de la transmission. Les n°s II et III peuvent être établis en un point quelconque de celle-ci, le diamètre des poulies R et r ou la longueur des bras de levier a et b étant proportionnels aux longueurs des fils qui s'y rattachent.

Quand le fil s'allonge ou se raccourcit, le contrepoids descend ou monte sans que la tension varie, puisque les changements de longueur sont proportionnels aux courses des extrémités. Il va de soi que la connexion doit être exposée en tous ses points à la même température; s'il en était autrement, il faudrait placer le compensateur en conséquence ou donner au levier un surcroît de course convenable.

Les appareils basés sur les principes précédents sont donc constitués de telle sorte qu'une des parties du fil est tendue, tandis que l'autre est lâchée. La rupture de la partie tendue a pour effet, si le signal est ouvert, d'en provoquer la fermeture et, s'il est fermé, de l'amener au passage. Pour prévenir cette ouverture intempestive, qui constitue un grave danger, il faut une disposition supplémentaire annulant l'action du contrepoids qui maintenait le signal ouvert.

TENDEUR ROBERT (pl. VII, fig. 11 et 12). — Employé depuis longtemps sur le Nord français, cet appareil est le point de départ de tous ceux de l'espèce : il est du type n° I et se place au milieu de la connexion. Le tendeur est fixé à un petit levier accroché au bout de chaîne qui termine la deuxième moitié du fil. En cas de rupture de la première moitié, le crochet se détache et le poids tombe sur le sol.

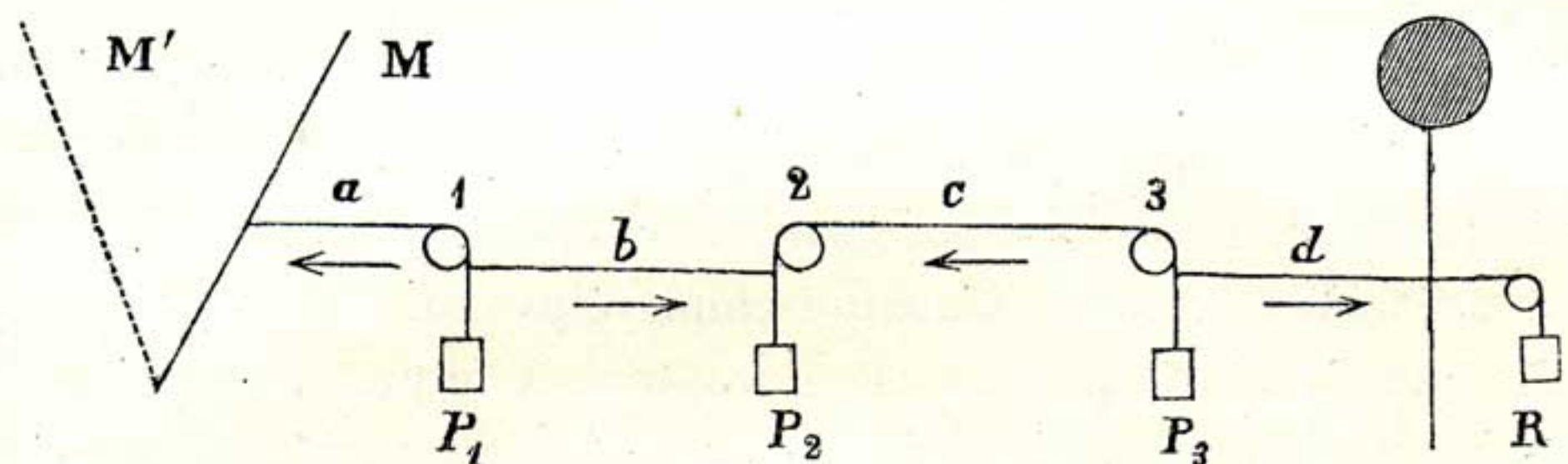
COMPENSATEUR DUJOUR (pl. VII, fig. 9 et 10). — Cet appareil est du type n° II. Il se compose de deux poulies de diamètre inégal C, B. Sur la petite poulie C est fixé le fil du signal ; sur la grande B, le fil du levier et celui du contrepoids tendeur J. L'artifice employé par M. Dujour pour provoquer la fermeture du signal en cas de rupture de la première moitié du fil est représenté pl. VII. La petite poulie, folle sur son axe, est rendue solidaire de la poulie B par le levier E, dont une extrémité bute contre le goujon I et dont l'autre reçoit le bout du fil du contrepoids J. Tant que la première moitié du fil est tendue, la poulie C ne peut tourner ; mais, si cette première moitié vient à se briser, le tendeur agit, le levier E oscille autour de son axe, et la poulie C, devenue libre, permet au poids de rappel de mettre le signal à l'arrêt.

COMPENSATEUR SAXBY ET FARMER. — Cet appareil, du type n° III, est représenté pl. XVI, fig. 5. Il se compose d'un contrepoids P, fixé à un levier dont les deux branches *a* et *b* sont proportionnelles aux longueurs de fil qui y sont attachées. En tirant sur la première moitié du fil, on lâche la seconde : le poids de contre-rappel P' descend, soulève le contrepoids de rappel *p* par l'intermédiaire de la came *c* et met le signal au passage. Mais, en cas de rupture du fil dans sa première moitié, le poids P' continue sa course, entraîne la poulie K et complète la révolution de la came *c*. Cette came cessant alors d'agir sur le levier du contrepoids *p*, celui-ci retombe et met le signal à l'arrêt.

MANOEUVRE DES SIGNAUX A LONGUE DISTANCE. — Lorsque les signaux sont manœuvrés à très longue distance, les compensateurs d'origine sont d'une application difficile. Au delà de 1,600 à 1,800 mètres, les contrepoids tendeurs, nécessaires pour vaincre les résistances du fil, deviennent trop

lourds et, le cas échéant, le surcroît de course trop considérable. Les compensateurs de connexion sont alors préférables et ont d'ailleurs l'avantage, comme nous allons le faire voir, de rendre la manœuvre plus facile. Des recherches faites au P.-L.-M. pour réaliser une compensation efficace à 2,400 et 3,000 mètres, recherches qui ont abouti à l'adoption de l'appareil Dujour, ont été exposées dans la *Revue générale des chemins de fer* (1) par M. Jules Michel.

La manœuvre à longue distance est fondée sur l'emploi de *relais* et, pour en faire comprendre le fonctionnement, supposons que le fil, au lieu d'être d'une pièce, soit divisé en quatre sections *a*, *b*, *c*, *d*, disposées comme l'indique le schéma ci-dessous.



En tirant sur le fil *a*, on soulève le poids P_1 en faisant tourner la poulie 1. Par l'effet de cette rotation, le fil *b* se détend, ce qui permet au poids P_2 de descendre en entraînant le brin *c* dans le sens de la flèche et en soulevant P_3 . En même temps, par l'effet de la rotation de la poulie 3, le fil *d* se détend et permet au contrepoids de rappel *R* d'exercer son action. A chaque relai, les deux bouts de fil et le contrepoids sont fixés séparément sur les poulies à trois gorges 1, 2 et 3. Le contrepoids de rappel *R* ne devant vaincre que les résistances du fil *d* sera, à peu de choses près, quatre fois moindre que s'il devait ramener la connexion tout entière; les contrepoids tendeurs et, par suite, l'effort au levier seront donc diminués d'autant. Pour les transmissions de 2,400 mètres, qui ne sont pas dépassées et sont même rarement atteintes dans la pratique, un seul relai suffit.

Les compensateurs de connexion sont de vrais relais et, à ce titre, ils jouissent de la précieuse propriété de réduire l'effort au levier. Ils permettent donc, toutes choses étant égales d'ailleurs, la manœuvre à une distance plus grande, ou bien, pour une distance égale, l'emploi de contrepoids plus légers et de fils de moindre diamètre.

(1) 2^e semestre de 1880.

La faculté de placer les compensateurs des types 2 et 3 en un point quelconque de la transmission en donnant des valeurs convenables aux rayons des poulies R et r (voir le schéma de la page 120) permet de réduire encore l'effort. M. Michel a recherché quelle était la valeur la plus favorable du rapport $\frac{r}{R}$, c'est-à-dire celle qui donnait le moindre effort au levier, et il a trouvé que le compensateur devait être à une distance du levier égale à 0^m80 de la longueur totale de la transmission.

Mais aucune portion du fil ne devant dépasser 1,600 mètres, l'adoption du coefficient 0^m80 limiterait à 2,000 mètres la longueur de la connexion. En vue de pouvoir atteindre 2,400 mètres, la Compagnie du P.-L.-M. place uniformément le compensateur aux deux tiers de la connexion; mais, afin de conserver quelque marge, si un obstacle s'opposait à ce qu'il fût établi exactement dans cette position, la petite poulie porte deux gorges, dont les diamètres correspondent au placement de l'appareil à 0^m65 et à 0^m68 de la longueur du fil.

M. Michel a fait des expériences directes pour déterminer la valeur numérique des diverses résistances. Mais les chiffres qu'il trouve n'ayant qu'une portée particulière, il ne nous a pas paru utile de les faire figurer dans cet exposé.

3° Fil de transmission.

La transmission des signaux manœuvrés à distance se compose d'un fil de fer ou d'acier galvanisé de 2 1/2 à 4 ^m/_m de diamètre, toujours terminé par une chaînette quand ses extrémités passent sur des poulies. Le chemin de fer de l'Etat belge a employé avec succès des cordes en fil de fer galvanisé.

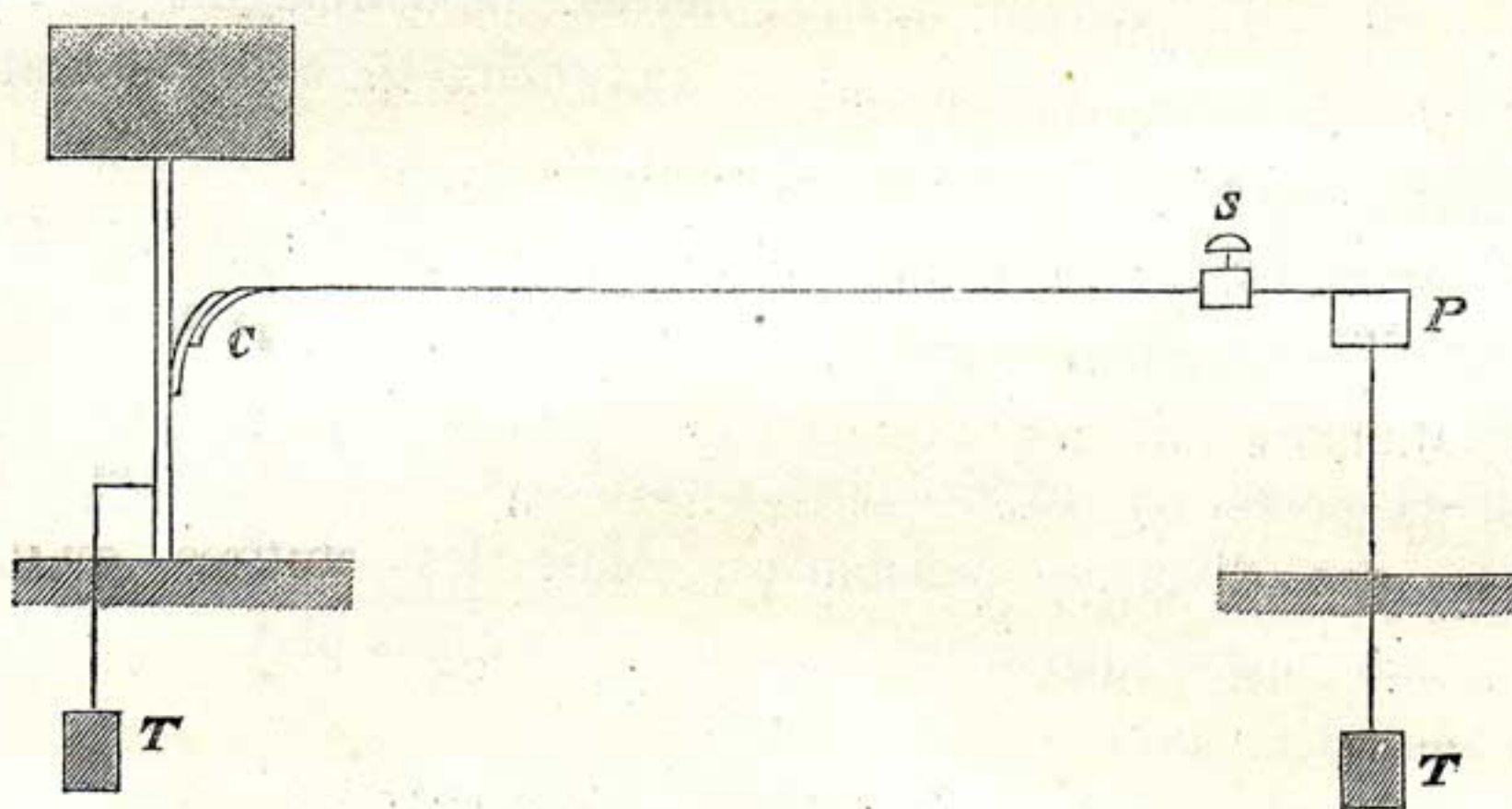
Le fil est supporté sur des piquets espacés de 15 à 20 mètres. Autrefois, ceux-ci étaient surmontés d'un simple œillet; mais cette disposition rudimentaire est abandonnée et le piquet porte toujours une poulie. En ligne droite, cette poulie est verticale; en courbe, elle est horizontale à tous les sommets du polygone formé par la transmission.

On emploie avec avantage des poulies à charnière, qui peuvent remplacer les poulies verticales en ligne droite et qui, dans les courbes, prennent d'elles-mêmes l'inclinaison voulue.

Il est très important, surtout pour les transmissions d'une grande longueur, de diminuer les frottements et les résistances de toute nature au mouvement du fil: il faut donc soigner l'établissement de ces détails (voir pl. VII, fig. 13 à 19).

4° Contrôle de la position des signaux manœuvrés à distance.

Les signaux à distance n'étant pas toujours visibles du poste de manœuvre, il est nécessaire qu'un dispositif spécial indique automatiquement au signaliste la position qu'ils occupent. On utilise généralement dans ce but une sonnerie trembleuse installée au poste de manœuvre. Le circuit de cette sonnerie est établi comme le montre le schéma ci-dessous. L'arbre du signal porte un contact à ressort qui ferme le circuit quand le signal est à l'arrêt et qui l'ouvre quand celui-ci est au passage.



TRANSMISSIONS A DEUX FILS.

La transmission à deux fils n'exige pas de poids de rappel et, comme conséquence, le signal ne se met pas à l'arrêt en cas de rupture. C'est là un inconvénient sérieux : aussi le système n'est-il plus guère employé ; la Compagnie d'Orléans l'a conservé cependant et paraît en être satisfaite. La fig. 22 de la pl. VII donne les dispositions du levier de manœuvre de cette compagnie.

Les fils, soigneusement dressés, sont fortement tendus au moyen de tendeurs placés de 200 en 200 mètres. Ils sont supportés par de petites poulies verticales ou inclinées, distantes de 15 à 20 mètres. Les fils sont à 0^m15 l'un de l'autre. Les plus grandes précautions étant prises pour obtenir des fils d'excellente qualité, ils ne se rompent que rarement, malgré la tension considérable à laquelle ils sont soumis. Ce mode de transmission exige des soins de pose tout à fait spéciaux, qui ne paraissent être rachetés par aucun avantage bien sérieux.

II

SIGNAUX SPÉCIAUX.**A. — SIGNAUX DE CORRESPONDANCE.****§ 1^{er}. — SONNERIES D'ANNONCE DES TRAINS.**

Les sonneries d'annonce des trains se composent toujours d'un timbre de grande dimension sur lequel un marteau frappe les séries de coups réglementaires. Les détails de construction du mécanisme moteur sont assez variés; mais la plupart des systèmes, sauf celui de l'Ouest, dont nous dirons quelques mots en terminant ce paragraphe, se composent d'un mouvement d'horlogerie que l'on déclenche à distance et qui se réenclenche automatiquement quand le nombre de coups réglementaire a été frappé.

Le déclenchement est opéré soit à l'aide d'un courant d'induction fourni par une machine spéciale, soit par l'interruption du courant continu d'une pile. A ces deux modes d'action correspondent deux groupes d'appareils qui sont assez bien représentés par les *cloches Siemens*; employées en Allemagne, en Belgique et sur plusieurs lignes françaises, et par les *cloches Leopolder*, en usage en Autriche. Nous décrirons ces deux types caractéristiques.

SONNERIES DE SIEMENS ET HALSKE. — Les habiles constructeurs allemands ont donné diverses formes, peu différentes d'ailleurs les unes des autres, à leurs cloches de route. Nous nous occuperons du type adopté sur le réseau de l'Etat belge.

Une section de sonnerie se compose d'une série d'appareils, espacés de 500 à 1,500 mètres, reliés par un fil dont les deux extrémités vont en terre. Tous les appareils de la section fonctionnent donc simultanément. Le circuit est parcouru, en outre, par un courant de trop faible intensité pour causer une action quelconque sur les pièces enclenchantes des mécanismes ou contrarier l'effet des courants d'induction. Ce courant continu, indépendant de la sonnerie proprement dite, sert à la transmission de signaux de secours aux stations voisines.

Le mécanisme moteur des sonneries est normalement enclenché. A chaque déclenchement, le contrepoids agit, produisant un cycle de mouvements qui amène un réenclenchement automatique, lorsque la salve réglementaire a été frappée. Le déclenchement est effectué à distance par l'envoi de courants d'induction.

L'axe O (pl. VIII, fig. 12) porte un cylindre sur lequel est enroulée une corde sollicitée par un poids; il tend donc à tourner, dans le sens de la flèche, d'un mouvement régularisé par un volant à ailettes, en entraînant l'axe p par l'intermédiaire d'un train d'engrenages. Sur le pourtour de la grande roue dentée sont fixées dix goupilles $G, G', G'', G''' \dots$ attaquant successivement les bras MQ et $M'Q'$, qui mettent les battants des cloches en mouvement; si la sonnerie est à simple cloche, le battant $M'Q'$ est supprimé. Deux des goupilles G'' et G''' , diamétralement opposées, sont plus longues que les autres.

L'axe P porte un bras PB, qui bute contre l'axe B et arrête tout le mouvement d'horlogerie. Cet axe B est découpé sur une partie de sa longueur, de telle sorte qu'en tournant il présente sa partie évidée au bras PB, qui peut alors se mettre en marche avec le mouvement d'horlogerie. Sur l'axe B est monté un levier ABC, sollicité par le contrepoids C, qui tend à le relever; mais ce mouvement est empêché par le cliquet A, mobile autour de l'axe X. Le cliquet A retient l'extrémité du grand levier et paralyse ainsi le mouvement du mécanisme jusqu'au moment où un courant d'intensité suffisante traverse l'électro E. A ce moment, l'armature est attirée, le cliquet lâche le levier ABC, l'axe B tourne sous l'influence du contrepoids C, et sa partie évidée, se présentant devant l'extrémité du levier P B, permet à celui-ci de se mettre en mouvement. Les cinq goupilles placées entre G'' et G''' attaquent successivement les bras M Q et M' Q', ce qui donne lieu à une salve de cinq coups de cloche; sur ces entrefaites, la goupille G'' , qui s'est approchée de la droite, attaque le grand levier par le plan incliné ab et le ramène à sa position initiale. Peu après, la pièce PB, rencontrant la partie pleine de l'axe B, s'arrête, ainsi que tout le mouvement d'horlogerie. Les courants sont fournis par un inducteur Siemens à courants redressés, placé à chacune des stations d'about.

Dans une disposition antérieure, décrite dans l'*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens* (1874, p. 264), le déclenchement avait été mis à l'abri des influences atmosphériques par une disposition empruntée aux appareils de *Block* (pl. VIII, fig. 15). L'extrémité du grand levier ABC était terminée par une double série de dents et arrêtée dans son mouvement par une ancre double LL, solidaire de l'armature de l'électro E. Il résultait de cette disposition que, pour dégager le levier ABC, l'ancre LL devait osciller un certain nombre de fois, de manière à laisser passer à chaque oscillation une des dents du grand levier. Cette oscillation était obtenue par une succession de 21 courants alternativement positifs et négatifs, envoyés par la machine d'induction. La probabilité de la production

d'une telle succession de courants par une influence atmosphérique était à peu près nulle.

Signaux de secours.—Le fil de ligne est traversé par un courant continu dont l'intensité, réglée avec soin, est trop faible pour agir sur l'électro E des sonneries ; mais, aux stations d'about, il passe dans un relai beaucoup plus sensible, qui transforme les interruptions en dépêches Morse. Au moyen d'un manipulateur ordinaire, placé sur le devant de l'appareil, il est donc possible d'envoyer des dépêches de chaque poste de sonneries aux stations d'about.

La manipulation du Morse exigeant une certaine habileté, la sonnerie est complétée par un manipulateur automatique qui permet l'envoi d'un certain nombre de signaux conventionnels. Ce manipulateur se compose d'un petit levier coudé C, fermant le circuit de ligne dans sa position normale. Sur le côté se trouve un axe O', rendu solidaire de l'axe O par un pignon et tournant dans le même sens que celui-ci (pl. VIII, fig. 14). Sur cet axe peuvent être montés différents disques dont le pourtour porte des encoches. Le disque correspondant au signal à transmettre étant placé, on déclenche la sonnerie à la main ou avec le bouton S. L'axe O' se met à tourner et, chaque fois qu'une saillie du disque rencontre le levier C, le courant de ligne est interrompu et les appareils de station sont mis en mouvement. Un assortiment de 7 ou 8 disques suffit pour envoyer les signaux les plus ordinaires en cas d'accident.

Un récepteur portatif peut également être intercalé dans le circuit de ligne.

La *Compagnie du Nord français* emploie des cloches Siemens de trois modèles différents, dits : ancien type, — deuxième type, appareil Vérité, — nouveau type cloche Siemens à pigeonier ; mais aucun d'eux ne diffère essentiellement du précédent. La description complète en est donnée dans l'ouvrage de MM. Brame et Aguillon, sur les signaux des chemins de fer français. Les cloches du Nord sont heureusement complétées par un signal optique sous forme d'une petite palette jaune dont l'apparition indique qu'une salve de coups a été frappée. Verticale dans la position normale, elle s'abaisse horizontalement quand l'annonce a eu lieu et reste dans cette position jusqu'à ce qu'on la remette en place à la main.

La *Compagnie de l'Est* a adopté la cloche à pigeonier, modèle du Nord, modifiée de manière à ne donner qu'un coup à chaque déclenchement. (Consulter BRAME et AGUILLON, *Loc. cit.*)

La *Compagnie d'Orléans* emploie des cloches Siemens à pigeonier, fonctionnant par interruption d'un courant de pile, comme dans le type

Leopolder. Le déclenchement est produit par une fourchette à deux arrêts, assez analogue à celle de Leopolder. (Brame et Aguillon, p. 588.)

CLOCHE LEOPOLDER. — Les cloches Leopolder sont employées en Autriche et en France sur le P.-L.-M. Nous donnons la description du type employé par cette dernière compagnie, d'après l'ouvrage de MM. Brame et Aguillon.

Le mécanisme moteur (pl. VIII, fig. 15 et 16) se compose d'un fort mouvement d'horlogerie actionné par un poids P. Lorsque ce poids descend, il entraîne un plateau S, muni de goupilles M, agissant sur la tige L, qui transmet le mouvement au marteau par un renvoi. Le déclenchement est combiné de telle sorte que le plateau S n'exécute que la rotation correspondant au passage d'une goupille. Pour chaque déclenchement, il n'y a donc qu'un coup de timbre.

Le mécanisme du déclenchement (pl. VIII, fig. 16 et 17) est commandé par l'électro-aimant E, traversé par un courant continu. L'armature H de cet électro-aimant porte une fourchette terminée par deux taquets *a* et *a*, mobiles eux-mêmes autour d'un axe, mais sollicités à se rapprocher par deux petits ressorts. Un ressort antagoniste tend à faire osciller l'armature et la fourchette dès que le courant est interrompu dans l'électro E. A l'état de repos, les choses se trouvent dans la situation de la figure, c'est-à-dire que le levier B, mobile autour de l'axe *o*, pose par son extrémité recourbée *b* sur le taquet *a*.

Si le courant est coupé, la fourchette oscille et l'extrémité *b* du levier B vient tomber sur le deuxième taquet *a'*. Mais cette course limitée du levier B ne produit rien si ce n'est une sorte de détente de l'appareil. L'interruption sans rétablissement du courant est donc sans effet sur le déclenchement des sonneries. Mais, à ce moment, si le courant est rétabli, la fourchette revient vers la gauche et l'extrémité du levier B tombe entre les deux branches de la fourchette. Dans ce mouvement, le levier B, solidaire, par la goupille *c*, de la pièce enclenchante E, entraîne celle-ci, qui oscille autour de son axe. Cette oscillation a pour effet de dégager : 1° le doigt *d*, fixé sur l'axe du volant du mouvement d'horlogerie ; 2° la roue à encoches *l*, montée sur l'axe de la roue R, qui, jusque-là, était enclenchée par la queue de la pièce E ; la sonnerie peut donc fonctionner.

Quand la sonnerie a donné un coup, la came D rencontre le maneton C de la queue du levier B et relève celui-ci, qui écarte les pièces *a* et *a'* et vient reprendre sa position initiale sur le taquet *a*. L'appareil est muni d'un interrupteur scellé, qui permet de lancer des signaux vers les stations voisines. La fig. 17 donne le schéma des trois positions de la fourchette d'échappement.

La cloche Leopolder, ne donnant qu'un coup, permet toutes les combinaisons possibles de signaux. Cet avantage est compensé par l'inconvénient de devoir ménager un certain intervalle de temps entre deux poussées consécutives des boutons interrupteurs. Sur le réseau du P.-L.-M., l'intervalle à maintenir entre deux coups de cloche est réglé comme suit : entre deux coups consécutifs d'un même groupe, $1/2$ à 2 secondes ; entre deux groupes, de 5 à 8 secondes ; entre deux signaux consécutifs, 8 secondes au moins.

Les courants permanents sont fournis par des piles à ballon Meidinger, à raison de 2 $1/2$ éléments par appareil compris dans la section.

CLOCHE REGNAULT, DE L'OUEST. — La Compagnie de l'Ouest, en vue de se soustraire à la sujétion du remontage des appareils, qui doit être effectué jusqu'à deux et trois fois par jour, a essayé les cloches Regnault, fonctionnant sans moteur mécanique ; mais elles n'ont pas donné les résultats qu'on en attendait et la compagnie s'est décidée à les remplacer par des cloches Leopolder.

Les seuls éléments de la cloche Regnault sont : un fort électro-aimant, une palette en fer doux, suspendue par une lame de ressort et formant armature de l'électro, et un marteau articulé sur la palette. Chaque fois qu'un courant traverse l'électro, la palette est attirée brusquement et le marteau lancé contre le timbre. L'aimantation se produit sous l'action d'une pile locale du système Leclanché, mise en circuit à l'aide d'un relai fonctionnant par rupture d'un courant continu.

Dans cet appareil, dont le principe diffère de ceux que nous avons décrits, chaque interruption ne donne qu'un coup de cloche, ce qui permet, comme avec le système Leopolder, de varier indéfiniment la série des signaux à envoyer.

§ 2. — AVERTISSEURS SPÉCIAUX.

AVERTISSEUR WALKER DIT « TRAIN DESCRIBER ». — Le *train describer* comprend un manipulateur et un récepteur, représentés, pl. VIII, fig. 1 à 4.

Le manipulateur se compose d'un cadran bleu sur lequel se détachent des disques blancs portant les indications à transmettre. Sur le pourtour du cadran sont disposés des leviers à manettes en nombre égal à celui des disques. L'axe d'un mouvement d'horlogerie, contenu dans le transmetteur, est muni d'un levier A portant un petit butoir *a*. Quand toutes les manettes sont abaissées, le mouvement d'horlogerie marche et entraîne le levier A ; mais, si une des manettes est soulevée, le butoir est arrêté et, avec lui, le

mécanisme moteur de l'appareil. En même temps que le levier A, tourne un disque en cuivre D, muni de chevilles *b*, qui agissent sur le ressort *l*.

Au passage de chaque cheville, le ressort *l*, repoussé vers la droite, établit le contact avec le commutateur *o* et envoie à l'aval un courant qui fait avancer d'un cran l'aiguille correspondante du récepteur. Normalement tous les leviers sont relevés, sauf celui du dessus, qui est dans la position de repos. Pour transmettre un signal, il faut donc relever le levier du point d'arrêt, ce qui met le mécanisme en mouvement, et abaisser celui qui correspond au signal à transmettre.

Le récepteur se compose d'une boîte portant également des disques blancs sur fond bleu, où sont inscrits les signaux à recevoir. Le mécanisme du récepteur consiste en un électro-aimant E avec une armature *f*, commandée par un échappement à ancre *g*. Chaque fois que le courant passe, l'ancre, attirée, fait avancer la roue dentée d'un cran et, avec elle, l'aiguille indicatrice d'une case sur le cadran indicateur. Le fonctionnement de l'appareil est assez lent; il ne faut pas moins, paraît-il, de 30 à 40 secondes pour que l'aiguille fasse un tour complet du cadran.

AVERTISSEUR JOUSSELIN. — Cet avertisseur est employé par le P.-L.-M.

Le récepteur *Jousselin* est représenté de face et à l'intérieur, pl. VIII, fig. 5 à 7. Il se compose d'une boîte dont la face antérieure est munie d'un cadran divisé en treize cases portant : celle du dessus une croix, et les douze autres les chiffres 1 à 12. Une aiguille I peut être arrêtée devant une de ces treize indications; elle est montée sur l'axe d'un mouvement d'horlogerie enclenché par la palette P de l'électro aimant E. Cette palette est munie de deux arrêts α et β , contre lesquels bute la queue, en retour d'équerre, du petit levier *a*, monté sur l'axe *x*. Cet axe porte, en outre, une came C et un pignon qui le met en relation avec la roue R du mouvement d'horlogerie moteur de l'appareil. Si un courant est envoyé dans l'électro E, l'arrêt α abandonne le levier *a*, qui est aussitôt ressaisi par le taquet β ; mais, dès que le courant est interrompu, l'armature P reprend sa position initiale et, dans ce mouvement, le retour d'équerre passe entre les deux taquets α et β . Le mouvement d'horlogerie, enclenché jusque-là par le levier *a*, se met en mouvement et fait un tour complet : la came C, agissant sur le levier coudé De, actionne le marteau M, qui frappe un coup sur le timbre. En même temps, la roue R progresse d'un arc correspondant à une division du cadran. Après avoir fait un tour complet, le levier *a* bute de nouveau contre le taquet α revenu en place. Pour que l'aiguille du récepteur avance d'un cran, il faut donc qu'un courant soit successivement lancé et interrompu dans l'électro F. Le signal étant transmis, le poste

récepteur doit se remettre à la croix. Il suffit, pour cela, de tourner l'aiguille à la main en sens inverse de son mouvement normal ; la roue R est entraînée par le rochet U et le cliquet V, et le ressort moteur se trouve rebandé.

Le *transmetteur* comprend une manette P, qui, amenée de droite à gauche, change la commutation de S en C ; ce mouvement a aussi pour effet de faire avancer d'une dent le rochet N. En ramenant la manette à droite, on interrompt le courant, ce qui détermine au poste récepteur, avec un coup de timbre, l'avancement d'un cran de l'aiguille indicatrice. Pour revenir à la croix, il suffit d'appuyer sur la poignée M, qui dégage le rochet N et permet le retour du cadran sous l'influence d'un ressort moteur.

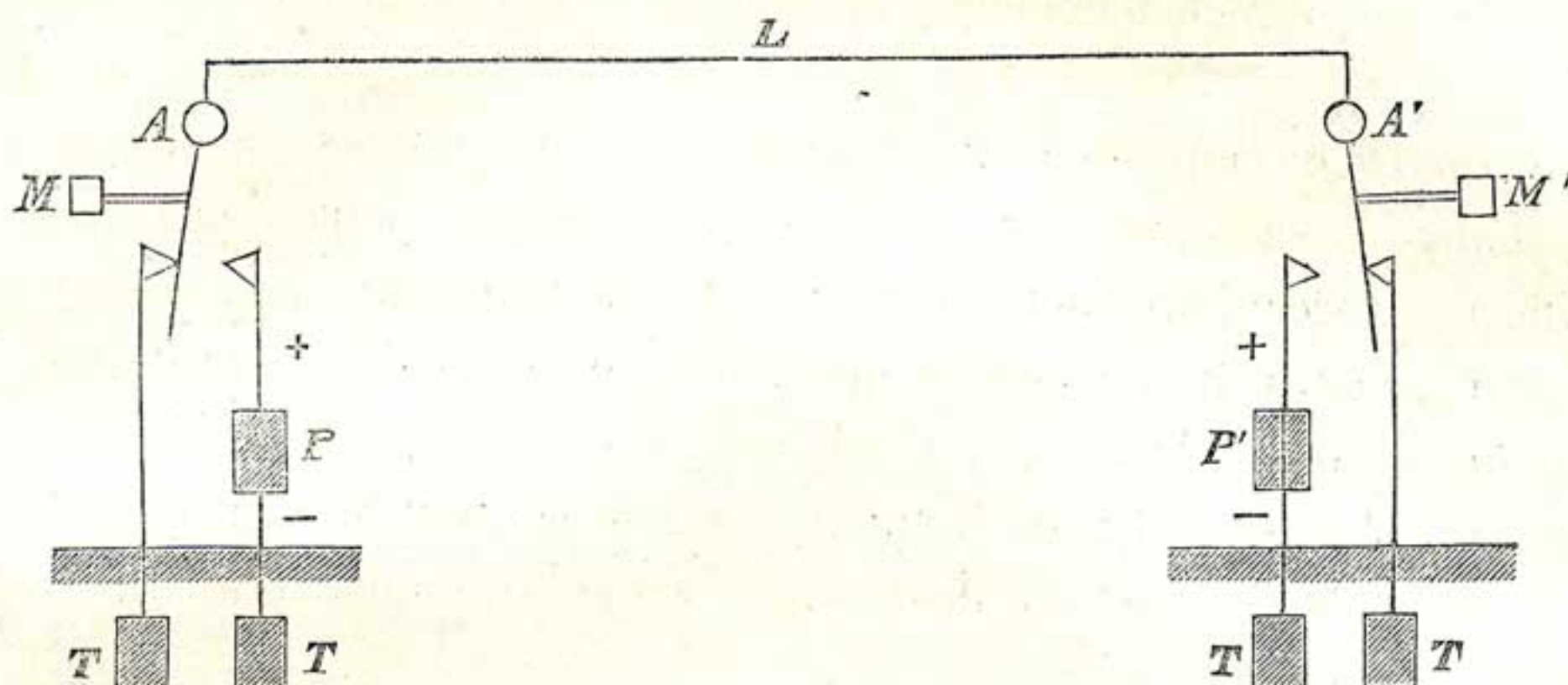
Le poste récepteur devant chaque fois se remettre à la croix pour remonter l'appareil, il est indispensable que le poste transmetteur en fasse autant, afin qu'il y ait toujours concordance entre les indications des deux postes.

AVERTISSEUR A GUICHETS DU NORD FRANÇAIS. — Cet avertisseur rappelle les cadres-tableaux employés dans les hôtels, bureaux, etc. Il se compose de deux cadres identiques conjugués et placés aux deux postes à réunir. Dans la face antérieure de ces cadres, sont percés des guichets circulaires, en nombre égal à celui des signaux à transmettre. Sous chaque guichet, qui présente normalement un fond blanc, se trouve un bouton et une petite plaque sur laquelle est inscrit le signal correspondant.

Au-dessus de cette rangée de guichets, variable avec le nombre des indications à échanger, se trouvent deux guichets, identiques pour tous les appareils, portant les mots : *Erreur, je répète*, et : *Attendez*. Une sonnerie d'appel complète le système. Les guichets des deux appareils correspondants sont reliés deux à deux par un fil de ligne. Il y a donc autant de fils que de signaux, plus un fil de sonnerie.

Le fonctionnement de l'appareil est fondé sur l'emploi de l'électro-aimant Hughes. Le voyant de chaque guichet est fixé à une petite pièce en fer doux, qui peut osciller entre les pôles de l'aimant Hughes ; les bobines de cet aimant sont disposées de façon que le passage d'un courant renforce l'aimantation d'un des pôles et diminue celle de l'autre, d'où l'oscillation du voyant, qui vient se présenter dans une de ses positions devant le guichet. Pour transmettre un signal, il suffit donc d'appuyer sur le bouton correspondant : les voyants des deux postes en relation apparaissent simultanément. Pour accuser réception du signal reçu, le poste récepteur appuie sur son bouton et ramène ainsi au blanc les deux voyants.

Ce résultat est obtenu au moyen d'un seul fil, grâce à la disposition des circuits, représentés au schéma ci-dessous.



Les deux appareils A, A' sont normalement reliés à la ligne L et à la terre et isolés des piles P, P'; aucun courant ne passe donc dans la ligne. Mais, en appuyant sur le bouton expéditeur M, on établit le circuit : la pile P envoie un courant positif vers A' et les voyants fonctionnent. Pour effacer les signaux, il suffit d'appuyer sur le bouton récepteur M', qui établit le circuit de la pile P' et envoie vers A un courant négatif, c'est-à-dire de sens différent du premier ; selon le poussoir employé, l'effet produit est donc inverse.

La manœuvre de cet appareil est très facile et très rapide. Son seul inconvénient est d'exiger un fil par signal ; mais, pour les petites distances, il n'est pas grave. La Compagnie du Nord l'emploie pour les longueurs inférieures à 500 mètres. Les fils sont réunis en un câble unique, recouvert de plomb et de gutta-percha et enfermé dans un caniveau en sapin goudronné placé dans le sol.

APPAREIL GUGGEMOS. — Pour les distances supérieures à 500 mètres, la Compagnie du Nord français emploie l'avertisseur Guggemos, qui n'exige qu'un seul fil de ligne, mais dont la construction est plus délicate et plus compliquée que celle de l'appareil à guichets. On en trouvera la description dans une note de MM. Cossmann et Eug. Sartiaux publiée dans la *Revue générale des chemins de fer* (1880, 2^e semestre, p. 255).

AVERTISSEUR LEDUC. — L'appareil de M. Leduc, ingénieur du service télégraphique de l'Etat belge, a reçu quelques applications en Belgique. Le récepteur se compose essentiellement d'une crémaillère A munie d'autant de dents qu'il y a de signaux différents. En face de chaque dent est fixé, sur la tige de la crémaillère, un voyant rectangulaire portant l'indication à transmettre. Cette crémaillère tend à descendre par son poids et selon la

position qu'elle occupe; l'un ou l'autre des voyants se présente devant un guichet percé dans la boîte en bois qui contient l'appareil.

La crémaillère est enclenchée par une ancre O munie d'un taquet T, qui arrête une de ses dents; l'axe de cette ancre est fixé à l'armature R de l'électro E. Quand aucun courant ne passe, le ressort antagoniste M attire la pièce O vers la droite, contre la vis V, et enclenche la crémaillère par le taquet T. Mais quand un courant est lancé par le poste expéditeur, l'ancre oscille et la crémaillère descend par son poids. Afin qu'elle ne puisse avancer que d'une dent si le courant n'était pas coupé immédiatement, un second taquet T' vient arrêter la dent suivante. L'appareil est ramené à la croix par le bouton K.

Le *transmetteur* peut n'être qu'un simple manipulateur Morse; mais l'agent expéditeur étant exposé à commettre des erreurs s'il n'a comme contrôle que le nombre de courants qu'il envoie, M. Leduc a remplacé le manipulateur Morse par un transmetteur à cadran analogue à celui de Bréguet.

TÉLÉPHONES. — Le téléphone n'est pas encore employé d'une manière courante dans l'exploitation des chemins de fer, mais il n'est pas douteux qu'il ne puisse rendre de grands services, notamment pour relier les postes appelés à échanger des communications difficiles à prévoir à l'avance. Nous n'avons pas à entrer ici dans l'exposé, même sommaire, des divers appareils téléphoniques et microphoniques. Bornons-nous à constater qu'ils peuvent être utilisés pour toutes les correspondances à échanger entre divers postes.

B. — SIGNAUX INDICATEURS.

Nous classons dans cette catégorie les indicateurs de position et les indicateurs de vitesse.

§ 1^{er}. — INDICATEURS DE POSITION.

Signaux d'aiguilles.

Ainsi que nous l'avons dit dans la partie de ce volume consacrée à l'étude de la signalisation, partout où l'on utilise les palettes sémaphoriques enclenchées avec les leviers d'aiguilles, le rôle de signal de direction est dévolu au signal d'arrêt. Mais, avant que l'usage des enclenchements fût devenu général, on employait, et on emploie encore sur divers réseaux, des signaux qui n'étaient que de simples indicateurs de la position des aiguilles. Nous décrirons quelques-uns des types les plus connus de ces signaux d'aiguilles.

OUEST FRANÇAIS. — Le signal d'aiguille de l'Ouest dit « indicateur de direction » se compose (pl. IX, fig. 1) d'un mât de 3^m20 de hauteur portant un bras B mobile autour d'un axe C dont l'une ou l'autre moitié peut être cachée derrière un écran E. Le mouvement lui est transmis par les tringles M et le levier T, relié à la barre de transmission. Les deux positions de ce bras, à 45° avec l'horizontale, correspondent aux deux positions de l'aiguille; la partie visible du signal indique la voie que l'aiguille ne donne pas. Deux trous percés dans le bras et munis d'une vitre verte se présentent alternativement devant deux lanternes à feu blanc. La nuit, la voie ouverte est donc indiquée par un feu blanc et la voie fermée par un feu vert. Ce signal est placé aux aiguilles des bifurcations et aux aiguilles d'accès de certaines gares.

NORD FRANÇAIS. — Le signal de direction du Nord est identique à celui de l'Ouest, sauf que le mât est un peu plus élevé (4 mètres). On l'utilise dans tous les cas où le mécanicien doit demander sa direction au moyen du sifflet à vapeur.

Dans le cas du *changement à trois voies* (pl. IX, fig. 2), le signal porte deux palettes vertes reliées aux deux leviers de manœuvre, palettes qui peuvent être dissimulées simultanément derrière l'écran; dans ce cas, c'est la voie du milieu qui est ouverte. Lorsque le passage est libre sur l'une des voies latérales, la palette de la voie opposée montre sa face verte aux mécaniciens.

Pendant la nuit, l'accès est indiqué : sur la voie du milieu, par deux feux blancs; sur la voie de droite, par un feu blanc à droite et un feu vert à gauche; sur la voie de gauche, par un feu blanc à gauche et un feu vert à droite.

Sous le nom de *signal à flamme* (pl. IX, fig. 3), le Nord emploie encore un signal formé d'un seul voyant vert en tôle, découpé en oriflamme, qui se présente de face ou de champ selon la position de l'aiguille. Une lanterne à feu vert et blanc, portée sur le sommet du mât, complète le système. Cet indicateur ne se place qu'aux aiguilles dont la position normale est bien déterminée et, dans ce cas, la flamme effacée et le feu blanc indiquent cette position.

PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE. — Un seul signal d'aiguille est en usage sur ce réseau : il se compose d'un disque vert et d'un feu vert et blanc. Selon que le disque se présente de face ou de champ aux mécaniciens, il indique que l'une ou l'autre des deux voies est ouverte; la signification du signal varie d'ailleurs selon les cas.

ORLÉANS. — Le signal d'aiguilles de l'Orléans, placé aux bifurcations seulement, se compose d'un voyant porté sur un mât de 2^m50. Ce voyant est formé d'une feuille de tôle de 1^m10 sur 0^m50, repliée en équerre. Les

deux faces sont peintes en jaune et en blanc et portent, en outre, en gros caractères, l'indication de la direction à laquelle ils se rapportent, le jaune indique la direction de droite et le blanc celle de gauche. Une lanterne à feu blanc et jaune complète le système.

EST FRANÇAIS (pl. IX, fig. 4). — Le signal de direction de l'Est se compose de deux bras en équerre, munis de glaces et éclairés par réflexion, au moyen d'une lanterne. Le bras horizontal indique toujours la voie ouverte. Cette disposition, utilisée aux bifurcations, a le caractère particulier de donner le même signal de jour et de nuit.

L'Est emploie également un signal à flamme verte, identique à celui du Nord, sauf qu'il est éclairé la nuit par une lanterne à deux feux.

MIDI (pl. IX, fig. 5). — L'indicateur du chemin de fer du Midi, placé partout où les aiguilles sont prises en pointe dans les voies principales, se compose d'un voyant vert, de forme carrée, placé à l'extrémité du mât de manière que ses diagonales soient, l'une verticale et l'autre horizontale. Le voyant effacé et le feu blanc indiquent que la voie principale est ouverte. Le voyant en travers et le feu vert signifient que l'aiguille est faite sur la voie déviée.

SIGNAL ANGLAIS (pl. IX, fig. 6). — Sur quelques lignes anglaises, on emploie un signal analogue à celui du Nord, mais présentant sur celui-ci l'avantage d'indiquer à distance si l'aiguille n'est pas faite à fond. En effet, lorsque cette circonstance se produit, le bras n'est pas appliqué exactement contre l'une des branches du support en V qui termine le mât, et le machiniste peut le constater d'assez loin. La nuit, le même effet est obtenu par la position de la lanterne qui est dans le mât et devant laquelle se présente une lunette à trois verres, blanc, rouge et vert. Si l'aiguille n'est pas à fond, tout ou partie du verre rouge, placé au milieu de la lunette, se présente devant la lanterne.

SIGNAL D'AIGUILLE DE SAARBRUCKE-TRÈVES. — La fig. 8 de la pl. IX représente la disposition de cet indicateur, tout à fait analogue au signal à flamme verte du Nord et de l'Est français.

SIGNAUX-LANTERNES DES CHEMINS DE FER ALLEMANDS. — Sur un grand nombre de lignes allemandes, le signal d'aiguille se compose d'une lanterne, peinte en blanc, qui marque par sa position laquelle des deux directions est ouverte. Trois spécimens de ce type de signaux, ceux du Rhénan, de l'Ouest prussien et du Cologne-Minden, très employés par nos voisins d'Outre-Rhin, sont représentés pl. IX, fig. 7, 9, 10, 11 et 12. (Voir également, pl. IX, fig. 13 et 14, la disposition usitée sur les chemins de fer *Kaiserin-Elisabeth*.)

La lanterne est portée sur un mât peu élevé, solidaire du levier de manœuvre par un pignon et une portion de roue dentée (pl. IX, fig. 20 et 21).

SIGNAL BENDER. — Tous les signaux dont nous venons de parler, à l'exception de celui de l'Est, sont éclairés par transparence. M. Bender a imaginé un signal d'aiguille éclairé par réflexion, qui est employé sur la plupart des lignes autrichiennes.

Ce signal affecte deux formes : la forme ancienne, avec voyant circulaire ; la forme nouvelle, avec voyant en flèche. L'une et l'autre sont représentées pl. IX, fig. 15 à 19.

Dans le *signal à disque circulaire*, la lampe est comprise dans une boîte dont les deux faces sont formées de disques mi-partie rouge et blanc. Ces disques sont annulaires, c'est-à-dire percés en leur milieu d'une ouverture destinée à laisser passer les rayons lumineux, qui tombent sur deux réflecteurs coniques et sont renvoyés sur le disque à éclairer. Quand le disque est visible, l'aiguille est faite sur la voie déviée ; quand il est effacé, la flamme est vue directement par un verre dépoli, long et étroit, qui indique le passage sur la voie droite.

Le *signal à flèche* a une forme plus spéciale et plus convenable, par conséquent, pour un signal d'aiguille. Les rayons émanant de la lampe éclairent par réflexion des feuilles de tôle courbes formant les branches de la flèche. La pointe de la flèche dirigée vers la voie déviée indique que l'aiguille est faite sur celle-ci. Quand c'est la voie droite qui est ouverte, la petite face du voyant se montre éclairée directement par la flamme. Un disque noir est placé derrière la flèche blanche, de manière à rendre celle-ci plus visible pendant le jour.

LES CHEMINS DE FER HOLLANDAIS ont fait quelques applications d'un intéressant signal d'aiguille à trois indications, dû à M. Taurel (pl. IX, fig. 27 et 28).

Ce signal se compose d'un mât L, portant deux petits voyants perpendiculaires K et K'. Pendant toute la durée de la manœuvre, le voyant carré K se présente aux trains arrivants et marque le danger. Lorsque les aiguilles sont à fond, le voyant K' tourne sa pointe à droite ou à gauche, selon la voie qui est ouverte. Une poulie P est montée sur l'arbre L et reçoit un fil, fixé par ses extrémités au levier Q, qui porte la lorgnette à deux verres, rouge et vert, R, S. La nuit, le signal montre donc un feu blanc ou un feu vert, selon que les aiguilles sont faites à droite ou à gauche, et un feu rouge si elles ne sont pas appliquées exactement contre leur rail contre-aiguille. La poulie G agit par des rebords H et M, dont elle est munie, sur des cames

fixées à l'arbre L et détermine le mouvement de celui-ci. Cette poulie est fixée sur l'arbre vertical C, manœuvré à distance par la poulie B et relié à la tringle de manœuvre des aiguilles.

On peut rattacher aux indications de position certains signaux spéciaux, tels que les lanternes des grues hydrauliques, indiquant, la nuit, par un feu rouge, si le bras de la grue est en travers des voies ; mais ces indications, qui peuvent être variées selon les nécessités particulières de telle ou telle exploitation, ne nous semblent pas comporter de mention particulière.

§ 2. — INDICATEURS DE VITESSE.

À l'approche des points où la vitesse est limitée à un chiffre déterminé, on se borne souvent à établir deux poteaux espacés de 50 à 100 mètres, en stipulant le temps nécessaire pour parcourir la distance qui les sépare. Mais cette disposition sommaire ne laisse aucune trace de la vitesse avec laquelle le point dangereux a été franchi.

Le colonel Leboulangé, de l'armée belge, a imaginé, pour régulariser la vitesse et la contrôler d'une manière efficace, deux appareils fort ingénieux qui, sous les noms de *Dromoscope* et de *Dromopétard*, sont d'un usage courant sur le réseau de l'État belge.

DROMOSCOPE LÉBOULANGÉ. — L'inventeur s'est proposé de construire un appareil indicateur signalant au mécanicien la vitesse de marche de son train à une distance suffisante pour qu'au besoin il puisse la modérer. Cette indication est permanente, c'est-à-dire qu'elle persiste jusqu'à ce que l'appareil ait été remis au zéro par le préposé chargé de relever et d'annoter les indications de l'appareil.

Le *Dromoscope* se compose essentiellement d'un disque noir sur lequel est peint un index blanc. Ce disque, mis en mouvement par un poids moteur, est normalement enclenché à l'arrêt par un levier relié à une pédale placée à 150 mètres de l'appareil ; quand la première roue du train rencontre cette pédale, le levier déclenche le disque, qui commence à tourner ; une deuxième pédale, placée à 50 mètres de la première, arrête ce mouvement, et l'arc décrit mesure la vitesse avec laquelle les 50 mètres ont été parcourus ; cette vitesse est indiquée par l'index, qui vient s'arrêter devant l'un des chiffres peints en caractères très apparents sur un cadran noir concentrique au disque.

Le disque A (pl. IX, fig. 22, 23 et 24) pèse 2 kilogrammes ; il est sollicité par un poids B de 200 grammes, suspendu par un fil de soie, et porte

un taquet D arrêté par le levier C, qui peut osciller autour de son milieu *c*.

L'extrémité de ce levier est terminée par une fourche entre les branches de laquelle passe le fil N, muni d'un bout de tige taraudé avec écrou-butoir H et contre-écrou I et supportant le contrepoids de 15 kilogrammes M. Ce fil N passe sur les poulies O, S, P, Q; un contrepoids de 5 kilogrammes S est suspendu à son autre bout; la poulie A, placée à 150 mètres de l'appareil, porte une échancrure U dans laquelle tombe, par son propre poids, l'extrémité de la pédale T. Cette poulie est donc immobilisée et, le fil N étant arrêté, le poids M de l'appareil ne peut descendre. Mais si la pédale T vient à être relevée par la roue d'une locomotive, la poulie O devient libre, le poids M descend, le butoir H soulève le levier C et libère le disque, qui se met à tourner. A 50 mètres de là, un déclenchement identique soulève le levier V, muni d'un grand ressort W, qui appuie sur le disque et l'arrête sur place. Pour remettre les choses en l'état, il suffit de soulever à la main les deux poids M et M'; la poulie Q, sous l'action du poids S, tourne en sens inverse et la pédale retombe dans l'encoche U. Le disque est remis en place à la main par le trou *m* et, du même coup, le poids moteur remonte.

Afin d'éviter toute erreur, il ne faut pas que le disque puisse faire plus d'un tour. A cet effet, le levier C porte un étouffoir formé d'un ressort *c* terminé par deux dents en plan incliné. Ce ressort est réglé de telle sorte que la force vive de la masse en mouvement, réduite par le passage d'une saillie *b* du disque sur la première dent, vienne s'éteindre sur la deuxième; la saillie *b* s'arrête donc entre les deux dents. Ces dents ne se présentent d'ailleurs dans le chemin de la saillie *b* que pour autant que le levier C soit incliné. Cette même saillie *b*, en butant contre le ressort *v*, empêche de tourner la manivelle en sens contraire et de faire plus d'un tour en enroulant le cordon.

De plus amples détails, notamment sur la graduation et l'entretien de l'instrument, ont été donnés par M. Duguet dans la *Revue universelle des Mines* (1878, 2^e semestre).

LE DROMOPÉTARD n'est pas enregistreur. Plus simple que l'appareil précédent, il est construit pour le contrôle d'une vitesse unique.

Les *Dromopétards* employés sur le réseau de l'Etat belge sont réglés pour la vitesse de 40 kilomètres à l'heure.

L'appareil (pl. IX, fig. 25 et 26) se compose d'un lourd pendule A, battant exactement la seconde, accroché à un levier T, dont l'autre extrémité arase le plan de roulement du rail voisin. Le levier joue donc le rôle de pédale et oscille en dégagant le pendule quand il est attaqué par la première roue de la locomotive.

A 11^m11 de la pédale, espace parcouru en une seconde par un train marchant à 40 kilomètres à l'heure, se trouve un pétard I. Le ressort à boudin H sollicite le pétard à quitter le rail pour l'amener dans la position représentée en traits pointillés; mais le fil KLMN, relié à une glissière arrêtée par la dent E dans la pièce fixe F, le maintient sur le rail. Lorsque la première roue d'un train attaque la pédale T, le pendule, abandonné à son poids, vient butter contre la glissière CD et la déclenche: le ressort H écarte alors vivement le pétard du rail. Mais si la vitesse est supérieure à 40 kilomètres à l'heure, c'est-à-dire si le train a mis moins d'une seconde à franchir les 11^m11 qui le séparaient du pétard, celui-ci se trouvera encore sur le rail et sera écrasé.

C. — SIGNAUX DU BLOCK-SYSTEM.

Nous savons, par l'étude générale qui précède, que toute installation de *Block system* se compose essentiellement d'un signal optique et d'un appareil électrique établissant les relations nécessaires entre les postes successifs. Nous avons vu également que, dans l'origine, ces deux éléments du *Block* étaient absolument indépendants l'un de l'autre, mais que l'évolution qui s'est produite dans la conception des appareils est caractérisée par la recherche d'une solidarité de plus en plus complète entre toutes les manœuvres. La préoccupation d'écarter le plus complètement possible les conséquences de la faillibilité humaine a conduit certains inventeurs à éliminer l'action de l'homme en créant des dispositifs complètement automatiques.

Les appareils de *Block* peuvent donc être divisés en trois groupes :

- 1° Les appareils de *Block* simples, dans lesquels la manœuvre du signal est indépendante de celle de l'appareil télégraphique;
- 2° Les appareils de *Block* enclenchés, qui réalisent plus ou moins complètement la solidarité des manœuvres;
- 3° Les appareils de *Block* automatiques (1).

§ 1^{er}. — APPAREILS DE BLOCK SIMPLES.

Les appareils de *Block* simples sont de moins en moins employés et, leur intérêt étant surtout historique, nous pourrions nous borner à quelques indications descriptives générales.

(1) M. Cossmann, connu de tous ceux qui se tiennent au courant de la littérature des chemins de fer par ses nombreuses publications, a écrit dans *la Lumière électrique* une série d'articles qui constitue une remarquable monographie des appareils de *Block*. Nous aurons souvent recours à cet intéressant travail, dont nous recommandons la lecture à tous ceux qui désireraient, sur l'important sujet qui va nous occuper, plus de détails que notre cadre ne nous permet d'en donner. (*La Lumière électrique*, tome XVI, p. 349, 407 et 451; tome XVII, p. 49, 102, 148, 197, 244, 295 et 349, et tome XXI, p. 433 et suiv.)

L'appareil le plus ancien est celui de COOKE. Appliqué, pour la première fois, en 1843, sur la ligne de Yarmouth-Norwich, du réseau de l'*Eastern Counties*, il se composait d'un simple télégraphe à aiguille, marquant, par l'inclinaison à droite ou à gauche d'une aiguille aimantée, si la voie était libre ou occupée. Les signaux optiques étaient normalement à l'arrêt et, pour admettre un train sur la section, le signaliste était obligé de demander la voie à son collègue d'aval. Ce dernier la lui donnait en agissant sur un commutateur qui inclinait l'aiguille vers les mots *line blocked*. Cette indication persistait jusqu'à l'arrivée du train au poste suivant et interdisait au signaliste de livrer passage à un second train. La forme extérieure de l'appareil Cooke fut modifiée et appliquée par le *Great Eastern*; l'aiguille verticale indiquait la voie libre : elle s'inclinait à droite ou à gauche selon le sens de la marche du train.

Le système de CLARKE, introduit, en 1854, sur le *London and North-Western*, ne différait pas essentiellement du précédent, mais il était réservé exclusivement à la transmission des signaux de *Block*, alors que le télégraphe de Cooke était utilisé également pour la transmission des correspondances télégraphiques.

L'appareil de Clarke donnait trois signaux (pl. X, fig. 1) :

Voie bloquée, aiguille verticale ;

Train sur la voie, aiguille à gauche ;

Voie libre, aiguille à droite.

Le premier signal était transmis par rupture de courant ; on pouvait donc, en cas d'accident, le transmettre d'un point quelconque de la voie en coupant le fil. Les deux autres signaux étaient lancés au moyen d'une manette que l'on fixait, par une goupille, dans la position convenable. Chaque poste était muni d'une boîte double pour les deux sens de la circulation.

Dans la disposition primitive, le courant passait aussi longtemps que la voie était libre, c'est-à-dire pendant la plus grande partie du temps. Afin d'économiser de l'électricité, on convint parfois de marquer la *voie libre* par l'aiguille verticale ; mais on perdait ainsi l'avantage de pouvoir bloquer la voie en cas d'accident. L'annonce d'un train se faisait au moyen de la voie libre et celle de l'entrée du train sur la section à l'aide de deux coups de timbre. Ces appareils étaient très délicats et exposés, par suite des variations d'aimantation, à fonctionner à contre-sens sous l'action des courants atmosphériques.

Dans le système HIGHTON, les indications de l'aiguille étaient remplacées par des inscriptions imprimées. Diverses dispositions ont été adoptées dans ce but ; la plus simple consistait à fixer sur l'aiguille un léger voyant en

carton divisé en deux compartiments portant, l'un : *voie libre*, et l'autre : *voie occupée*; l'un ou l'autre de ces compartiments se présentait, selon le sens de l'inclinaison de l'aiguille, devant un petit guichet pratiqué dans la paroi antérieure de la boîte. L'aiguille étant verticale, c'est-à-dire l'appareil au repos, montrait la moitié de chaque inscription.

L'appareil WALKER (pl. X, fig. 2 et 3), établi en 1852 sur la *South Eastern*, est un *Block* exclusivement acoustique.

L'installation comprend, pour chaque poste, deux timbres électriques, de sonorité différente, se rapportant aux deux sens de la circulation, et deux boutons à ressort (pl. X, fig. 3). Le départ d'un train montant est annoncé par un coup (•); le départ d'un train descendant, par deux coups (••), et l'arrivée d'un train quelconque, par trois coups (•••). Cinq coups (•••••) signifient que la voie est obstruée et six coups (••••••) qu'il se fait une vérification d'appareils. Chaque signal doit être répété par l'agent qui le reçoit.

Il paraît que l'ouïe des signalistes devient très exercée et qu'il se produit rarement des erreurs d'interprétation. Sur les points compliqués du réseau, comme à *Cannon Street*, par exemple, le système Walker est complété par le *train describer*, qui indique au poste récepteur la provenance du train.

L'appareil optique de Walker, introduit en 1855, sur le *South Eastern Railway* (pl. X, fig. 8 et 9), se compose, pour chaque direction, d'une boîte sur le devant de laquelle se trouve un sémaphore à deux bras R et W. Le bras rouge R répète les signaux envoyés par le poste d'aval et le bras blanc W correspond à ceux émis par le poste lui-même. Deux électro-aimants superposés M_1 et M_2 actionnent les palettes.

Le courant venu d'amont traverse l'électro M_1 , dont l'armature polarisée agit sur l'ailette R du sémaphore-miniature par le renvoi $a_1 b_1$. En même temps, l'armature en fer doux A est attirée et le marteau K donne un coup de timbre. Quand un train est annoncé, le courant émis par le poste expéditeur traverse l'électro M_2 , dont l'armature agit sur la palette W par le renvoi $a_2 b_2$.

Dans cet appareil, la palette du poste est actionnée par le courant de départ et, par conséquent, il n'y a pas d'accusé de réception. L'envoi des courants est obtenu par un commutateur inverseur composé de deux boutons : l'un, blanc, pour bloquer la voie, et l'autre, noir, pour la débloquent (COSSMANN, *Loc. cit.*).

APPAREIL SPAGNOLETTI (pl. X, fig. 10, 11 et 12). — Dans le système Spagnoletti, en usage depuis 1862 sur le *Metropolitan district Railway*, les aiguilles et les sémaphores miniatures sont remplacés par de petits

voyants qui présentent des indications imprimées derrière un guichet pratiqué dans la paroi antérieure de la boîte.

La partie originale du système réside dans la disposition qui empêche d'effacer un signal émanant de l'autre extrémité d'une section. Sur le devant de la boîte sont les touches-commutateurs R et W. Entre les bobines M_1 et M_2 se trouve la bobine m , dont les armatures A_1 et A_2 sont maintenues éloignées par le ressort f . Quand un courant quelconque traverse la bobine m , les armatures se collent et les sabots k_1 et k_2 , dont elles sont garnies, s'intercalant entre la touche et la pièce Q_2 , en immobilisent le mouvement. Le poste qui a donné le signal ayant déplacé l'une de ses touches pour envoyer le courant dans l'électro m , l'action enclenchante des sabots ne peut s'exercer que sur la touche libre et sur les deux touches du poste en relation. L'action des touches se produit d'ailleurs par les contacts c_1 et c_2 et le ressort F.

SYSTÈME PREECE (pl. X, fig. 13 à 17). — L'indicateur Preece, appliqué pour la première fois en 1862 sur la ligne d'*Exeter Queen Street*, du *London and South Western Railway*, comporte trois fils. Le sémaphore miniature est à une seule palette et le manipulateur formé d'un petit levier de manœuvre à crans.

Le sémaphore se compose d'une colonne creuse dans laquelle est un fil qui actionne l'ailette S; cette ailette est manœuvrée par la pièce xy , solidaire de l'armature A de l'électro M. Normalement, le contrepoids J maintient l'ailette à l'arrêt. En oscillant, le levier xy change le contact $c_1 c_2$ et le courant, qui passait par deux des trois fils de ligne, passe par le troisième et l'un des deux premiers; grâce à ce changement, le poste d'aval, qui accuse réception du signal qu'il a reçu, ne pourra donner que l'indication de voie libre sur le cadran du poste expéditeur.

Le cadran indicateur comprend un double voyant : *voie libre*, *voie occupée*, porté à l'extrémité du levier k oscillant entre les pôles de l'électro-aimant M, et commandant la sonnerie. Le poussoir en relation avec le cadran est représenté pl. X, fig. 15.

Le levier de manœuvre (pl. X, fig. 14) se compose d'une manette K, munie de deux lames de ressort s , glissant sur un curseur formé de deux pièces isolées qui modifient les contacts. Le ressort r maintient l'appareil dans l'une ou l'autre des positions extrêmes. La fig. 16 donne le schéma des communications électriques.

M. Preece a, dans la suite, modifié son appareil pour le manœuvrer avec un seul fil.

Le SYSTÈME TYER, fort employé en Angleterre, est également appliqué

sur le P.-L.-M. avec certaines modifications destinées à le mettre en rapport avec les exigences actuelles du *Block system*.

L'appareil primitif, introduit en 1852 sur les lignes anglaises, se présente sous la forme d'une boîte (pl. X, fig. 3 et 4), dont la face antérieure porte deux aiguilles et deux poussoirs. L'aiguille supérieure noire se rapporte aux trains expédiés par le poste et marque donc si la section d'aval est libre ou occupée. L'aiguille inférieure rouge correspond aux trains reçus par la poste, c'est-à-dire à la section d'amont. Il y a une boîte semblable pour chaque sens de la marche, soit, en tout, quatre aiguilles par poste de pleine voie.

Sur l'axe de chacune de ces aiguilles est montée une armature qui peut osciller d'une branche à l'autre d'un aimant en fer à cheval (pl. X, fig. 4), polarisé par un électro-aimant que traverse un courant venu d'aval. Suivant le sens de ce courant, l'aiguille s'incline à droite ou à gauche et, par suite de l'attraction de l'aimant, y reste même après interruption du courant. Selon sa position, l'aiguille marque que la section à laquelle elle se rapporte est libre ou occupée. Les poussoirs forment les boutons d'un commutateur inverseur destiné à envoyer à l'aval les courants positif ou négatif nécessaires à la transmission des signaux (M. DU MONCEL a décrit cet appareil en détail dans son *Traité des applications de l'électricité*, tome IV, p. 496). Dans leur position normale, toutes les aiguilles sont à droite, aucun train n'étant sur la voie.

Pour annoncer en B qu'un train pénètre sur la section A B, le stationnaire du poste A appuie sur l'un des deux poussoirs, suivant que l'aiguille *inférieure* est à droite ou à gauche, et produit en B un coup de timbre. Le stationnaire de B répond en pressant le bouton de gauche de son appareil; il envoie ainsi à l'amont un courant négatif qui a pour effet d'incliner à gauche sa propre aiguille inférieure rouge et l'aiguille supérieure noire du poste A; dans cette position, les aiguilles indiquent qu'un train circule sur la section A B. Lorsque ce train a franchi le poste B, le garde de celui-ci appuie sur son bouton de droite et ramène les deux aiguilles à droite.

M. Cossmann fait observer, avec beaucoup de raison, que, dans ce système, c'est le poste récepteur qui bloque la section d'amont sur un simple avis émanant du poste expéditeur, manière d'opérer qui est vicieuse en ce sens qu'elle enlève à ce dernier la faculté de bloquer lui-même la section au moyen de ses appareils électriques. Si le poste récepteur négligeait de répondre au coup de sonnerie d'annonce, la voie resterait libre, bien que parcourue par un train, et si, par distraction, il appuyait sur le bouton contraire, il débloquerait indûment la section d'amont.

Le chemin de fer de l'Ouest français évite cet inconvénient en ajoutant à l'appareil primitif un commutateur spécial rendant la sonnerie d'annonce indépendante des signaux.

Le P.-L.-M. emploie l'appareil Tyer, mais la sonnerie est remplacée par un avertisseur Jouselin, dont nous avons parlé à propos des signaux d'annonce des trains. En tant qu'appareil de *Block*, le système du Lyon ne diffère donc pas essentiellement de celui qui vient d'être décrit. (Voir COSSMANN, *la Lumière électrique*, tome XVI, p. 411.)

APPAREIL TYER MODIFIÉ. — Une variété du Tyer, très différente de l'appareil primitif dont nous venons de donner une esquisse rapide, est employée sur plusieurs réseaux anglais. Au point de vue de la forme extérieure (pl. X, fig. 4 et 5), ce nouvel appareil se distingue de l'ancien par la substitution aux aiguilles d'un sémaphore miniature à deux ailettes, l'ailette supérieure S, correspondant à l'aiguille noire, c'est-à-dire aux trains expédiés par le poste, et l'ailette inférieure, correspondant à l'aiguille rouge, c'est-à-dire aux trains reçus par lui. Horizontales, elles marquent que la section d'aval ou la section d'amont sont occupées; inclinées à 45° vers le bas, elles indiquent que ces sections sont libres. Cette disposition, qui rappelle le signal extérieur, est beaucoup plus parlante que l'indication donnée par une simple aiguille.

Pour empêcher toute erreur dans l'emploi des boutons et éviter un déclenchement intempestif, l'un d'eux est toujours recouvert par une plaque P. Dans la position figurée au dessin, c'est le bouton inférieur qui est caché; pour le démasquer, il faut relever la plaque, la fixer au crochet Q et recouvrir ainsi le bouton supérieur. Dans les derniers appareils, la forme extérieure a encore été modifiée et un poussoir spécial réservé aux sonneries d'appel. Ce bouton joue le rôle d'inverseur, de telle sorte que le courant envoyé soit toujours de même sens que celui qui a été lancé en dernier lieu par un des poussoirs et ne puisse agir sur la position de la palette.

Le mécanisme intérieur de l'appareil est également modifié : les aimants permanents sont remplacés par des électro-aimants traversés par le courant continu d'une pile locale. Ces électros agissent sur une pièce en fer doux qui oscille entre les deux électro-aimants moteurs des palettes.

D'autres modifications de détail, qu'il ne nous paraît pas opportun de décrire ici, ont encore été apportées à l'appareil Tyer. (Voir COSSMANN, *Loc. cit.*)

APPAREIL REGNAULT (pl. X, fig. 6 et 7). — L'appareil Regnault date de 1847, mais c'est en 1858 seulement qu'il a reçu la forme sous laquelle il est encore appliqué, notamment par la Compagnie de l'Ouest.

Il se compose d'une boîte en bois dont la face antérieure porte un guichet vitré. Sur le fond blanc de ce guichet se détachent deux aiguilles r et i ; par-dessous sont deux poussoirs D et A ; celui de gauche, D , sert à l'annonce des trains. En agissant sur ce poussoir, le stationnaire envoie un courant qui incline vers la gauche l'aiguille indicatrice i de l'appareil d'aval, en même temps qu'un courant de retour incline vers la droite l'aiguille répétitrice r de son propre appareil. Il a donc un accusé de réception du signal qu'il a envoyé : l'appareil Regnault est le premier qui jouisse de cette propriété précieuse. La fig. 7 schématique de la pl. X donne la disposition des organes principaux et la marche des courants dans l'appareil.

Les aiguilles r et i sont reliées à de petites roues s et s' , actionnées par des segments dentés montés sur de petits leviers t et t' . Chacun de ces leviers est fixé à une palette oscillante, polarisée par un aimant permanent et qui, attirée par l'un ou l'autre des pôles d'un électro-aimant, maintient l'aiguille dans la position de droite ou dans celle de gauche. Sous l'action des poussoirs, des courants de sens convenable sont lancés dans les électro-aimants et font osciller l'aiguille si le pôle qu'ils déterminent, à l'extrémité du noyau de l'électro-aimant, est de même nature que celui produit, dans l'armature mobile, par l'action de l'aimant permanent.

RÉSUMÉ. — Les appareils de *Block* non enclenchés ne sont, à proprement parler, que de simples indicateurs. Ils augmentent sans contredit la sécurité de la circulation, mais ils exigent du garde une attention soutenue, car rien n'oblige à faire concorder les indications du signal optique avec celles de l'appareil électrique. Plus le trafic devient actif, plus les chances d'erreurs augmentent, et des accidents graves, heureusement en petit nombre, ont montré l'insuffisance de ces appareils sur les lignes très chargées. Quels que soient les services qu'aient rendus et que rendent encore ces appareils primitifs, nous estimons qu'ils ne sont plus en rapport avec les exigences du trafic moderne. Le développement du *Block* enclenché est général sur tous les réseaux importants et nous doutons que, pour une installation nouvelle, il vint à la pensée d'un ingénieur d'appliquer les appareils Tyer ou Regnault. Ce n'est que là où ils existent qu'on discutera s'il convient de les maintenir ou de les remplacer par des dispositions plus perfectionnées.

Quoi qu'il en soit, l'imperfection des appareils qui nous occupent a un caractère absolument général et réside dans l'indépendance du signal optique et de l'appareil électrique. Si l'on fait abstraction de ce vice originel, on reconnaît que chacun de ces systèmes peut rendre de bons services.

La discussion de leur valeur respective a été faite par M. Cossmann avec une profonde connaissance et une saine appréciation des détails de chaque

disposition ; mais elle n'a pour nous qu'une importance secondaire, car, nous le répétons, les appareils de *Block* simples sont surannés et, en définitive, ils ne présentent plus guère d'intérêt qu'au point de vue de l'histoire du *Block-system*.

§ 2. — APPAREILS DE BLOCK ENCLENCHÉS.

Avant d'aborder la description des appareils qui ont reçu la sanction d'une pratique plus ou moins longue, il est utile d'examiner brièvement quel doit être le rôle des enclenchements dans les appareils de *Block*, les opinions des ingénieurs étant, sur ce point, fort divergentes.

M. Cossmann (*Lumière électrique*, tome XVII, p. 355) fait remarquer très judicieusement que « telle condition recherchée par le constructeur de l'un de ces appareils a été manifestement exclue du fonctionnement de l'autre », pour en conclure que l'on ne peut faire entr'eux que des rapprochements indirects et qu'une préférence formelle accordée à l'un ou à l'autre ne peut avoir qu'un caractère personnel. Cette conclusion est trop absolue et nous pensons qu'il est possible et même désirable de se mettre d'accord sur les conditions essentielles qu'il faut exiger du fonctionnement des appareils.

Certes, ces conditions ont une valeur relative et dépendent, dans une certaine mesure, des circonstances locales, de la nature et de l'importance de l'exploitation ; il ne nous viendrait donc pas à la pensée de condamner comme *mauvais* les appareils qui ne les remplissent pas toutes. Mais, pour un cas donné, par exemple celui d'une ligne à trafic fort actif, il est possible de déterminer ce que doit être l'appareil type dans ses lignes générales.

Ainsi, tout le monde est d'accord sur la nécessité de *solidariser la manœuvre du signal optique et celle du signal électrique*. Sur ce point, il n'y a guère de divergence d'opinion et, à part les intéressés, personne ne conteste la supériorité de l'électro-sémaphore de Lartigue, par exemple, sur les appareils Walker, Spagnoletti, Tyer et même Regnault.

Mais, en ce qui concerne les autres conditions, l'accord n'est plus aussi complet, et les idées diffèrent notablement sur la nécessité de les réaliser mécaniquement.

Quant à nous, nous estimons qu'une fois entré dans la voie des enclenchements, il faut aller jusqu'au bout ; nous croyons qu'une manœuvre étant subordonnée à certaines conditions, il est désirable de rendre cette subordination *effective* par une disposition mécanique appropriée, chaque fois qu'il est possible de le faire sans introduire dans l'exploitation

d'inextricables difficultés. Sous cette seule réserve, nous ne voyons aucune raison plausible pour reculer devant l'application complète du principe de l'enclenchement, admis d'ailleurs dans la construction de l'appareil. A ce titre, par exemple, un système qui réalisera la dépendance des sections tout en présentant l'élasticité nécessaire pour se prêter aux dépassements, garages, évitements, etc., sera incontestablement et absolument supérieur à l'appareil qui laisse les sections indépendantes.

En résumé, nous pensons que le fonctionnement régulier du *Block-system*, tel que nous l'avons exposé précédemment, exige que les appareils satisfassent aux conditions générales suivantes :

1° *Toute fausse manœuvre doit être empêchée par un dispositif qui ne cesse ses effets qu'au moment opportun.* En d'autres termes, un agent qui tenterait d'effectuer une manœuvre avant que toutes les conditions qu'elle exige aient été remplies doit se heurter à une impossibilité matérielle ;

2° *Toute action automatique ou à distance doit être proscrite si elle n'est contrôlée par l'intelligence d'un agent.* Nous entendons par là que l'action de l'homme ne doit être supprimée dans aucun cas. Les relations entre postes voisins ne doivent avoir pour effet que de *permettre* certaines manœuvres, sans jamais les *effectuer*. Il est facile de comprendre, en effet, que, si les appareils fonctionnent automatiquement, personne n'est intéressé à contrôler la position des signaux et, en cas de manquement, toute l'économie du *Block* se trouve compromise. Si, au contraire, les relations d'enclenchement n'ont d'autre effet que d'autoriser la manœuvre à la main, l'intervention du stationnaire, nécessaire pour assurer le passage des trains, peut, le cas échéant, remédier à un défaut de fonctionnement qui viendrait à se produire. Toute machine, quelque ingénieuse qu'elle soit, est sujette à des manquements et il ne faut pas que ceux-ci puissent avoir des conséquences funestes. Le contrôle actif et permanent des agents de la route est donc nécessaire, et les signaux purement automatiques sont défectueux et doivent être repoussés *à priori*, quelque séduisant que soit d'ailleurs le principe sur lequel ils reposent. Il n'est pas inutile de faire remarquer que la pédale, telle que nous l'avons définie, n'est pas un appareil automatique dans le sens où nous l'entendons ici, mais un simple organe d'enclenchement, qui ne constitue nullement un acheminement vers l'automatisme ou la demi-automatisme du *Block*, comme certains ingénieurs semblent le redouter.

Indépendamment de ces deux conditions primordiales, il est utile de réaliser aussi les suivantes, qui, sans être aussi essentielles, contribuent à la régularité et à la sûreté du fonctionnement ;

3° Il faut éviter que l'électricité atmosphérique, remplaçant l'action régulière du courant, ne déclenche à contre-temps les appareils. L'utilité des dispositions prises pour atteindre ce but est évidente et n'a pas besoin d'être discutée.

En tout état de cause, si un appareil ne comporte pas de moyen direct d'éviter l'influence de l'électricité des nuages, il est important de le combiner de manière qu'une action atmosphérique ne puisse avoir d'autre effet que de mettre les signaux à l'arrêt. L'orage peut être alors une cause de retard, mais non d'accident;

4° Il est désirable qu'un dérangement des appareils n'empêche pas absolument le fonctionnement du *Block*. Car, s'il en était autrement, on serait obligé d'en revenir à l'exploitation par le temps, devenue plus dangereuse quand le personnel a une longue habitude du *Block system*. Autant que possible, les appareils d'annonce, sonneries ou autres seront distincts des appareils de *Block* et reliés par un fil spécial; au moyen de quelques signes conventionnels, il sera alors possible de réaliser un *Block* par sonneries, susceptible de rendre de sérieux services.

I. — Appareil Siemens et Halske (pl. X, fig. 18 et 19).

L'appareil Siemens, le premier en date, est d'un emploi général sur les lignes allemandes. Il est conçu pour l'exploitation à voie ouverte et réalise rigoureusement la dépendance des postes, — si rigoureusement qu'il se prête assez mal aux dépassements et que l'on a été forcé d'apporter à ses dispositions primitives des tempéraments sur lesquels nous reviendrons ultérieurement.

Le mât Siemens est un mât métallique en tôle, muni d'une palette à jour pour chacun des deux sens de la circulation. Ces palettes, horizontales quand elles marquent l'arrêt, sont relevées à 45° vers le haut quand elles indiquent « voie libre ». Un taquet limite leur course à la position horizontale, de façon qu'en cas de rupture de fil, l'aile se place automatiquement à l'arrêt; les fils de manœuvre s'enroulent sur un tambour à manivelle contenu dans la boîte en fonte de l'appareil électrique.

Cette boîte, représentée pl. X, fig. 18, porte sur sa face antérieure deux fenêtres vitrées, qui se présentent en rouge ou en blanc selon que la section à laquelle elles se rapportent est occupée ou libre. Les manivelles K_1 et K_2 servent à la manœuvre des signaux; les poussoirs B_1 et B_2 sont les boutons par l'intermédiaire desquels se produisent les enclenchements, et K est la manivelle de l'inducteur qui produit les courants.

Chaque poste intermédiaire comprend une seule boîte, complétée par

des sonneries d'appel et des indicateurs. La voie étant normalement ouverte, les guichets montrent un fond blanc dans leur position normale. La fig. 19 de la pl. X donne la disposition schématique de la boîte d'enclenchement.

Q_1 et Q_2 sont des tambours sur lesquels s'enroulent les fils R_1 et R_2 des deux palettes et qui sont manœuvrés par les manivelles K_1 et K_2 . La position K_2 correspond au signal à l'arrêt et la position K_1 au signal ouvert. B_1 et B_2 sont les poussoirs de blocage et de déblocage; j est une machine d'induction Siemens, activée par la manivelle K . Sur les secteurs d'échappement O_1 et O_2 sont montés les voyants rouge et blanc. Le secteur O_1 présente sa partie blanche et le secteur O_2 sa moitié rouge aux guichets correspondants. Tous deux sont saisis par les ancres d'échappement g_1 g_2 , formant armature aux électro-aimants m_1 m_1 et m_2 m_2 . Quand une série de courants, alternativement positifs et négatifs, traverse les électros, les ancres oscillent en battant contre les timbres G et dégagent les secteurs, qui, par leur propre poids, tombent dans la position O_1 .

Les secteurs sont munis d'une queue sur laquelle pose un cylindre U_1 , U_2 , qui glisse à frottement doux sur la tige du poussoir. Le poids de ce cylindre tend donc à relever le secteur, mais cette action est empêchée par une goupille, fichée dans la tige du poussoir, qui suspend l'effet du contrepoids. Le voyant ne pourra être relevé par le cylindre U_1 U_2 que si le poussoir B est abaissé et si l'ancre oscille, c'est-à-dire si les courants nécessaires passent dans les électros. En abaissant les poussoirs B_1 ou B_2 , on agit d'ailleurs sur les lames de ressort D_1 et D_2 , qui établissent les commutations nécessaires à l'envoi des courants. Les tiges des poussoirs B_1 , B_2 sont continuées par les tiges p_1 , p_2 , dont la partie supérieure porte un collet d'arrêt u_1 u_2 . Ces tiges tendent à descendre par leur poids, mais leur extrémité porte sur les doigts V_1 et V_2 , sollicités à se relever par des ressorts. Quand, sous l'action du poussoir, la tige p_1 est abaissée, le doigt V_1 pénètre dans une encoche du tambour si celui-ci est convenablement tourné; c'est le cas du tambour Q_2 . Mais si l'encoche ne se présente pas devant le doigt, p_1 est immobilisé et, avec lui, le poussoir correspondant.

Considérons maintenant ce qui se passe pour un train reçu et pour un train expédié par le poste. Le train venant de L_1 étant annoncé par sonnerie, le garde ne peut débloquer à l'arrière, car son signal est au passage; le doigt V_1 est dans la position figurée à droite et, le poussoir B_1 ne pouvant être abaissé, il n'est pas possible d'envoyer à l'arrière le courant de déclenchement; mais quand le train est passé, le garde du poste que nous considérons met son signal à l'arrêt, appuie sur le poussoir B_1 et tourne la

manivelle de l'inducteur. Cette manœuvre a pour effet d'envoyer à l'arrière le courant de déblocage et d'immobiliser le signal à l'arrêt.

Que se passe-t-il, en effet? Le poussoir B_1 , en même temps qu'il établit la commutation par le ressort D_1 , abaisse la tige p_1 et engage le doigt V_1 dans l'encoche du tambour Q_1 : le poids U_1 agit sur le secteur O_1 et, comme les courants passent, le secteur oscille et remonte. Dans ce mouvement de rotation, il présente la partie échancrée de son axe au levier h_1 , sollicité de gauche à droite par un ressort antagoniste. Ce levier s'incline donc vers la droite et vient reposer, par un nez saillant dont il est muni, sur le collet u_1 , qu'il maintient abaissé; le signal est donc enclenché à l'arrêt, car, pendant ce temps, le secteur a continué à tourner et présente de nouveau à la tige h_1 la partie pleine de son axe. Une fois les choses dans cette situation, qui est celle de la gauche du dessin, elles y restent jusqu'à ce que les courants de déclenchement soient envoyés d'aval. La dépendance des postes est donc réalisée rigoureusement, mais rien n'empêche le garde d'envoyer plusieurs déclenchements à l'arrière pour un seul train passé.

V_1 et V_2 sont les boutons des sonneries d'appel et W_1 , W_2 les sonneries actionnées par les postes en correspondance.

Ces sonneries sont activées par les courants d'induction au moyen d'un frotteur f_1 et d'une touche d'ivoire qui élimine tous les courants d'un même sens et produit le tintement de la sonnerie du poste.

En vue de permettre les dépassements de trains, l'appareil a été muni d'ouvertures par lesquelles on peut débloquer en faisant osciller les ancras à la main. Ces ouvertures sont fermées par des bouchons scellés, dont l'enlèvement est soumis à des formalités minutieuses, afin d'éviter les abus. Mais, quelques précautions que l'on prenne, c'est là une manœuvre anormale, qui ne peut être exécutée couramment.

Dans ses nouvelles installations, le chemin de fer de l'État belge a doublé les appareils de manière à rendre les sections indépendantes; mais il a dû sacrifier, par le fait, l'une des principales conditions de sécurité du *Block-system*. Là où il ne doit jamais se produire de dépassements, c'est-à-dire en pleine voie, les deux appareils sont jumelés au moyen d'une petite traverse, afin qu'une seule manœuvre opère, comme dans les appareils simples, l'enclenchement du signal et le déblocage à l'arrière.

En Allemagne, où le trafic est moins actif et où le problème des garages ne se pose que pour un petit nombre de stations, les appareils simples sont maintenus et la ligne est coupée aux stations importantes où tous les trains font arrêt. Dans ce cas, le système est complété par un poste de couverture placé à l'entrée de la gare et par un poste central établi dans la station

même et dépourvu de sémaphore. La palette d'entrée du poste de couverture de gare est enclenchée à l'arrêt par le poste central, qui seul peut permettre l'entrée de la station. Le poste central fait passer au blanc le voyant du poste de couverture et ce dernier le ramène lui-même au rouge pour pouvoir débloquer à l'amont. Il faut donc deux fils entre le poste central et le poste de couverture. Cette disposition, sans inconvénient quand le train fait arrêt, peut en présenter pour un express, rien n'obligeant le garde du poste de couverture à couvrir le train.

En somme, l'appareil de Siemens, venu de toutes pièces comme nous l'avons décrit, est un bon appareil de *Block*, réalisant les conditions essentielles et construit d'une manière robuste; mais on ne peut méconnaître qu'il manque d'élasticité. Son caractère essentiel est l'emploi de courants d'induction qui le soustraient aux influences atmosphériques. Il paraîtrait toutefois qu'à la longue les ancras s'usent et laissent échapper les dents du secteur sous l'influence des trépidations dues à la marche des trains.

II. — Electro-sémaphore Lartigue-Tesse et Prud'homme.

(Pl. XI, fig. 1 à 8.)

L'appareil Lartigue (1) est fondé sur l'emploi de l'électro-aimant de Hugues. Celui-ci se compose, comme on le sait, d'un fort aimant permanent dont les pôles, formés de deux cylindres en fer doux, sont entourés de bobines. En faisant passer dans ces bobines un courant de sens inverse à celui qui produirait l'aimantation, on affaiblit l'aimant, qui lâche une palette jusqu'alors maintenue dans la position horizontale. Il suffit, pour atteindre ce résultat, que les poids soient convenablement calculés. *On déclenche donc à distance un bras qui doit être remis à l'arrêt à la main et sur place.* Il importe de remarquer que ce n'est pas l'électricité, mais un aimant de puissance bien déterminée qui soutient le bras.

De l'application de ce principe, il résulte que, dans l'appareil Lartigue :

- 1° Les signaux sont mis à l'arrêt *mécaniquement et sur place* ;
- 2° Ils sont effacés *électriquement et à distance* ;
- 3° Les trains sont annoncés *électriquement* au poste suivant ;
- 4° Le signe extérieur de cette annonce est effacé *mécaniquement et sur place.*

(1) L'électro-sémaphore de Lartigue a été décrit dans la plupart des publications techniques. Nous citerons, notamment : un excellent article de M. Clairault, ingénieur des mines, dans les *Annales des ponts et chaussées* (1877, page 497); une notice publiée par nous-même dans la *Revue universelle des mines* (1879, 1^{er} semestre, page 270), et le travail, plus récent et plus complet, de M. Cossmann dans la *Lumière électrique* (tome XVII, page 402), auquel nous empruntons l'indication des perfectionnements apportés à l'appareil depuis l'époque où nous l'avons décrit.

Le mât sémaphorique (pl. XI, fig. 1) comprend :

1° Deux palettes supérieures, servant de signaux optiques, affectées, l'une à la voie montante, l'autre à la voie descendante ;

2° Deux palettes inférieures, servant uniquement à annoncer au stationnaire l'arrivée d'un train.

Chaque palette est mue par une tringle de tirage actionnée par une manivelle reliée à l'appareil électrique ; il y a donc quatre appareils électriques par poste de pleine voie. Aux extrémités de sections, qui n'ont de relations qu'avec un des deux côtés de la ligne, deux appareils seulement sont nécessaires ;

3° Une pile Leclanché ;

4° Un carillon agissant mécaniquement chaque fois que la position des palettes est modifiée ;

5° Une lanterne à deux feux pour les signaux de nuit : cette lanterne porte un réflecteur qui projette quelques rayons sur les bras inférieurs, de manière à les rendre suffisamment visibles pour le stationnaire.

Le grand bras pend verticalement le long du mât lorsqu'il est libre ; relevé à la main, il est enclenché par l'électro-aimant et ne peut abandonner cette position que sous l'action d'un courant émis par le poste d'aval. La voie étant fermée par le stationnaire A ne peut donc être ouverte que par le stationnaire B.

Le petit bras est peint en jaune, cette couleur n'ayant pas de signification comme signal. Libre, il est horizontal et déclenché ; relevé à la main, il est enclenché par l'électro-aimant et ne peut abandonner cette position que sous l'action d'un courant émis par le poste d'amont. La position horizontale correspond à l'annonce d'un train. Après le passage de celui-ci, le stationnaire relève sa palette à la main et ne peut plus en modifier la position jusqu'à l'annonce du train suivant, qui lui arrive du poste d'amont.

Voyons maintenant en quoi consistent les appareils électriques établissant la solidarité des postes.

Nous avons dit que les actions à produire sont *mécaniques* ou *électriques*.

Les actions mécaniques sont :

1° Le relèvement de la palette supérieure à sa position horizontale, pour couvrir un train ;

2° Le relèvement de la petite palette, pour effacer l'annonce d'un train.

Les actions électriques sont :

3° Le déclenchement du petit bras du poste d'aval, pour annoncer un train ;

4° Le déclenchement du grand bras du poste d'amont, pour dégager la section parcourue.

Les opérations 1° et 3°, destinées à couvrir un train et à l'annoncer au poste suivant, se font au moyen d'un seul tour de manivelle de l'appareil M_1 : elles doivent être faites les premières. En relevant à la main la grande palette, on emmagasine la force qui, restituée par la chute de cette palette, servira à compléter la rotation de la manivelle et à la ramener à sa position initiale.

Les opérations 2° et 4°, destinées à dégager la section parcourue et à effacer l'annonce du train qui vient de passer, se font par un seul tour de manivelle de l'appareil M_2 .

Lorsqu'un agent, placé au poste A, effectue la première manœuvre pour se couvrir et annoncer le train au poste B, le courant qui déclenche la petite palette de B revient en A et fait apparaître à la fenêtre de l'appareil le mot *occupé*. Lorsque A relève sa petite palette et déclenche le grand bras du poste d'amont, le courant qui produit ce dernier effet revient en A pour faire apparaître le mot *libre* sur le voyant de l'appareil. Le stationnaire a donc, dans chaque cas, un *accusé de réception* du signal qu'il a transmis.

L'appareil lui-même est représenté à une échelle plus grande (fig. 2 et 3). Tout le mécanisme est enfermé dans une boîte munie, à sa partie supérieure, d'une petite fenêtre devant laquelle se présente le cartel portant les mots *voie libre* sur fond blanc et *voie occupée* sur fond rouge.

1° Sur l'axe X sont montés :

La manivelle de manœuvre M et la contre-manivelle D, à laquelle est fixée la tringle de tirage T. Ces deux manivelles sont calées à angle droit ;

Une came en hélice C ;

Un disque en bois ou en ébonite O, pourvu de touches métalliques servant à inverser et à établir les circuits. Le cliquet W, indépendant de l'axe, arrête celui-ci dans deux positions déterminées au moyen d'entailles à rochet ;

Un doigt D faisant un angle de 150° avec la manivelle M ;

2° Sur un deuxième axe F est fixé le système des deux règles J (dans le plan de la came C) et r (dans le plan du doigt D). Le poids de la règle J est réglé par une tige à vis et deux contrepoids, et sa chute limitée par une vis Z. La règle r est articulée en U avec un butoir P, sur lequel vient appuyer le doigt D. A son extrémité inférieure, elle est pourvue d'une palette qui est au contact de l'électro-aimant A ;

3° Un deuxième électro-aimant R, plus faible que le premier, est accouplé avec celui-ci avec interversion des pôles, c'est-à-dire qu'un courant quelconque qui renforce l'un affaiblit l'autre, et *vice versa*.

Une palette à ressort, reliée au voyant V, est déclenchée par un courant convenable. Le voyant se déplace et le marteau *t* s'abat sur le timbre T. La tringle S relie ce système au système des deux règles métalliques J et *r*.

K est un commutateur annexe destiné à transmettre certains signaux conventionnels au moyen des fils du sémaphore. Z est le paratonnerre intercalé dans le circuit.

Pour bien rendre compte des effets produits, supposons que la fig. 2 représente l'appareil 1 d'un poste F, c'est-à-dire l'appareil du signal optique, et une figure semblable, portant les mêmes lettres primées, l'appareil 2 d'un poste F', relié électriquement au premier, c'est-à-dire l'appareil du petit bras inférieur correspondant.

La voie étant supposée libre, le grand bras du poste F est pendant et déclenché; le petit bras du poste F' est dressé et enclenché (cette symétrie de position est le point de départ des manœuvres : si elle était détruite accidentellement, on devrait la rétablir au moyen de l'anneau *d* fixé à la tige J, qui peut être atteint au moyen d'une tringle spéciale, ce qui permet de déclencher l'appareil à la main) : ce dispositif n'existe qu'aux appareils des palettes inférieures. Par conséquent, la manivelle M est horizontale, le voyant V' au blanc, la palette *f* collée à son électro-aimant : la manivelle M à 210°, le doigt D' appuyé sur le butoir P', la palette *f* séparée de son aimant et le voyant V au blanc.

Lorsqu'un train franchit le poste F, le stationnaire doit l'annoncer au poste F' et le couvrir à l'arrière. Ce double effet est obtenu en faisant tourner la manivelle M de 210° par rapport à sa position initiale. Par cette manœuvre :

1° Le grand bras du poste F est amené mécaniquement à arrêt : il y est maintenu par le doigt D, qui vient s'appuyer sur le butoir P. La rotation de l'inverseur O envoie en F' un courant négatif;

2° Ce courant a pour effet d'affaiblir l'aimant A' : la palette *p*' est lâchée et le butoir P', en s'écartant, laisse passer le doigt D'.

L'axe X' continue sa rotation et la manivelle revient à la position horizontale, correspondant au petit bras apparent et déclenché. Le train est donc couvert à l'arrière et annoncé à l'avant. La règle J', en s'abattant, a entraîné la tringle S' et mis le voyant V' au rouge. La came C', en relevant la règle J', a réappliqué la palette *p*' sur son aimant ; mais l'inverseur O', en tournant, a envoyé en F un courant positif qui, en affaiblissant l'aimant R, met le voyant V au rouge.

Le garde doit ensuite effacer l'annonce qui lui a été faite et déclencher ainsi le signal optique du poste d'amont. Cet effet est obtenu au moyen d'un

tour de manivelle de l'appareil du petit bras, qui se trouve en relation électrique avec l'appareil du signal optique du poste précédent.

Le commutateur, formé du disque en bois ou en ébonite O, porte 7 touches métalliques et 4 frotteurs réunis de manière à envoyer tous les courants dont nous avons parlé, par le seul effet de la rotation de l'axe X.

Les appareils que nous venons de décrire sont ceux de la double voie. MM. Lartigue et Tesse les ont appropriés à la voie unique au moyen de modifications peu importantes. Le problème à résoudre est plus compliqué, les trains devant être couverts dans les deux directions ; aussi les palettes inférieures sont-elles transformées en signaux optiques et affectent-elles la même forme que les bras supérieurs. Une relation mécanique existe d'ailleurs entre les palettes, afin d'empêcher la production de deux signaux contradictoires. A part ce détail et la disposition autre des courants, les appareils de la voie unique et ceux de la double voie ne présentent pas de différence essentielle.

Diverses modifications ont été apportées à l'appareil primitif. M. Eug. Sartiaux, chef du service télégraphique du chemin de fer du Nord français, a substitué un aimant d'une pièce aux lames superposées dont se composait l'aimant primitif, afin d'obtenir une constance d'action qui n'existait pas avec le premier dispositif. La boîte en tôle a été remplacée par une boîte en fonte garnie de feutre à l'intérieur. Le réglage du contrepoids de la règle J s'effectue au moyen d'une sorte de chariot glissant sur une tringle. Enfin, ce n'est plus la règle B qui remonte la palette de l'électro U, mais un goujon fixé sur le commutateur en ébonite P agissant sur un ressort fixé au voyant S. Le commutateur annexe a également subi d'importantes modifications, mais cette partie de l'appareil, étant tout à fait étrangère au *Block-system*, ne doit pas nous occuper ici.

La fig. 4 de la pl. XI, empruntée à *la Lumière électrique*, donne la forme nouvelle de l'appareil.

Tel qu'il vient d'être décrit, l'appareil Lartigue est à sections indépendantes. Pour corriger cette imperfection, M. Lartigue avait, dès 1878, solidarisé la manœuvre des deux manivelles au moyen d'un petit levier monté sur les deux tringles de tirage. (Voir *Revue universelle des mines*, loc. cit.) Mais cette modification, introduite hâtivement pour répondre à une objection qui s'était produite lors du passage du jury, était trop primitive.

M. Eug. Sartiaux a imaginé une disposition électrique très ingénieuse, qui solidarise les manœuvres d'amont et d'aval, tout en permettant de les rendre indépendantes pour satisfaire aux nécessités des dépassements. Cette importante addition, décrite par M. Alb. Sartiaux dans la *Revue*

générale des chemins de fer (1883, 2^e semestre, page 282), se compose d'une boîte en fonte placée entre les deux boîtes des appareils ordinaires et munie de manivelles dont les axes sont solidaires des contre-manivelles de manœuvre de la petite et de la grande aile. Les fig. 6, 7 et 8 de la pl. XI représentent la boîte d'enclenchement vue de face, à droite et à gauche.

Sur l'axe en relation avec la manivelle 1, qui manœuvre la grande palette, est monté un disque en ébonite P et deux frotteurs f , f réunis, l'un à la pile, l'autre à un électro-aimant Hughes, placé dans la partie inférieure de la boîte.

Sur l'axe relié à la manivelle 2, qui commande la petite palette, se trouve un deuxième disque en ébonite M et deux frotteurs e , e , qui ne servent, dans certains cas particuliers, qu'à actionner les répéteurs électriques des signaux ; sur le même axe sont calés les deux doigts D et V.

Un levier L, mobile autour de l'axe A et sollicité par le ressort R, est fixé par l'une de ses extrémités à l'armature de l'électro E ; à l'autre extrémité, il porte un taquet t , contre lequel vient buter le doigt D quand l'armature a est calée à l'électro E ; dans ce cas, la manivelle 2 est arrêtée dans la position correspondante. Si un courant convenable est envoyé dans la bobine de E, l'armature se détache sous l'action du ressort R, le levier s'incline, le doigt D peut passer et la manivelle tourner ; mais, dans cette rotation, le deuxième doigt V rencontre le levier D et le ramène au contact de l'armature. Cela posé, il est facile de comprendre le fonctionnement de l'appareil.

Supposons un train annoncé du poste d'amont. La petite aile apparaît, l'axe 2 tourne et le doigt D vient buter contre le taquet t ; dès lors, il n'est plus possible de continuer la rotation de la manivelle 2 pour effacer la petite aile et débloquent l'arrière. Mais, si le stationnaire met la grande palette à l'arrêt, en tournant la manivelle 1, il envoie dans l'électro Hughes E un courant qui détache l'armature a et permet au doigt D de passer. Le déblocage à l'arrière est donc subordonné à la couverture de la section d'aval.

L'armature a étant ramenée au contact par le doigt V dès que l'on continue la rotation de la manivelle 2, si le poste précédent annonce un second train, le garde ne pourra déclencher une deuxième fois l'arrière, bien que son signal soit à l'arrêt. Pour pouvoir opérer le déblocage, il faudra que lui-même ait été déclenché par le poste d'aval et se soit remis à l'arrêt pour couvrir le deuxième train.

Afin de se réserver la faculté de déclencher le poste d'amont sans couvrir la section d'aval, il suffit de disposer, près du point de garage, un commutateur qui envoie dans l'électro E un courant remplissant le même office

que la manœuvre de la grande aile. Cette solution simple et élégante de la dépendance des postes donne les résultats les plus satisfaisants.

Pour compléter encore les appareils, il restait à enclencher le disque à distance avec la grande aile du sémaphore, afin que les indications de ces deux signaux correspondissent toujours et que le machiniste fût averti qu'il approchait de l'origine d'une section bloquée. Cette amélioration, déjà indiquée par M. Alb. Sartiaux, est réalisée au moyen d'une serrure électrique fixée sur la tringle de manœuvre du disque et de quelques modifications dans les commutations des boîtes d'enclenchement. Pour mettre à l'arrêt la grande aile du sémaphore, il faut, au préalable, que le disque à distance y ait été placé. Cette manœuvre envoie dans l'appareil d'enclenchement un courant qui permet de relever la grande aile ; aussi longtemps que celle-ci reste à l'arrêt, le disque est enclenché.

On a reproché aux électro-sémaphores Lartigue de ne pas être à l'abri des courants atmosphériques. L'objection est réelle, car il va de soi qu'une palette *peut être* déclenchée intempestivement par une décharge atmosphérique ; mais, *en pratique*, elle ne paraît pas avoir une grande portée : pour que l'effet redouté se produise, il faut un courant de *direction* et d'*intensité* déterminées ; si le courant n'a pas la direction voulue, il ne fera que renforcer l'aimant qui maintient la palette à l'arrêt ; s'il est trop faible, il n'aura pas une énergie suffisante pour détruire celle de l'aimant ; s'il est trop fort, il produira une aimantation en sens inverse et la palette restera en place. Il devra donc être compris entre certaines limites pour produire son effet. Des expériences directes ont établi ce qui précède et, en pratique, aucun déclenchement intempestif ne s'est produit, même par de forts orages. Remarquons que, les deux électro-aimants étant constamment armés (la pièce *g* venant au contact de *R'* quand *f* se décolle), il n'y a aucune raison pour que leur énergie diminue.

MM. Heurteau et Guillot, en étudiant l'application des électro-sémaphores au réseau d'Orléans, ont dû être frappés également des inconvénients qui pourraient résulter d'un déclenchement accidentel par l'orage et ont proposé, pour y remédier, la disposition suivante : un train étant engagé entre A et B, le grand bras de A et le petit bras de B sont horizontaux. Dans cette situation, un courant continu positif est envoyé de B dans l'appareil n° 1 de A, courant qui ne fait qu'augmenter la force attractive de l'aimant. Si le grand bras vient à être déclenché à contretemps, une sonnerie qui résonne dans les deux postes A et B prévient les stationnaires que quelque chose d'anormal s'est produit. C'est là un palliatif et non un remède radical. Il annonce que l'inconvénient s'est produit, sans en empêcher la production.

POSTES VOLANTS. — Lorsque les postes sont à une certaine distance l'un de l'autre, il peut être difficile d'expédier sur la ligne des trains très rapprochés nécessités par des circonstances exceptionnelles : courses, mouvements de troupes, etc. Pour parer à l'éloignement *momentanément trop grand* des postes, MM. Lartigue et Tesse ont imaginé d'intercaler des postes volants entre les postes fixes. Deux solutions ont été appliquées entre Paris et Chantilly quand, les jours de course, il faut expédier jusqu'à vingt trains spéciaux à cinq minutes d'intervalle.

Dans la première solution, les postes volants comprennent deux sonneries : l'une, sourde, jouant le rôle de la petite aile du sémaphore, l'autre, claire, qui représente la grande aile. Cet appareil n'est évidemment qu'un simple indicateur et le stationnaire doit faire les signaux optiques nécessaires avec un drapeau ou une lanterne.

MM. Lartigue et Tesse ont construit également des appareils volants, représentés pl. XI, fig. 5, qui donnent les mêmes signaux que les appareils fixes. Ce sont des électro-sémaphores réduits et simplifiés. Les grandes et les petites ailes ont la même signification que dans les postes fixes. Toutes les indications données, sauf l'accusé de réception, sont les mêmes ; mais les bras sont manœuvrés à la main et l'action de l'aimant Hughes est directe. L'appareil de manœuvre est donc supprimé et l'organe électrique réduit à un commutateur. AA' et BB' représentent les deux grands bras de l'appareil reliés invariablement aux leviers I et M portant la palette d'armature des aimants H et H'. Ces leviers portent des doigts Q et R, agissant sur les basculeurs à mercure qui servent de commutateurs.

Les petits bras *a* et *b* portent eux-mêmes les palettes d'armature des électro-aimants *h*, *h'* ; les doigts *q* et *r* des petits bras actionnent les basculeurs *c*, qui envoient les courants convenables sur la ligne. Tout l'appareil est fixé, par deux tire-fond, sur le poteau télégraphique portant les fils de sémaphore, que l'on coupe momentanément pour y intercaler le poste volant.

3. — Appareils Regnault modifiés.

La Compagnie de l'Ouest français a modifié l'appareil Regnault employé sur son réseau, en vue de le mettre en harmonie avec les exigences du *Block-system* moderne. Ces modifications, devenues nécessaires à la suite de la circulaire ministérielle du 12 janvier 1881, ont eu pour but de réaliser les conditions suivantes :

1° Un poste A ne peut annoncer un train au poste d'aval B qu'après l'avoir couvert au moyen de son signal carré d'arrêt absolu ;

2° Ce signal ne peut plus être effacé par le poste A avant que B ne lui ait envoyé un courant de déclenchement ;

3° Ce courant ne peut être envoyé par B que lorsqu'il a mis à l'arrêt son signal à distance vers A.

La première condition est obtenue par un enclenchement mécanique et les deux autres par l'emploi d'une serrure électrique.

L'enclenchement mécanique se compose d'un verrou rendu solidaire, par un jeu de leviers, de la tringle de transmission du levier de manœuvre du signal carré. Ce verrou pénètre dans une encoche du poussoir de départ de l'appareil Regnault et l'immobilise tant que le disque est au passage. Mais quand ce signal est à l'arrêt, le poussoir de départ est libéré, et l'on peut annoncer un train au poste d'aval.

La serrure électrique est représentée pl. X, fig. 23. Elle est contenue dans une boîte, placée horizontalement sur le support du levier de manœuvre, et se compose d'un pêne K, dont l'extrémité V, sous l'action du ressort r , appuie constamment sur le secteur de ce levier. Quand le signal est ouvert, le pêne est libre et peut être tiré par la poignée F ; mais lorsqu'il est fermé, l'extrémité V pénètre, sous l'action du ressort r , dans un retrait pratiqué dans le secteur. En prenant cette position, qui cale à l'arrêt le levier de manœuvre, le pêne K, muni d'un double coude, est pris lui-même et enclenché mécaniquement par le coudé mb , fixé à l'armature a d'un électro-aimant. Le signal est donc calé à l'arrêt tant que l'électro n'est pas traversé par le courant d'une pile locale. Or, ce courant ne peut être établi qu'en supprimant deux solutions de continuité ; la première xy est fermée par l'équerre mn menée par le pêne K, dès que ce pêne prend la position à fond de course correspondante au signal fermé. La deuxième est dans l'appareil électrique, et sa fermeture correspond à l'aiguille verticale, c'est-à-dire à la voie libre.

Ainsi est remplie la seconde condition, à savoir : dès qu'un train est annoncé et que le signal a été fermé derrière lui, on ne peut plus effacer ce signal tant que le poste d'aval n'a pas rendu la voie libre.

Quant à la troisième condition : *mise à l'arrêt du signal à distance du poste avant que ce poste puisse envoyer voie libre à l'amont*, on l'obtient en intercalant un relai à double effet sur la trembleuse du disque. Pour envoyer le courant de déclenchement à l'amont au moyen du bouton d'arrivée, il faut que le levier K soit venu en contact avec n , ce qui exige que la palette s du relai soit attirée par l'électro-aimant et, par suite, le circuit de la trembleuse fermé. Le disque avancé doit donc être à l'arrêt.

Ainsi modifié, l'appareil Regnault répond plus ou moins rigoureusement

aux conditions du *Block-system*, mais il faut reconnaître que cette adaptation après coup laisse cet appareil fort en dessous des dispositions venues de premier jet dont nous avons parlé.

4. — Nouveaux appareils du P.-L.-M.

Le P.-L.-M. a adopté le nouvel appareil de Chaperon et Rodary, par un règlement homologué en 1885. Dans la construction de cet appareil, les inventeurs se sont imposé les conditions suivantes :

1° Avant de déclencher A pour lui rendre voie libre, B doit, au préalable, mettre à l'arrêt son disque avancé ;

2° B ne peut envoyer à l'amont deux déclenchements successifs pour un seul train passé, en ce sens qu'avant l'envoi d'un deuxième déblocage, il doit remettre son signal à distance au passage, puis de nouveau à l'arrêt ;

3° En mettant son sémaphore à l'arrêt, B annonce au poste C le train qu'il couvre ;

4° Cette manœuvre, c'est-à-dire la mise à l'arrêt du sémaphore de B, enclenche ce signal jusqu'au moment où il a été libéré par C ;

5° La mise à l'arrêt du sémaphore d'un poste doit être précédée de celle du signal à distance.

L'enclenchement mécanique du levier de manœuvre L (pl. XI, fig. 9) est obtenu au moyen d'un verrou *v*, mû par la tringle *b* et par les deux renvois en équerre *d* et *a*. Quand le verrou *v* est dans la boîte électrique A, le signal est enclenché à l'arrêt. Dans le cas contraire, il peut être mis au passage. L'appareil indiqué à la figure est double et se rapporte à un poste de pleine voie avec relation des deux côtés. Pour les postes de tête de ligne, il n'y a qu'un verrou *v* et qu'une tringle *b*.

La boîte électrique est figurée pl. XI, fig. 9 à 15.

Le verrou B est muni d'une encoche rectangulaire *h*, dans laquelle la tige *i* retombe par son propre poids. Il en résulte que, le verrou étant rentré et, par suite, le signal à l'arrêt, il reste dans cette position aussi longtemps que la tige *i* est abaissée. Le relèvement de cette tige dépendant de l'envoi d'un courant par le poste d'aval, la condition 4 est réalisée. Ce courant traverse la bobine *j* et exerce les effets suivants : une palette *k*, soumise à l'effet d'un aimant permanent *l*, est normalement attirée par le noyau de la bobine *j* ; mais, si un courant de sens convenable traverse celle-ci, la palette, repoussée, se relève sous l'action d'un ressort antagoniste en entraînant la tige d'enclenchement *i* par l'intermédiaire de la goupille R. Quand le verrou sort de la boîte, le taquet en biseau *p* agit sur la came *q*, qui relève la palette *k* et la recolle sur le noyau de la bobine *j* ; dans cette posi-

tion, si on envoyait indûment un courant dans la bobine j , la palette serait déclenchée, mais la barre i , tombant sur la partie pleine du verrou, ne produirait aucun effet d'enclenchement. Lorsque le verrou rentre dans la boîte, il bute contre le levier r et, par une série de renvois, agit sur le bouton d'annonce des trains. La mise à l'arrêt du signal et l'annonce au poste d'aval sont donc connexes, *ce qui réalise la condition 5.*

La tige i porte un contrepoids t ; lorsqu'elle remonte, c'est-à-dire quand le signal est libre, ce contrepoids agit sur le levier u et relève le cartel E , dont la partie blanche se présente devant la fenêtre de l'appareil; quand elle retombe, la fenêtre apparaît en rouge.

Le courant de déclenchement est envoyé, au moyen d'un poussoir à ressort G , sur le circuit duquel est monté l'électro H ; l'armature de cet électro est formée d'une palette a , traversée librement par une tige b , qui pénètre dans le poussoir et empêche de l'enfoncer. Quand le disque avancé est à l'arrêt, le courant du commutateur traverse la bobine H , sa palette est attirée et abaisse la tige b par un petit collet dont celle-ci est munie. Ce n'est donc qu'après avoir mis le disque à l'arrêt que l'on peut déclencher l'arrière, *ce qui réalise la dépendance des postes et la condition 1.*

La palette a porte un crochet f et, quand on appuie sur le poussoir G , la pièce à trois branches g est entraînée et reste accrochée au crochet f . La troisième branche de g est une fourchette qui soulève une deuxième tige d'enclenchement h , laquelle pénètre dans un deuxième trou du poussoir. Si, après avoir fermé le disque, on appuie sur le poussoir, il se trouve enclenché par la tige h et reste immobilisé jusqu'à ce que le disque ait pu être remis au passage. On ne peut donc envoyer à l'arrière deux déblocages pour un seul train passé, *ce qui réalise la condition 2.*

Tel qu'il vient d'être décrit, cet appareil présente un inconvénient grave.

Le signal à distance est complètement libre et le signaliste peut en user comme il l'entend. Dès lors, l'obligation de se couvrir pour débloquer l'arrière ou l'impossibilité de donner plusieurs déclenchements deviennent illusoires. Pour faire disparaître ce danger, on a ajouté sur le circuit de la sonnerie un interrupteur qui empêche le courant d'arriver au poussoir tant que le sémaphore n'est pas à l'arrêt. Le signaliste est donc obligé de se couvrir par le sémaphore pour déclencher à l'arrière. M. Cossmann fait observer avec raison que le rôle important dévolu à la trembleuse du disque détourne celle-ci de son véritable rôle d'appareil de contrôle. Nous ajouterons que la moindre avarie survenant à cette trembleuse peut compromettre tout le fonctionnement du système.

L'appareil se prête aux dépassements par des modifications convenables dans l'installation du poste.

5. — Appareil Hodgson.

Nous terminerons l'étude des appareils de *Block* enclenchés par la description des systèmes Hodgson et Flamache, qui, seuls parmi ceux que nous étudierons, comportent l'emploi d'une pédale. Toutefois, nous ferons remarquer encore que cet organe supplémentaire, qui pourrait être ajouté à plusieurs des systèmes qui nous ont déjà occupés, n'est, en réalité, qu'un enclenchement additionnel, permettant certaines manœuvres sans les effectuer jamais, et qui pourrait être supprimé sans faire perdre aux appareils leur caractère essentiel.

Le *Block Hodgson* est du type à sections dépendantes et à déclenchement indépendant, c'est-à-dire qu'il se prête à toutes les nécessités de l'exploitation, tout en réservant rigoureusement, pour la circulation régulière, le principe de la dépendance. Depuis sa création, l'appareil Hodgson a subi différentes transformations; dans la première application qui en fut faite sur le réseau de l'Etat belge entre Bruxelles et Anvers, un poste comportait, pour chaque direction, un appareil de tête et un appareil de fin de ligne, soit, en tout, quatre boîtes, nécessitées par l'obligation de pouvoir déclencher à l'arrière, dans certains cas déterminés, sans mettre le signal d'amont à l'arrêt.

Dans le nouveau type, exposé à Anvers en 1885, la fonction de l'appareil de tête est remplie par un *electric-slot* dont nous donnerons la description en parlant des enclenchements; il n'y a donc plus qu'une boîte par direction. Nous décrirons cette disposition, qui paraît être définitivement adoptée par les constructeurs anglais.

L'installation d'un poste comprend pour chaque direction (pl. X, fig. 20, 21 et 22) :

1° *L'appareil de tête*, composé lui-même des éléments suivants :

A. Un sémaphore miniature dont la palette supérieure est horizontale ou inclinée, selon le sens du dernier courant qui l'a mise en mouvement. Ce courant émane du poste d'aval par la manœuvre même du coup de timbre envoyé à l'arrière. Quand la palette est inclinée, ce qui marque que la section d'aval est libre, un courant local s'établit qui traverse l'*electric-slot*;

B. Un *electric-slot* commandant l'ouverture du signal de la section d'aval et qui n'est autre chose qu'un enclenchement électrique dépendant du poste d'aval;

2° *L'appareil de fin de ligne*, comprenant :

C. Un bouton plongeur P, établissant les commutations nécessaires pour annoncer un train à l'aval ou pour déclencher le poste d'arrière ;

D. La palette inférieure du sémaphore miniature, qui marque si la section d'amont est libre ou occupée ;

E. La poignée H, qui peut occuper trois positions distinctes : à gauche, au milieu et à droite. Quand elle est à gauche ou au milieu, le courant produit par le bouton plongeur P de la sonnerie, maintient à l'arrêt la palette supérieure du poste d'amont. Quand elle est à droite, ce courant abaisse, en même temps que la palette supérieure d'amont, la palette inférieure du poste considéré. On voit déjà que le courant de déclenchement, accusé au poste précédent par l'inclinaison de la palette supérieure qui marque que la section d'aval est libre, ne peut être envoyé que si la manivelle H du poste qui débloque est à droite ;

F. L'ensemble des pièces d'enclenchement.

Remarquons que tous les organes compris sous les litt. A, C, D, E, F sont enfermés dans une boîte unique. Nous ne les avons distingués que parce qu'ils sont affectés à des fonctions différentes.

Le plongeur C, actionné par le bouton P, traverse l'axe creux S de la manivelle H ; il porte une plaque métallique C, dont le rôle est d'établir, par les contacts 1, 2, 3, 4, d'une part, et par le contact 5, de l'autre, les commutations nécessaires ; il ne peut être poussé à fond que si la manivelle H est exactement dans l'une de ses trois positions : si cette condition n'est pas remplie, il est arrêté par des boutons saillants fixés dans la paroi d'arrière de sa boîte.

Quand *la manivelle H est à gauche*, c'est-à-dire dans sa position normale, les signaux sont libres, le plongeur l'est également et, en l'enfonçant, le stationnaire annonce le train au poste d'aval au moyen d'un ou de plusieurs coups de timbre.

Quand *la manivelle H est à droite*, le stationnaire peut déclencher le poste d'aval et abaisser la palette supérieure du sémaphore miniature de ce poste en agissant sur le poussoir P.

Quand *la manivelle H est au milieu*, l'action du poussoir est encore de sonner à l'amont ; mais l'effet du courant est de ramener la palette supérieure à l'horizontale, c'est-à-dire à l'arrêt.

Remarquons, dès maintenant, que, par l'effet de la construction même de l'appareil, la manivelle, ayant été amenée de la droite au milieu, ne peut rétrograder vers la droite ni continuer sa course vers la gauche pour envoyer « voie libre » au poste d'amont.

Étudions maintenant les organes d'enclenchement contenus dans la partie inférieure de la boîte.

Dans la fig. 20, la manivelle H est représentée à gauche : elle est donc, et avec elle tous les organes d'enclenchement, dans la position normale. En l'amenant à droite, on fait tourner l'axe O et la pièce à trois branches $C_1 C_2$ calée sur cet axe. Dans ce mouvement, la branche C_1 bute contre le crochet E, mobile autour de l'axe E_1 , et le soulève jusqu'à ce que le taquet e rencontre l'armature F de l'électro-aimant N : celle-ci est légèrement déplacée, laisse passer le taquet et retombe de manière à en empêcher le retour. Le crochet est donc maintenu soulevé jusqu'au moment où un courant, passant dans l'électro N, attirera l'armature F et dégagera le taquet e . Sur l'axe E_1 et participant à son mouvement, est également monté une pièce GG_1 . En même temps que E remonte, le bras G se déplace vers la droite et dégage le crochet M, dont l'extrémité en marteau vient retomber sur la branche C_2 . A ce moment, le stationnaire peut, en enfonçant le plongeur, envoyer à l'amont le courant de déclenchement, qui abaisse la palette du sémaphore et déclenche l'*electric-slot*. La position de droite correspond donc au déclenchement du poste d'amont.

La manivelle, étant ramenée en arrière, ne peut rétrograder plus loin que la position du milieu, car la branche C_1 vient buter contre le crochet G^1 ; d'autre part, le crochet M enclenche le bras C_2 dès qu'il se déplace et l'empêche de revenir vers la droite ; la manivelle est donc fixée dans la position du milieu. Quand le train passe sur la pédale, un courant est envoyé dans l'électro-aimant N, l'armature E est attirée, le crochet retombe et ramène la pièce G dans la position de la figure. Dans ce mouvement, le crochet M revient à sa position normale et rien ne s'oppose plus à ce que la manivelle soit portée vers la gauche. La position du milieu est donc celle qui correspond à l'attente d'un train et ne peut être modifiée qu'après le passage de celui-ci. Le courant de pédale s'établit par l'intermédiaire d'un relai à mercure. A cet effet, la branche G porte deux tiges de platine P qui, en plongeant dans un petit vase rempli de mercure, établissent une communication entre deux bornes où aboutit le circuit de la pédale. Dans la position normale, les contacts P ne plongent pas et le circuit est coupé. Dans la position d'attente du train, les deux bornes sont réunies et les fils disposés pour laisser passer un courant dans l'électro N dès que le circuit sera momentanément fermé par le passage d'un train sur la pédale. Cet arrangement est économique, puisque la pile ne fonctionne que pendant le court instant nécessaire pour déclencher l'appareil.

Au levier M est fixé un léger voyant, qui se présente en rouge ou en vert

devant une fenêtre, selon que la manivelle H est enclenchée ou libre. La partie supérieure de la boîte constitue, avec l'*electric-slot*, l'appareil de tête de ligne.

La palette supérieure du petit sémaphore fonctionne sous l'action du courant venu d'aval; elle indique au stationnaire si le signal qui commande l'accès de la section d'aval est libre ou enclenché. La palette inférieure fonctionne par le courant envoyé vers l'amont : abaissée, elle marque donc que le courant de déclenchement a été envoyé.

Le système magnétique qui actionne les palettes porte une armature cylindrique O s'orientant différemment selon le sens du courant qui traverse l'électro. Cette armature est munie d'un crochet de platine O' et, quand elle tourne, ce crochet plonge dans du mercure et ferme le circuit d'une pile locale. Le courant ainsi produit déclenche l'*electric-slot* et permet l'ouverture de la section.

L'*electric-slot* complète l'appareil de tête. C'est un véritable appareil d'enclenchement à distance, qui a pour but de mettre le signal d'entrée de la section sous le contrôle de l'agent d'aval. Nous le décrirons ultérieurement à sa vraie place, c'est-à-dire avec les enclenchements, et nous nous bornerons ici à en indiquer le fonctionnement. Tant qu'aucun courant ne traverse la bobine de ce *slot*, il est impossible de mettre au passage le signal qu'il enclenche et, si ce signal est au passage, l'interruption du courant a pour effet de le remettre automatiquement à l'arrêt; mais si la bobine est traversée par le courant de déclenchement, le stationnaire peut ouvrir la section. Remarquons d'ailleurs que, si le signaliste a négligé de remettre le signal à l'arrêt, le passage du train sur la pédale provoque la rupture de courant qui amène ce résultat.

La pédale du Block-Hodgson est représentée pl. X, fig. 22; elle agit par établissement de courant et le dessin suffit pour se rendre compte de son fonctionnement.

Nous terminerons cette description par l'indication des opérations nécessaires à l'expédition et à la réception d'un train.

Expédition d'un train de B vers C et réception de ce train en C.

1° B annonce le train à C au moyen d'un nombre convenu de coups de timbre transmis avec l'appareil de queue de la section CB, le seul qui porte une sonnerie; sa manivelle H est dans la position de gauche;

2° C répète ce signal avec l'appareil de queue de la section BC;

3° B marque, par un nouveau coup de timbre, que c'est bien le déclenchement qu'il demande;

4° C place sa manivelle H à droite et envoie le déclenchement à l'arrière

en appuyant sur son plongeur. Par suite de cette manœuvre, la petite palette de B s'abaisse, le contact O' s'établit et l'*electric-slot* est déclenché ;

5° C remet sa poignée H au milieu et sonne vers B, ce qui ramène à l'arrêt la petite palette de B. Plus tard, de par les relations d'enclenchement de l'appareil, B sera obligé de remettre son levier en place, s'il n'y est déjà, pour envoyer un déclenchement en A ;

6° Le train arrive en C, passe sur la pédale et établit le courant local qui remet les pièces de l'enclenchement dans leur position normale. H peut alors être ramené à gauche.

6. Appareil Flamache. (Pl. XVI, fig. 1 et 2, et pl. XI, fig. 14, 15 et 16.)

L'appareil Flamache a été conçu pour la double voie et la section rigoureusement dépendante, et c'est sous sa forme primitive que nous l'avons décrit dans la *Revue universelle des mines* (tome XI, 2^e série, p. 543). Mais, depuis cette époque, il a subi d'importantes modifications et, dans le but de ne pas développer outre mesure notre partie descriptive, nous ne nous occuperons ici que du type appliqué sur la ligne de Denderleeuw à Sottegem, du réseau de l'État belge. Cette ligne est à simple voie, mais des transformations insignifiantes rendent le nouvel appareil propre à l'exploitation de la double voie.

Sur la ligne qui nous occupe, le *Block* est à sections fermées et l'appareil du type à sections dépendantes et à déclenchement indépendant, caractérisé, rappelons-le encore, par l'absence de relation électrique entre les manœuvres d'amont et d'aval.

Dans les premiers appareils, la manœuvre de la manivelle enclenchant le signal avait pour effet de débloquer l'arrière : la *fonction pédale*, la *fonction déclenchement* et la *fonction signal* étaient donc réunies dans un même appareil. Dans la nouvelle disposition, on a été conduit, en vue de permettre les dépassements, à séparer la fonction signal des fonctions pédale et déclenchement, d'où la nécessité de quatre boîtes, au lieu de deux, pour chaque poste.

L'ensemble du système comprend :

A. Les appareils d'enclenchement mécanique et électrique qui constituent le *Block* proprement dit ;

B. Les sonneries et les indicateurs qui en sont les compléments utiles, mais non indispensables.

Chaque poste de *Block* comporte pour chaque direction (pl. XI, fig. 14 à 17) :

1° Un *transmetteur*, dont la manivelle est désignée par la lettre F, des-

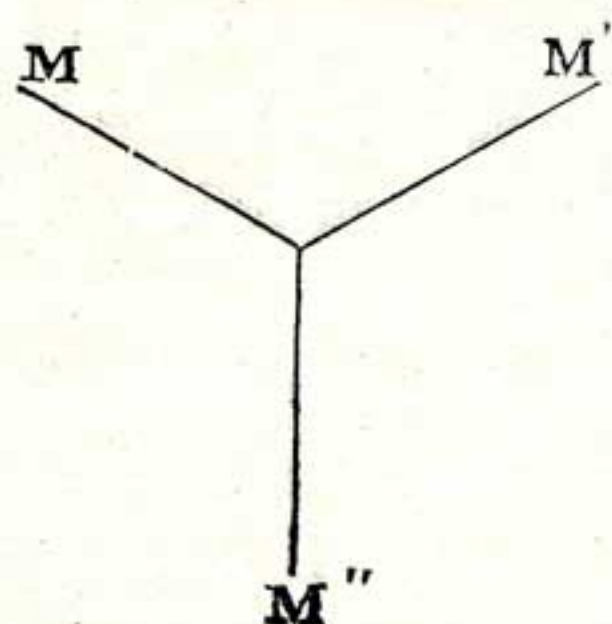
tiné à envoyer à l'arrière le courant de déclenchement : il est placé à la *fin* de la section à laquelle il se rapporte et correspond aux fonctions pédale et déclenchement;

2° Un *récepteur* (manivelle T), qui reçoit le déclenchement; complété par le levier du signal, il correspond à la fonction signal et se place en *tête* de la section à laquelle il se rapporte ;

3° Une *pédale*, reliée à l'appareil F, traversée par le courant local;

4° Des *sonneries* d'appel montées sur un fil spécial.

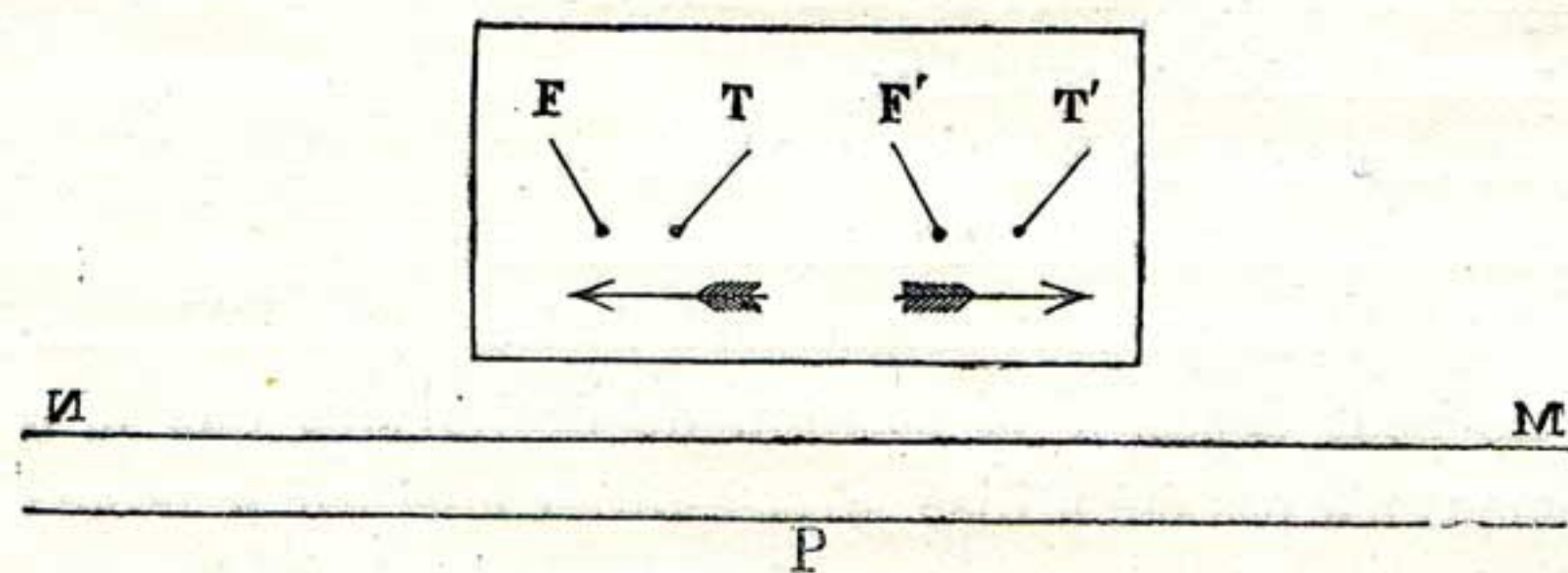
Il y a donc, en tout, quatre manivelles, deux F et deux T.



Chacune de ces manivelles est munie d'une cliquet à ressort qui l'empêche de tourner de droite à gauche, et la fixe dans trois positions M, M', M'', que nous appellerons position de gauche, position de droite et position verticale.

L'enclenchement mécanique des signaux optiques et des appareils est obtenu comme suit :

Les manettes des leviers de manœuvre L mettent en mouvement, par l'intermédiaire des balanciers à coulisse B et des bielles C, les axes D et D', sur lesquels sont calés les taquets *b* et *b'*. Quand ces taquets se présentent devant la partie pleine des disques encochés *a* et *a'* montés sur l'axe des manivelles, ils sont immobilisés; mais si, par une manœuvre convenable de la manivelle, les encoches se présentent devant les taquets, ceux-ci peuvent passer et il est possible d'ouvrir les signaux en renversant les leviers; réciproquement, si l'un des taquets est engagé dans son disque, la manivelle correspondante est enclenchée dans sa position.



Dans leur position normale (voir schéma ci-dessus) les manivelles T sont à droite et les manivelles F à gauche (1). Dans cette position, le signal

(1) Les flèches indiquent le sens de la marche des trains. Par conséquent :

F est l'appareil de fin de ligne de la section PM.

T » tête » PN.

F' » fin » PN.

T' » tête » PM.

vers M est enclenché par le taquet de l'arbre D'. Pour le déclencher, il faut faire passer la manivelle T' à gauche. Réciproquement, si le signal est au passage, on ne peut amener la manivelle T' de gauche à droite.

L'enclenchement électrique est obtenu au moyen des dispositions suivantes (à gauche de la fig. 14, pl. XI) :

Sur l'axe des manivelles T est monté un taquet H et sur celui des manivelles F une pièce à trois branches L, qui établissent les relations nécessaires entre les manivelles correspondantes et les armatures de forme spéciale G et K des électro-aimants E. Quand un courant passe dans l'électro-aimant d'une manivelle F (ce courant est le courant local de la pédale ou le courant de déclenchement envoyé vers l'amont), l'armature est relevée et l'un des bras L est arrêté par le buttoir K. *La manivelle F ne peut donc tourner que si le courant est interrompu.*

Quand il ne passe pas de courant dans l'électro d'une des manivelles T, l'armature G retombe, enclenche le taquet H et, par suite, la manivelle correspondante. *Pour que la manivelle T puisse tourner, il faut donc qu'un courant traverse la bobine.* Ce courant est le courant de déclenchement reçu du poste d'aval.

En résumé, dans leur position normale les manivelles T sont enclenchées et les manivelles F libres.

Les manivelles F et T sont, en outre, enclenchées mécaniquement au moyen des cames échanrées c et c' montées sur leurs axes (pl. XVI, fig. 1 et 2). Il résulte du tracé de ces cames que :

1° Lorsque la manivelle T est à gauche, la manivelle F ne peut passer de gauche à droite ;

2° Réciproquement, quand la manivelle F est à droite, la manivelle T ne peut passer de droite à gauche ;

3° Quand la manivelle F est verticale, la manivelle T est libre.

Nous avons vu quelle était la fonction de la manivelle T.

La manivelle F, en passant de gauche à droite, sert à débloquent l'arrière, mais elle ne peut dépasser la position de droite tant que le courant de déclenchement n'a pas été utilisé, c'est-à-dire coupé par le poste d'amont : alors seulement sa rotation peut continuer ; mais, en même temps, il se produit un changement de commutation qui envoie dans l'électro-aimant E le courant local de la pédale. La manivelle est derechef arrêtée et ne peut revenir à gauche qu'après rupture du courant de pédale par le passage d'un train.

Les différentes combinaisons mécaniques et électriques que nous venons d'examiner assurent les résultats suivants :

1° Aucun courant ne passant normalement dans la bobine de la manivelle T', le signal vers M, qu'elle commande, reste enclenché à l'arrêt jusqu'à ce qu'il soit libéré par un courant venu du poste d'aval M. *C'est la condition de la section fermée;*

2° La manivelle F' ne peut être amenée de gauche à droite pour déclencher le poste N si le signal vers N est au passage; car le taquet *b'*, engagé dans l'encoche du disque *a'*, empêche toute rotation de la manivelle. Réciproquement le signal vers N ne pourra être ouvert si la manivelle F' est à droite, c'est-à-dire N déclenché. *C'est la condition imposée par la voie unique;*

3° Par suite du tracé des cames, F' ne pourra être amenée de gauche à droite, pour déclencher N, si T' est à gauche, c'est-à-dire le signal vers M au passage. *C'est la condition de la dépendance des postes.* Réciproquement, si F' est à droite, T' ne pourra être amené à gauche, c'est-à-dire que, si N a demandé et obtenu le déclenchement; il faudra qu'il l'utilise avant que le poste P puisse ouvrir le signal vers M;

4° La manivelle F' ne pourra être ramenée dans sa position normale que si le courant de pédale a été coupé par le passage d'un train. Mais, chaque fois que cette condition sera remplie, c'est-à-dire pour chaque train arrivant en P, on pourra débloquent l'arrière pour autant que le signal vers M soit à l'arrêt. *C'est la condition nécessitée par les dépassements.*

Des relations identiques existent pour l'autre direction.

Il est recommandé aux stationnaires de ne pas manœuvrer intempestivement les manivelles F et F', c'est-à-dire de ne les amener vers la droite qu'au moment où le déclenchement leur est demandé : une manœuvre prématurée vers N, par exemple, pourrait avoir pour effet d'arrêter tous les trains venant de M jusqu'à ce qu'un train allant de N vers P ait *utilisé* le déclenchement envoyé trop tôt.

Les *commutations* nécessaires à l'envoi des différents courants sont produites par la rotation de la manivelle elle-même. A cet effet, sur l'axe de celle-ci est monté un commutateur, formé d'un cylindre en ébonite ou en bois (pl. XI, fig. 14 et 15), portant des contacts en cuivre convenablement disposés. Contre ce cylindre s'appuient des lames de ressort reliées aux différents circuits. Nous avons décrit en détail ce commutateur et les communications qu'il fournit pour l'appareil à double voie, dans la *Revue universelle des mines* (*loc. cit.*). Il nous paraîtrait sans intérêt de revenir sur ce point qui n'a reçu que des modifications de détail en rapport avec le nouvel appareil.

Sonneries.— Les sonneries sont indépendantes des appareils et mises en action par les boutons B et B'; elles ne présentent rien de spécial.

Les *indicateurs* ne font pas partie du *Block* proprement dit, qui pourrait très régulièrement fonctionner sans leur intervention. Mais ils donnent aux stationnaires des indications précieuses, dont il faudrait se garder de les priver.

Sur le devant de l'appareil se trouve un sémaphore miniature à deux palettes. La palette supérieure est mise au passage par le courant de déclenchement venu d'aval; elle indique donc au stationnaire si la section d'aval est libre et s'il peut ouvrir le signal qui en commande l'accès. La palette inférieure est mise au passage par le courant de sonnerie, au moyen duquel le poste d'amont accuse réception du déclenchement qui lui a été envoyé; elle indique donc au signaliste que le déclenchement a été utilisé à l'amont et qu'il doit amener la manivelle *F* à la verticale. Dès que le poste d'amont s'est bloqué, il attaque de nouveau son voisin par une sonnerie qui ramène la palette inférieure à l'arrêt. En somme, la palette supérieure marque la situation de la section d'aval et la palette inférieure celle de la section d'amont. Nous n'insisterons pas davantage sur les dispositions électriques de détail qui mettent les palettes en mouvement, l'intérêt qu'elles présentent étant assez mince pour le but qui nous occupe.

Pour approprier l'appareil à la double voie, il suffit de supprimer le taquet *b'*, qui établit la solidarité entre l'ouverture du signal vers *N* et le déclenchement de *N*, rien ne s'opposant plus alors à ce que deux trains circulent à la fois, en sens inverse, sur la même section.

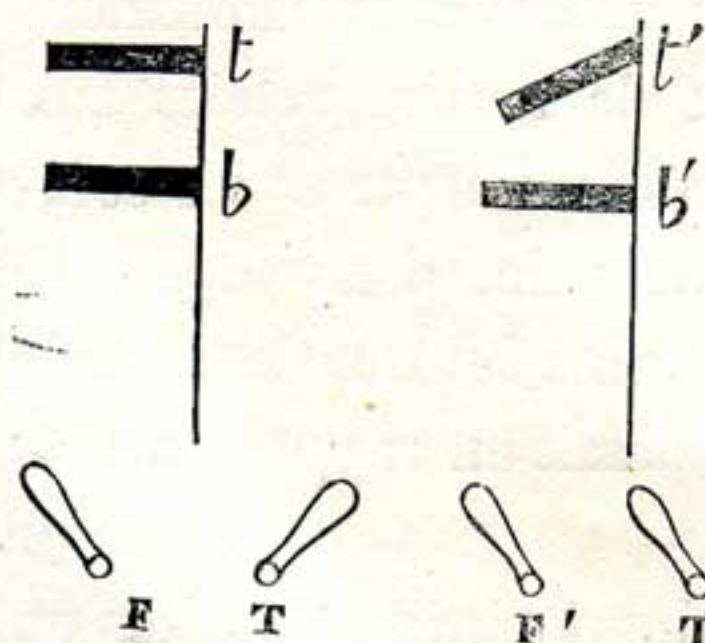
Il nous reste enfin, pour terminer cet aperçu, à montrer quelle est la succession des manœuvres à effectuer au poste *P* pour expédier et recevoir un train et pour permettre le dépassement d'un train par un autre.

Expédition d'un train de P vers M :

P annonce le train à *M* au moyen de trois coups de timbre (•••)

M répète le signal pour en accuser réception.

P donne alors un coup de timbre (•) signifiant qu'il demande à être déclenché.



M déclenche *P* en tournant sa manivelle *F'* de gauche à droite. Cette manœuvre a pour effet d'abaisser la palette supérieure *t'* du poste *P* et de déclencher le signal de *P* vers *M*. Le stationnaire *P* met ce signal au passage après avoir amené la manivelle *T'* vers la gauche. A cet instant, les appareils sont disposés comme le montre le schéma ci-contre.

En même temps qu'il déclenche *P*, *M* l'avise que cette manœuvre est

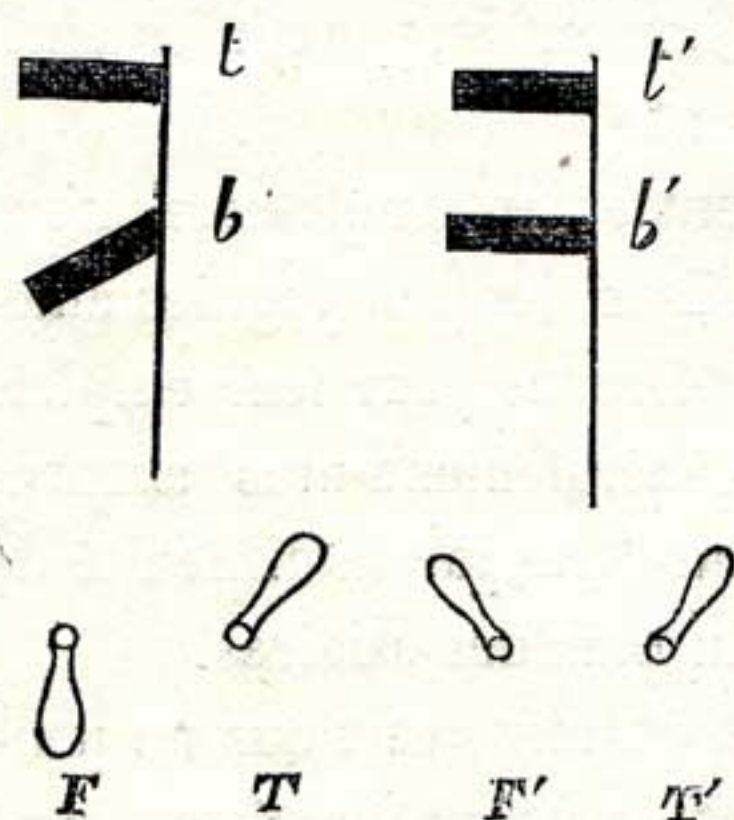
faite par un coup de timbre, que P répète pour informer son collègue qu'il a utilisé le déclenchement.

Quand le train a dépassé le signal de P vers M de 700 mètres, P remet ce signal à l'arrêt, ramène la manivelle T' à droite et informe M, par deux coups de timbre (••), que le train est engagé sur la section. Cette sonnerie ramène la palette t' à l'arrêt.

La même série d'opérations se reproduit avec les autres manivelles pour un train se dirigeant vers N.

Réception d'un train venant de M :

Après l'échange des coups de sonneries indiqués ci-dessus, P déclenche M qui accuse réception à P au moyen d'un coup de timbre (•). Cet accusé de réception se traduit par l'inclinaison de la palette b du poste réceptif P. Celui-ci amène alors la manivelle dans la position verticale, ce qui a pour effet de lancer le courant local de la pédale dans l'électro de la manivelle F. Les appareils occupent la position indiquée ci-contre :



Quand le train est passé, M le bloque et sonne deux fois (••) vers P, ce qui ramène la palette b à l'arrêt. Enfin, quand le train a passé sur la pédale en rapport avec la manivelle F, P ramène celle-ci à gauche et annonce à M que la section est libre.

Lorsqu'un train franchit la station P sans arrêt, les deux opérations qui précèdent se font successivement et sans interruption. Mais, s'il fait arrêt en P, le stationnaire attend qu'il soit en vue pour demander la voie, afin d'éviter un déclenchement intempestif au cas où le train annoncé resterait en détresse entre M et P.

Dépassement. — Soit un train, allant de M vers N, qui doit être garé en P. M demande le déclenchement pour le premier train; P le lui donne, mais ne le demande pas à N, puisque le train annoncé doit s'arrêter. A l'arrivée de ce train au poste P, on le gare en le faisant passer sur la pédale, ce qui permet d'envoyer vers M un deuxième déclenchement. Le train rapide étant passé au moyen des manœuvres ordinaires, P remet son signal à l'arrêt et sa manivelle T à droite, *immédiatement*, afin que le train garé ne puisse partir à la faveur du signal ouvert pour le train rapide. Quand ce dernier est arrivé en N, P demande la voie pour le train garé.

Un train qui commence ou finit son itinéraire dans une station donne lieu à des opérations analogues.

La *pédale* Flamache fonctionne par la flexion du rail qui abaisse le petit

bras d'un levier L enfermé dans une boîte en fonte. Ce mouvement interrompt un contact permanent, coupe, par conséquent, le courant de pédale et permet la manœuvre de la manivelle F correspondante. Cette pédale est montée sur un contre-rail fixé à quatre traverses, qui ne participe pas à l'enfoncement du rail.

Aux postes de garage, il y a deux pédales disposées comme l'indique la pl. XVI, fig. 3. Aux postes sans garage, il n'y a qu'une pédale, mise en relation avec l'une ou l'autre des manivelles F, selon le sens de la marche (fig. 4).

§ 3. — APPAREILS DE BLOCK ENTIÈREMENT AUTOMATIQUES.

Nous avons admis, avec la plupart des ingénieurs du continent, que le principe des appareils de *Block* automatiques était défectueux et que, en aucune circonstance, le train ne devait intervenir dans le fonctionnement des *signaux extérieurs*. Nous avons insisté sur ce point qu'une manœuvre automatique devait avoir le caractère d'un enclenchement et, par conséquent, toujours être contrôlée par l'intelligence d'un agent.

Cette manière de voir, générale sur le continent et en Angleterre, nous dispenserait de parler de cette catégorie d'appareils si les compagnies américaines ne semblaient marquer une certaine préférence pour leur emploi. Cette préférence s'explique par le caractère généralement plus aventureux des ingénieurs américains, et se justifie peut-être par la difficulté de recruter un personnel exercé et par l'élévation du taux des salaires.

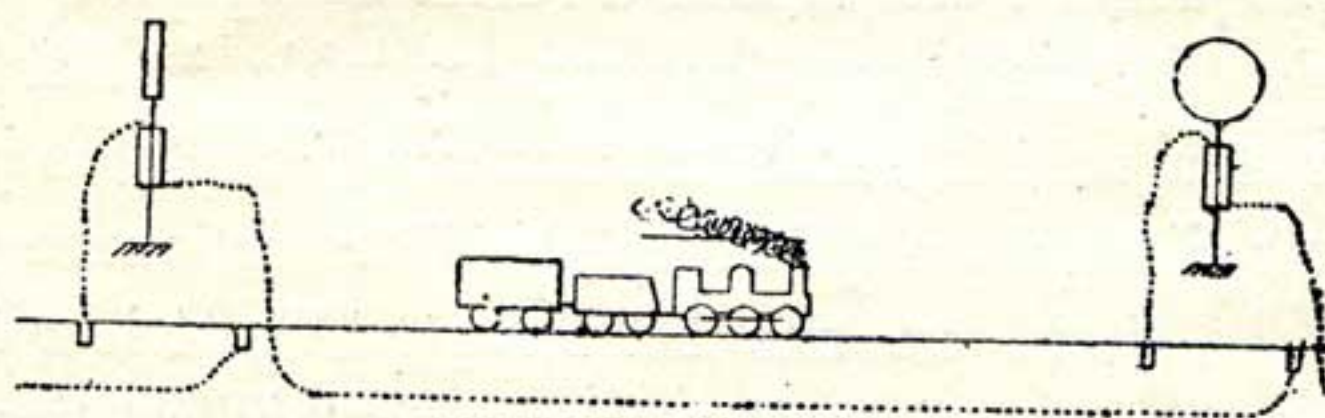
Il convient donc que nous nous y arrêtions un instant, et nous ne pouvons faire mieux que d'emprunter à l'intéressante note présentée au congrès de Bruxelles par M. l'ingénieur Weissenbruch (1), les éléments des généralités suivantes :

Dans la plupart des systèmes automatiques, tout poste de *Block* comporte un signal optique et deux pédales reliées, la première au signal du poste, la seconde au signal du poste d'amont. En franchissant la première pédale, le train met le signal à l'arrêt et se bloque lui-même ; en franchissant la seconde, il déclenche le signal du poste précédent, qui se remet automatiquement au passage.

Dans le système *Rousseau*, le contact est produit par un piston cheminant dans un cylindre en caoutchouc établi verticalement sous le rail. Le signal est formé d'un disque qui, sous l'action d'un poids moteur, tend à tourner toujours dans le même sens. Sur l'arbre de ce disque sont montés

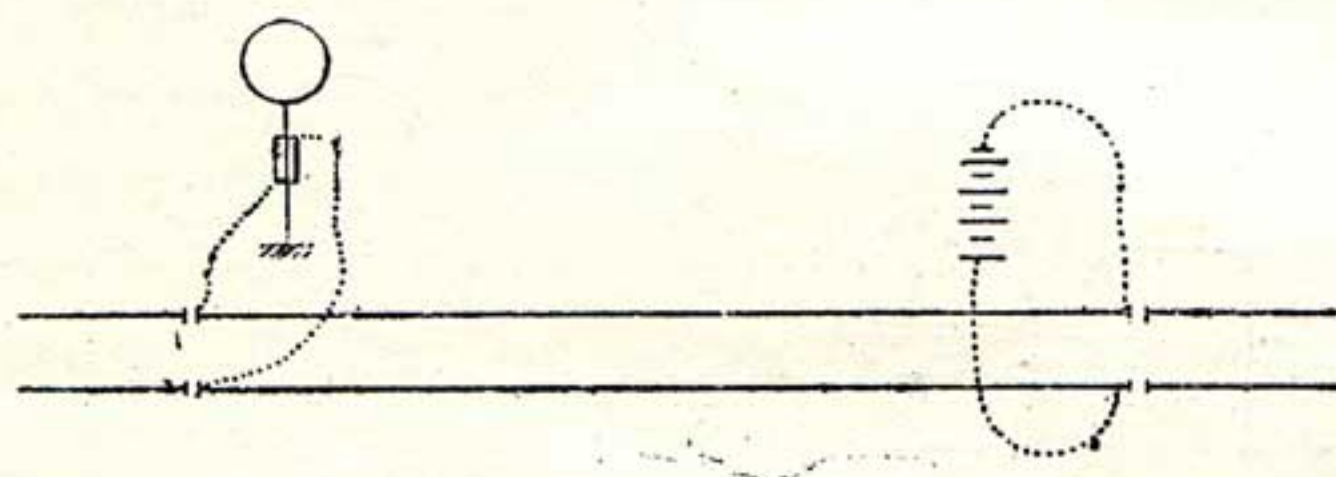
(1) Voir *Compte rendu du congrès des chemins de fer*, tome I^{er}, page VI129.

quatre taquets en croix qui butent contre l'armature d'un électro-aimant.



A chaque interruption de courant, l'armature se déplace et laisse passer un taquet pour arrêter le suivant; le signal tourne donc, à chaque passage, d'un quart de tour. Si le courant n'est pas rétabli assez vite, deux taquets peuvent passer à la fois et, dans ce cas, la voie est ouverte au lieu d'être fermée; en outre, cet appareil n'est pas à l'abri de l'électricité atmosphérique.

L'*Union electric signal Company* préconise un système dans lequel les rails de chaque section sont isolés de ceux de la section suivante. Les deux cours de rails sont réunis, à une extrémité de la section, par les deux fils d'une batterie électrique et, à l'autre extrémité, par le fil d'un électro-aimant dont l'armature enclenche le signal optique. Le signal reste au passage tant que les bobines de l'électro sont traversées par le courant; mais, dès que celui-ci est interrompu, le signal se met à l'arrêt.



L'interruption ou, tout au moins, un affaiblissement de courant assez fort pour produire le même effet est déterminée par le train lui-même, dont les roues et les essieux ferment directement le circuit de pile. Tout dérangement de la pile, toute rupture du fil ou même toute rupture de rail a pour effet d'interrompre le courant et, par suite, de bloquer la voie.

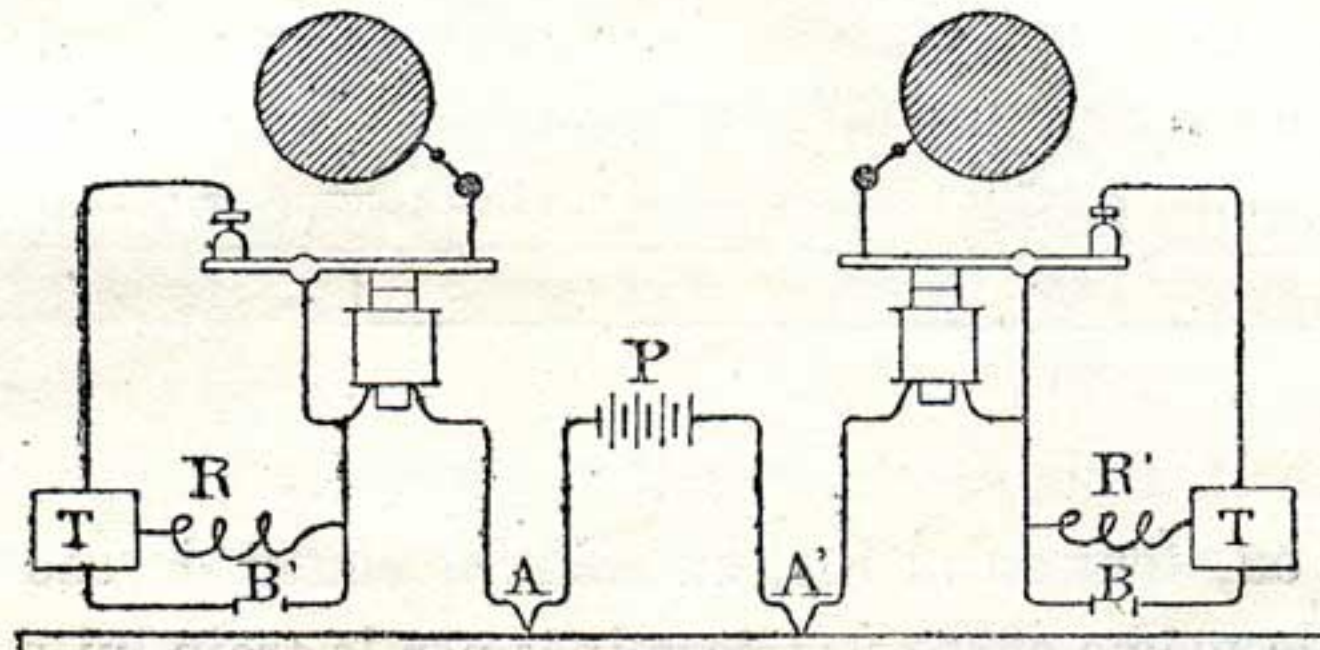
Dans le système Rousseau, il n'est guère possible d'appliquer le *permissif* ou le *conditionnel*; car, si un train occupe la section, le signal est à l'arrêt, et l'entrée d'un second train a pour effet de le mettre au passage. Ce train se découvre donc et ne sera couvert à nouveau que quand le premier train quittera la station. Mais, avec le système de l'*Union electric signal Company* qui, à ce point de vue, présente une supériorité marquée, il n'en

est pas de même, puisque la présence d'un ou de plusieurs trains sur la voie a pour conséquence forcée la mise à l'arrêt du signal.

Le système de *Hall*, analogue, dans son ensemble, à celui de Rousseau, est plus ancien et a subi la sanction d'une expérience plus prolongée. La pédale est munie d'un piston qui l'empêche d'être actionnée par toutes les roues du train. Le signal est une boîte vitrée à l'intérieur de laquelle se meut un voyant opaque animé d'un mouvement de rotation produit par l'enroulement d'une chaînette sur un tambour. La chaînette est commandée par deux électro-aimants et la distribution du courant se fait par un commutateur placé derrière le mécanisme qui commande le voyant.

Il existe encore aux Etats-Unis un autre système : c'est celui de *Hadden*, en service sur le *Pennsylvania Railroad* et sur le *Chicago, Burlington and Quincy Railroad* (1) et décrit comme suit par M. Weissenbruch :

« Il est combiné pour une ligne à simple voie. Il faut donc qu'un train entrant dans une section par l'une de ses extrémités ne produise pas le même effet que celui qui en sortirait en sens inverse par cette même extrémité. A chaque bout d'une section se trouvent deux signaux manœuvrés chacun par l'armature d'un électro-aimant. L'électro de l'un des deux signaux d'une extrémité d'une section est compris dans le même circuit électrique que l'électro de l'un des deux signaux de l'autre extrémité. Dans ce circuit, est intercalé une pile comme le montre le schéma ci-dessous :



« Quand les armatures des électros sont attirées, les signaux sont à leur position normale de « voie libre ». En entrant dans une section, le train agit d'abord sur la pédale B', qui ne produit aucun effet, le circuit qu'elle ferme un instant étant un circuit dérivé de même résistance que le circuit principal. Le train passe ensuite sur la pédale A, qui interrompt

(1) *L'avenir de l'électricité dans les chemins de fer*. Conférence faite à la Société belge d'électriciens par M. Weissenbruch et reproduite dans la *Revue internationale de l'électricité et de ses applications* (1886).

momentanément le circuit principal. Les deux électros lâchent leurs armatures et les signaux se mettent à l'arrêt. En même temps, chacune des armatures, faisant l'office de commutateur, introduit une résistance dans le circuit, de telle sorte qu'un instant après, lorsque sa continuité est rétablie, le courant est devenu trop faible pour que les électro-aimants puissent ressaisir leurs armatures. Les signaux restent donc à l'arrêt, couvrant le train en avant et en arrière. Mais, lorsque ce dernier arrive à l'autre extrémité de la section, après avoir passé sans produire d'effet sur la pédale A', il passe sur celle de B, ferme le circuit et supprime la résistance qui avait été introduite en cet endroit. La puissance du courant augmente ainsi de nouveau et les deux signaux se remettent à l'arrêt. Les signaux se mettent aussi à l'arrêt en cas d'avarie, de manque d'électricité et, en général, pour toute cause qui interrompt pour un instant le courant de la ligne. »

D. — INTERCOMMUNICATION DANS LES TRAINS.

Nous avons fait connaître déjà où en est cette question, qui intéresse au moins autant le public voyageur que les compagnies de chemin de fer.

Indépendamment de la *corde-signal*, en usage sur la plupart des lignes allemandes, différents appareils sont appliqués sur une assez grande échelle. Nous décrivons l'avertisseur Prudhomme, qui fonctionne par l'électricité, et l'avertisseur Westinghouse, actionné par l'air comprimé.

AVERTISSEUR PRUDHOMME. — Cet appareil est appliqué à tout le matériel à voyageurs des lignes du Nord français, à 2500 voitures du P.-L.-M. et, dans une moindre proportion, sur plusieurs autres réseaux. Il se compose essentiellement de sonneries trembleuses ordinaires, placées dans chacun des fourgons; de commutateurs mettant les agents du train en communication entr'eux et de boutons d'appel placés, dans chaque compartiment, à la disposition des voyageurs.

La manœuvre d'un des commutateurs fait tinter les sonneries des autres fourgons. Celle d'un des boutons d'appel met en action toutes les sonneries: il en est de même d'une rupture d'attelage.

Ce triple résultat est atteint en disposant le circuit comme l'indique la pl. XIII, fig. 1, et au moyen des dispositions de détail que nous décrivons plus loin.

Soient P, P', P'' les piles, S, S', S'' les sonneries, C, C', C'' les commutateurs établis dans chaque fourgon. Les pôles positifs des piles sont réunis par un fil F, le *fil de terre*, en communication avec le sol par les châssis des véhicules. Les pôles négatifs sont également réunis par un fil F',

qui traverse les sonneries. Dans chaque compartiment, un bouton d'appel *d* est monté en dérivation sur les fils F et F'. Normalement, le courant ne passe pas ; mais, si on ferme le circuit, soit au moyen de l'un des commutateurs, soit par l'un des boutons d'appel, toutes les sonneries tintent à la fois (sauf celle du fourgon d'où est parti l'appel, dans le cas où celui-ci ne provient pas d'un voyageur). En cas de rupture d'attelage, les fils F et F', restant sous la même voiture, sont mis automatiquement en communication : le circuit est fermé et toutes les sonneries se mettent en mouvement.

La *sonnerie* est du type ordinaire des trembleuses, avec une légère modification destinée à empêcher le battant de vibrer sous l'action des trépidations de la marche. Cette modification consiste en une plaque P munie d'un retour d'équerre B, contre lequel bute la tige du battant. Ce système est mobile autour de l'axe X, de telle sorte que, quand le courant passe, la plaque P est attirée par l'armature et soulève le retour d'équerre B ; la sonnerie est alors libérée.

Les *piles* du type Leclanché sont contenues dans une boîte qu'il suffit d'accrocher aux parois du fourgon, sur un support approprié, pour établir les communications.

Le *fil de terre* est continu ; il est fixé à la barre d'attelage et aux plaques de garde et, dans les voitures à châssis métallique, il est formé par le châssis lui-même. Il se termine par un bouton I, dont nous allons voir le rôle.

Le *fil de train* est isolé et placé sous la caisse : il se termine, d'une part, par une corde en fil de cuivre recouverte de caoutchouc et munie d'un anneau carré et, d'autre part, par un crochet d'attelage G, de forme spéciale. L'anneau s'engage dans le crochet fixé au wagon suivant et établit la continuité de la ligne négative. Le crochet G, monté sur un barrillet Y, est maintenu par un fort ressort contre le bouton I de la ligne positive : quand on attelle, l'épaisseur de l'anneau rompt le contact et isole la ligne positive de la ligne négative ; mais, en cas de rupture d'attelage, le contact se rétablit et toutes les sonneries tintent. Il y a deux cordes identiques et deux attelages entre chaque voiture, afin que l'on puisse les tourner bout pour bout sans inconvénient.

Le *commutateur* du fourgon est un simple commutateur à manette.

Le *bouton d'appel* du P.-L.-M. est un bouton de sonnerie, semblable à celui des sonneries d'appartement, fixé au plafond de la voiture.

Au Nord français, l'appel se fait par un anneau D, pendu à une chaînette dans la paroi qui sépare les compartiments voisins. Cet anneau est protégé par une vitre mince, que le voyageur doit briser pour sonner ; la chaîne agit, par la manivelle M, sur une tringle T, qui peut décrire un quart

de cercle et actionner un petit commutateur C. En tournant la tringle, on fait apparaître un petit voyant E, indiquant d'où est parti l'appel. On voit que le Nord a pris des précautions assez minutieuses pour éviter les abus, que l'on ne paraît pas redouter au P.-L.-M.

Il résulte des observations suivies, faites sur ce dernier réseau, que l'appareil donne 20 à 25 p. c. de ratés dus, pour la plupart, à la difficulté d'obtenir un bon contact électrique entre le crochet et l'anneau. M. Picard, chef d'exploitation du P.-L.-M., a imaginé un système d'attelage à bayonnette qui soustrait les contacts aux actions extérieures. Dans ce dispositif, on ne s'est plus inquiété du cas des ruptures d'attelage, qui perdait tout son intérêt en présence du frein automatique de Westinghouse, appliqué sur la ligne de Lyon.

La Compagnie de l'*Est français* a apporté à l'appareil Prudhomme d'assez nombreuses modifications. La communication avec la terre et l'automaticité ont été abandonnées. Les deux fils positif et négatif, tous deux isolés, ont été placés sur l'impériale de la voiture et les différents organes servant au fonctionnement ont pris une forme toute différente de celle adoptée pour l'appareil primitif. Mais ces changements, quoique notables, ne consacrent pas une modification de principe. (Voir, pour plus de détails, l'ouvrage de MM. Brame et Aguillon.)

AVERTISSEUR WESTINGHOUSE. — La Compagnie de l'Ouest français, le chemin de fer de l'État belge et plusieurs compagnies anglaises appliquent l'avertisseur Westinghouse, réalisant la solution la plus rationnelle pour les chemins de fer qui emploient le frein à air comprimé; cette solution n'exige, en effet, aucun accouplement nouveau entre les voitures et supprime, par conséquent, tous les ennuis qui en résultent.

Voici comment cet avertisseur est installé sur les lignes de l'Ouest français et, avec d'insignifiantes modifications de détails, sur celles de l'État belge. Sur l'impériale de la voiture munie de l'avertisseur est monté un sifflet S, relié à la conduite principale par un petit tuyau *a* de 8 millimètres de diamètre intérieur. Un robinet *r*, actionné par une manette *f*, interrompt ou établit la communication avec la conduite. Quand ce robinet est ouvert, l'air s'échappe et fait fonctionner le sifflet. Sur l'impériale de la voiture règne un tuyau en fer dans lequel est enfermé un petit câble d'acier fixé, à l'une de ses extrémités, au bouchon à vis *d* et portant, à l'autre, une poignée P, qui pend le long de l'about de la voiture. Le tuyau aboutit dans une boîte en fonte, contenant la manette du robinet, sur laquelle est fixé le sifflet. Dans chaque compartiment se trouve une poignée Q, agissant sur le câble par des galets *e*. En tirant sur une des poignées Q, on ouvre le robinet, et

en tirant sur la poignée P, on le ferme. Quand la poignée Q a été tirée, elle ne peut être remise en place par le voyageur et le sifflet indique d'où est parti l'appel. Ce sifflet, n'étant pas assez intense pour dominer le bruit de la marche, ne peut constituer l'appel par lui-même : il faut donc que la dépression produite dans la conduite générale par la manœuvre de la poignée Q mette en action un sifflet placé à portée du mécanicien.

Une soupape spéciale, montée sur la machine, permet d'atteindre ce résultat. Cette soupape est à deux compartiments, M et N, qui communiquent : le premier, M, avec la conduite principale, par l'intermédiaire du robinet du mécanicien ; le second, N, avec le réservoir auxiliaire actionnant le frein de la machine. Normalement, les deux compartiments M et N sont donc à la même pression. S'il se produit une dépression dans la conduite, par suite du fonctionnement du sifflet, le diaphragme en cuir *d* se soulève, ouvre la soupape *h* et permet à l'air du compartiment N, et, par suite, du réservoir auxiliaire, d'affluer par le tuyau *t* sous le petit diaphragme *e*, qu'il soulève. En se soulevant, le diaphragme *e* ouvre la soupape G et permet l'accès de l'air du réservoir principal au sifflet spécial V, qui fonctionne vivement. La faible dépression produite par la manœuvre d'une des poignées Q envoie donc de l'air à haute pression au sifflet. Pour arrêter celui-ci et empêcher le frein de fonctionner, il suffit au mécanicien d'envoyer de l'air dans la conduite principale, en mettant son robinet à fond dans la position du desserrage. Les agents du train peuvent constater, par le petit sifflet S et la position de la manivelle Q, d'où est parti l'appel. Toutefois, dans les conditions d'établissement que nous venons d'indiquer, le débit de l'air par le sifflet est trop considérable pour que la perte soit réparée par la pompe. Aussi, le train finit-il par s'arrêter lorsqu'on a agi sur l'un des boutons d'appel, même si le machiniste refoule de l'air dans la conduite générale.

Nos expériences personnelles nous ont montré qu'à la vitesse de 75 kilomètres à l'heure et sur une pente de 3 à 4 millimètres par mètre, le débit du sifflet suffit, à lui seul, pour arrêter le train en 35 ou 40 secondes.

III

ENCLENCHEMENTS.

On donne le nom général d'enclenchement à toutes les dispositions qui ont pour but de rendre solidaires les manœuvres de leviers actionnant différents appareils : aiguilles, verrous, signaux, etc.

Les appareils de *Block-system* sont donc de véritables appareils d'enclen-

chement et pourraient être rattachés au groupe que nous allons étudier ; mais ils constituent une catégorie de dispositions ayant un but si nettement défini que nous avons cru utile de les examiner dans un chapitre spécial.

Les enclenchements peuvent être réalisés par des procédés exclusivement mécaniques ou par des moyens électriques. A ces derniers, se rattachent les appareils de *Block* et les appareils centraux utilisés sur beaucoup de lignes de l'Allemagne.

Les dispositions mécaniques sont les plus nombreuses et c'est surtout d'elles qu'il sera question dans ce qui va suivre.

Les combinaisons que l'on peut chercher à obtenir entre plusieurs leviers de manœuvre sont très nombreuses et les moyens employés pour les réaliser extrêmement variés. Aussi, une classification rationnelle des procédés d'enclenchement présente-t-elle de sérieuses difficultés.

Cependant, les artifices employés se classent en deux groupes assez distincts :

- 1° Enclenchement direct de leviers concentrés en un même point ;
- 2° Enclenchement à distance ou indirect de leviers disséminés en différents points.

A. — ENCLENCHEMENTS DIRECTS.

Les *enclenchements directs* sont les plus nombreux. Ce sont, pour ainsi dire, les seuls qui, étudiés méthodiquement, ont donné lieu à des applications importantes. Leur principe fondamental consiste à munir les leviers de pièces spéciales qui se meuvent avec eux et dont la position relative interdit ou autorise la manœuvre d'autres leviers. Il y a donc là un vrai *verrouillage*, qui justifie la dénomination d'*enclenchements par verrous*, sous laquelle nous les étudierons.

Un levier de manœuvre peut occuper deux positions extrêmes, correspondantes à celles de l'appareil qu'il commande et qui sont désignées sous les noms de *position normale* et de *position renversée*.

La première correspond à la situation habituelle du levier et la seconde à la position inverse ; mais ce n'est là qu'une simple convention de langage, le mot normal n'ayant aucune signification absolue.

Nous désignerons, avec M. Cossmann (1), ces deux positions par les lettres N et R, accolées à la lettre ou au chiffre représentant le levier et nous placerons les leviers solidaires sous forme de fraction, le levier enclencheur étant au numérateur et le levier enclenché au dénominateur.

(1) Voir le travail de cet ingénieur sur les enclenchements dans la *Revue générale des chemins de fer*, juillet 1880.

Le symbole $\frac{\alpha N}{\beta R}$ signifiera donc que le levier α , dans sa position normale, immobilise le levier β dans sa position renversée.

La plupart des cas de la pratique peuvent se ramener à l'*enclenchement simple* ou *élémentaire* entre deux leviers. Quelquefois, cependant, les enclenchements sont subordonnés à la position d'autres leviers. Ce sont alors des *enclenchements conditionnels*, qui ont donné lieu à des solutions particulières ou générales.

§ 1^{er}. — ENCLENCHEMENTS ÉLÉMENTAIRES.

Considérons deux leviers α et β ; le groupement, deux à deux, des quatre positions αN , αR , βN et βR , qu'ils peuvent occuper, donne lieu à douze arrangements. Quatre d'entr'eux, se rapportant aux deux positions d'un même levier, n'ont aucun sens réel et il ne reste que les huit combinaisons suivantes :

$$\begin{array}{cccc} 1^{\circ} \frac{\alpha N}{\beta N}; & 2^{\circ} \frac{\alpha R}{\beta N}; & 3^{\circ} \frac{\alpha N}{\beta R}; & 4^{\circ} \frac{\alpha R}{\beta R}; \\ 5^{\circ} \frac{\beta R}{\alpha R}; & 6^{\circ} \frac{\beta R}{\alpha N}; & 7^{\circ} \frac{\beta N}{\alpha R}; & 8^{\circ} \frac{\beta N}{\alpha N}. \end{array}$$

Cela posé, remarquons que l'enclenchement mécanique, par pièces rigides, entraîne toujours la réciprocité d'action, c'est-à-dire que, si αN enclenche βR , βN enclenche αR . Les arrangements 5, 6, 7 et 8 ne sont donc, en réalité, que les arrangements 1, 2, 3 et 4. De plus, en remarquant que 4 est la réciproque de 1 et que 3 n'a aucune valeur pratique, un levier ne pouvant être *normalement* enclenché dans sa position *renversée*, on reconnaît que les deux arrangements :

$$\frac{\alpha N}{\beta N} \quad \text{et} \quad \frac{\alpha R}{\beta N}$$

et leurs réciproques :

$$\frac{\beta R}{\alpha R} \quad \text{et} \quad \frac{\beta R}{\alpha N}$$

sont les seuls dont il faille s'occuper. Nous les appellerons *enclenchements élémentaires de position*.

Nous y joindrons les *enclenchements élémentaires de passage*, correspondant au cas d'un levier qui enclenche un autre pendant sa course, tout en le laissant libre dans ses deux positions extrêmes. C'est la relation qui existe entre un levier de changement de voie, par exemple, et le verrou qui lui correspond. M. Cossmann note comme suit cette combinaison :

$$\frac{\beta \text{ pendant sa course}}{\alpha N} \quad \text{ou} \quad \frac{\beta \text{ pendant sa course}}{\alpha R}$$

d'où les réciproques :

$$\frac{\alpha R}{\beta N \text{ et } \beta R} \quad \text{et} \quad \frac{\alpha N}{\beta N \text{ et } \beta R}$$

Tout appareil qui réalise ces combinaisons suffit à la pratique ordinaire.

Dans le travail cité plus haut, M. Cossmann propose une classification fondée sur les propriétés cinématiques des appareils. Nous ne le suivrons pas dans cette voie, très rationnelle, mais qui nous entraînerait à donner à cette partie descriptive un développement hors de proportion avec le cadre de notre ouvrage.

Nous nous bornerons à la description succincte des principaux systèmes employés aujourd'hui, en réservant la place la plus importante aux dispositions de MM. Saxby et Farmer, dont l'emploi, général en Angleterre et en Belgique, se répand aussi en France, et qui, de toutes celles qui ont été proposées, sont, sans contredit, les plus ingénieuses et les plus perfectionnées :

1° Origine des enclenchements. — Système Vignier.

C'est en 1854 que M. Vignier, conducteur au chemin de fer de l'Ouest, introduisit, pour la première fois dans la pratique des chemins de fer, l'usage des enclenchements, pour relier les disques d'arrêt et les aiguilles d'une bifurcation.

Le système Vignier consiste essentiellement à munir le levier enclenché d'une *barre d'enclenchement* percée de trous ou d'encoques dans lesquels peuvent pénétrer d'autres barres ou verrous menés par le levier enclencheur. La position relative des encoques et des verrous est fixée d'après les enclenchements à réaliser.

Sous sa forme primitive, l'appareil Vignier, qui occupait horizontalement un espace assez considérable, n'a plus qu'un intérêt historique.

Mais à l'exposition de Paris, en 1878, la Compagnie de l'Ouest exhibait une forme perfectionnée du Vignier, dont nous donnons ci-après la description sommaire et qui est encore employée sur ce réseau (pl. XIII, fig. 10 et 11).

Le levier enclenché L met en mouvement, par l'intermédiaire de la bielle B, une barre d'enclenchement percée de trous. Le levier enclencheur L', d'un type différent, commande l'arbre horizontal A par la bielle B et la manivelle M. Sur cet arbre A sont calées des pièces agissant sur les verrous V et V'. Ceux-ci pénètrent dans les trous ou butent contre la

partie pleine des barres d'enclenchement, selon la position des leviers enclenchés.

Ce système est simple et se prête aux combinaisons élémentaires que nous avons fait connaître, ainsi que le montre le diagramme pl. XIII, fig. 9.

Les combinaisons de plus de deux leviers entraînent des complications assez grandes et n'ont guère été appliquées.

L'appareil Vignier a encore été modifié par la Compagnie de l'Ouest, de manière à lui faire occuper moins de place et à le rendre applicable à un assez grand nombre de leviers. A cet effet, la table d'enclenchement a été placée verticalement. Cette modification n'entraîne aucune altération fondamentale de l'appareil qui est décrit et représenté dans l'ouvrage de MM. Brame et Aguillon.

2° Appareil d'enclenchement des chemins de fer du Midi français.

La Compagnie du Midi emploie un appareil d'enclenchement que MM. Brame et Aguillon considèrent comme dérivé du Vignier, mais qui nous paraît plutôt inspiré par les dispositions de Saxby dont nous parlerons plus loin. Cet appareil était exposé à Bordeaux en 1882.

Dans toutes les variétés de Vignier que nous avons indiquées, les pièces enclenchées et les verrous sont animés, les unes et les autres, de mouvements alternatifs rectilignes. Dans le type du Midi (pl. XIII, fig. 12 et 13), les pièces enclenchées sont à mouvement de rotation et, à ce titre, ne sont pas sans présenter quelque analogie avec les grils de Saxby.

Chaque levier mène une barre d'enclenchement guidée, à son extrémité, dans deux paliers, comme dans le système Vignier. Perpendiculairement à ces barres, se trouve un deuxième système de barres oscillantes à section à peu près rectangulaires, sauf dans leurs tourillons extrêmes. Ces barres portent des évidements rectangulaires et chacune d'elles est traversée librement par toutes les barres d'enclenchement. Elles sont reliées par une petite bielle (coupe C D) à l'une des barres d'enclenchement, de telle sorte que, quand cette dernière exécute son mouvement rectiligne, la barre reliée oscille de 60° et vient occuper une position inclinée de 30° sur la verticale symétrique de la précédente.

Toutes les tringles d'enclenchement rencontrant chaque pièce oscillante, il suffit, pour conjuguer deux leviers, de munir cette dernière d'un verrou courbe qui pénètre dans un trou correspondant de la tringle. Ce verrou, étant tracé suivant un cercle dont le centre est à l'intersection de l'axe de rotation de la barre oscillante et de l'axe de la barre d'enclenchement, se présente toujours normalement à cette dernière. Il porte une embase et une

tige filetée qui permet de l'assujettir au moyen d'un écrou sur l'une ou l'autre face de la barre oscillante (coupes *e f*). Un seul type de verrou suffit donc.

En vertu du principe de réciprocité, il n'est pas nécessaire de faire mener une barre oscillante par chaque levier et l'on supprime les transmissions qui font double emploi. Ce système est assez simple et n'exige qu'un petit nombre de pièces différentes.

3. Système Saxby et Farmer.

Les premières tentatives d'enclenchement de MM. Saxby et Farmer remontent à l'année 1856; mais ce n'est que plus tard que ces constructeurs ont fait breveter leur premier appareil. A la suite d'une série de perfectionnements et de transformations, celui-ci a été si profondément modifié que le type actuel ne ressemble plus en rien au type primitif.

Aussi ne nous étendrons-nous pas sur ses diverses formes qui sont devenues surannées. Nous les décrirons sommairement, pour étudier ensuite avec détails les dispositions ingénieuses répandues aujourd'hui dans le monde entier.

Si on fait abstraction des modifications de détail, qui ont été, en quelque sorte, incessantes, on peut rattacher les appareils Saxby à trois types distincts :

1° L'ancien appareil à *lock*, abandonné aujourd'hui ;

2° L'appareil de 1871, caractérisé par l'emploi de la coulisse et du *spring catch*. Ce type, qui n'a pas été appliqué en France, figure encore à la gare de Gand (réseau de l'Etat belge) ;

3° L'appareil actuel à coulisse, *spring catch* (verrou à ressort), et enclenchement par grils et taquets.

L'appareil primitif est suffisamment représenté par les croquis de la pl. XIII, fig. 14 à 17, montrant :

1° La disposition d'un levier de manœuvre ;

2° La disposition d'ensemble d'un appareil de trois leviers ;

3° Le diagramme des positions relatives des leviers et des *locks* qui les enclenchent.

L'enclenchement est réalisé comme suit :

Les verrous (*locks*) C, E, D, F oscillent autour d'une de leurs extrémités et sont reliés par l'autre aux barres d'enclenchement X, Y, Z, qui peuvent se déplacer dans le sens de leur longueur. Les *locks* sont donc entraînés et exécutent un mouvement circulaire. Dans ce mouvement, les saillies dont ils sont munis peuvent se présenter devant les leviers et les immobiliser.

L'une des faces du verrou est inclinée et s'appuie au levier moteur : quand celui-ci passe d'une position à l'autre, le verrou oscille, entraîne la barre correspondante et met en mouvement d'autres verrous réalisant les enclenchements voulus. Les trois figures du diagramme montrent les relations d'enclenchement pour un appareil de trois leviers :

(Fig. 15) Signal d'embranchement 3 calé lorsque l'aiguille 1 de la voie principale est libre ;

(Fig. 16) En manœuvrant 1, on cale l'aiguille sur la voie droite ;

(Fig. 17) En dirigeant l'aiguille sur la voie déviée, on cale 1 ; on décale 3, puis on cale l'aiguille en manœuvrant 3.

Dans le deuxième système, appliqué à la gare de Gand et qui est représenté dans ses principaux détails pl. XIII, fig. 18 à 22, chaque levier conduit une barre d'enclenchement M commandée par une coulisse S. Cette coulisse oscille autour du point *a* et peut être arrêtée, dans deux positions extrêmes, par un taquet *c*, fixé au levier, qui s'engage dans les deux encoches *i* et *i'*. Pour dégager le taquet de l'encoche dans laquelle il est retenu et permettre l'oscillation de la coulisse et la manœuvre du levier, il suffit d'appuyer sur la manette à ressort L, dite *spring catch*. Cette action, par l'intermédiaire du bouton *b*, soulève légèrement la coulisse, dégage le taquet *c* et commence le mouvement de la barre M : celui-ci ne se complète que lorsque le levier est renversé.

La barre M est munie d'entailles dans lesquelles pénètrent des blocs fixés au moyen de vis de pression sur un deuxième système de barres transversales aux barres M. Quand ces blocs sont engagés dans certaines entailles des barres M, les leviers correspondants sont immobilisés et ne peuvent se mouvoir que si les barres transversales sont déplacées. La position relative des encoches et des blocs règle donc les relations d'enclenchement.

Pour obtenir le déplacement des barres transversales, on les a munies de talons dans lesquels peuvent glisser des taquets obliques, portés par les barres M de certains leviers.

Cette disposition, analogue à l'ancien Vignier, est abandonnée par les constructeurs anglais et ne se rencontre plus que dans les appareils anciens.

Le troisième système est représenté pl. XIV.

LEVIER (pl. XIV, fig. 1). — Les pièces d'enclenchement sont menées par un balancier à coulisse B, qui oscille lorsqu'on renverse le levier ou qu'on le ramène à sa position normale. Le mouvement est communiqué à la coulisse par un coulisseau fixé à la tringle *l*² d'un verrou avec poignée à ressort (*spring catch*). Ce verrou se loge dans l'un des deux crans d'arrêt du secteur fixe A et maintient le levier dans chacune de ses positions extrêmes.

Pour déplacer ce dernier, il faut, préalablement, appuyer sur la manette l_1 , manœuvre qui soulève le verrou et, avec lui, le coulisseau, en faisant exécuter à la coulisse la moitié de son mouvement d'oscillation; elle se trouve alors concentrique au secteur A, et, lors du renversement du levier, le coulisseau parcourt la coulisse sans la déplacer : en retombant dans le deuxième cran d'arrêt, il entraîne la coulisse, qui, seulement alors, achève son oscillation. Il suffit donc d'appuyer la main sur la manette l^1 , sans exercer aucune action sur le levier, pour immobiliser tous les leviers qui doivent être enclenchés par celui que l'on veut manœuvrer, et, réciproquement, l'enclenchement ne cesse que quand le verrou est retombé dans le cran d'arrêt, c'est-à-dire à fond de course.

Lorsque les points O, O', O'' sont en ligne droite, la coulisse pourrait osciller librement et rendre l'enclenchement illusoire si l'on n'avait employé l'artifice suivant : La pièce K porte, sur sa face interne, deux mâchoires de sûreté m, m , qui saisissent la rainure saillante r de la coulisse. Celle-ci ne peut donc osciller que si le levier est dans une de ces positions extrêmes.

ENCLÈCHEMENT. — Le balancier B communique un mouvement angulaire de 60° environ, par la manivelle M et la bielle D; munie d'un joint universel, à un arbre G, qui fait corps avec une pièce spéciale nommée *gril*.

Le *gril* (pl. XIV, fig. 2, 3 et 4) est une pièce rectangulaire en fonte, percée d'entailles, au-dessus et au-dessous de laquelle sont disposées les barres pourvues de taquets d'enclenchement.

Les *grils* et les *taquets* forment donc les deux termes de l'enclenchement; il faut que les grils occupent certaines positions pour que les taquets puissent bouger, et, réciproquement, dans certaines positions des taquets, les grils ne peuvent accomplir leur mouvement de rotation.

Les taquets, maintenus au moyen de vis de pression ou de chevilles, sont entraînés dans le mouvement longitudinal que les barres reçoivent de certains *grils*. A cet effet, ces derniers portent une fourche actionnant un bouton fixé à la barre (pl. XIV, fig. 5 et 6). La position des taquets sur les barres dépend des enclenchements à réaliser.

La combinaison qui précède permet d'obtenir les enclenchements élémentaires et, à l'aide de modifications que nous examinerons plus tard, plusieurs enclenchements conditionnels.

Les quatre combinaisons élémentaires sont représentées pl. XIV. fig. 7,

Le système Saxby est, sans contredit, le plus complet des appareils imaginés jusqu'à ce jour. Les pièces qui produisent le verrouillage sont très rigides et ne peuvent ni se fausser, ni dévier. Le mode d'action du *spring catch* constitue un avantage important et caractéristique du système.

Les pièces d'enclenchement ne comportent que peu de types et, enfin, un nombre considérable de leviers peuvent être logés dans un espace relativement restreint. Il est douteux qu'il soit possible d'établir, avec un autre système quelconque, des cabines de 240 et de 280 leviers, comme celles de Brighton et de London-Bridge, à Londres.

Nous ne pouvons songer à décrire tous les perfectionnements de détail, toutes les dispositions conçues en vue d'un but spécial, qui ont été imaginées et appliquées par MM. Saxby et Farmer; mais nous mentionnerons, avant de terminer, le *ground apparatus* et le *setting lever*, qui peuvent rendre des services dans certains cas.

Le *ground apparatus*, ainsi que son nom l'indique, est un appareil destiné à être établi directement sur le sol, au besoin en plein air, aux endroits dont l'importance ne justifie pas l'installation coûteuse d'une cabine surélevée (pl. XIV, fig. 8, 9 et 10). Les leviers A sont alignés au-dessus d'un bâti en fonte. Une manette à ressort *l*, agissant sur un taquet V, fixe les deux positions extrêmes du levier. Entre chaque levier, se trouve un *lock* cylindrique L, muni de rebords échancrés. Les relations d'enclenchement sont établies par les *locks*, comme le montre le plan. On voit sur la figure que le levier A₁ tend, quand on le renverse, à faire osciller le *lock* L₁; mais celui-ci ne peut exécuter le mouvement que si l'échancrure K₂ est en face du levier A₂. Ce levier doit donc être renversé au préalable; mais cette manœuvre exige que le *lock* L₂ soit déplacé, ce qui n'est possible que si son échancrure K₄ est en face du levier A₃. La disposition que nous indiquons réalise donc la combinaison suivante :

$$\frac{A_3 R}{A_2 N, A_1 N} \quad \text{et} \quad \frac{A_1 N}{A_2 N}.$$

Parfois, on réunit deux *locks*, L₂ et L₃, au moyen d'une bielle à coulisse *m*. Si L₂ est amené dans la position inverse de la figure, il entraîne L₃; mais, en revenant à sa position primitive, il abandonne L₃, par suite de la coulisse qui est ménagée dans la bielle. La plupart des combinaisons sont réalisables avec le *ground apparatus*; mais cet appareil ne peut être appliqué utilement et économiquement qu'à de petites installations de 10 à 12 leviers; il doit donc être réservé aux postes secondaires, pour lesquels il a été créé, du reste. Il n'est pas sans analogie avec le premier appareil à *lock* et sa manœuvre donne lieu à des frottements et à des actions plus énergiques que ceux développés dans l'appareil principal, les constructeurs ayant dû renoncer à l'emploi du *spring catch*.

Le *setting lever* est un petit levier additionnel permettant la manœuvre de deux appareils par un levier unique. Cet organe spécial, représenté

pl. XIV, fig. 11, a donc pour effet de réduire les connexions et de diminuer les dimensions de la cabine. Le *setting lever*, horizontal dans sa position moyenne C, peut occuper deux positions extrêmes A et B, correspondantes à la manœuvre de deux signaux par le levier principal. Il actionne un gril, nécessaire aux relations d'enclenchement, et met en prise, avec l'un ou l'autre des boutons fixés aux équerres A' et B', une fourche qui termine le grand levier de manœuvre : la tringle D est donc poussée ou tirée selon que le grand levier agit sur l'équerre A' ou sur l'équerre B'.

§ 2. — ENCLENCHEMENTS CONDITIONNELS.

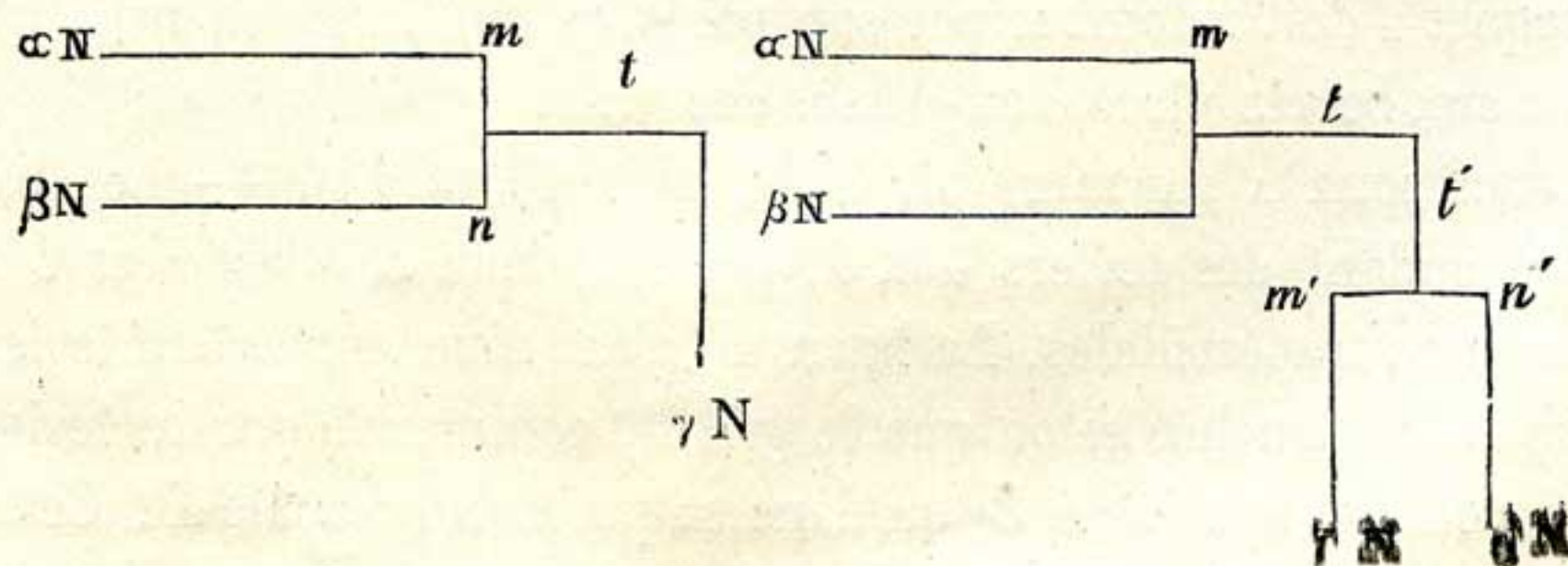
Nous avons vu qu'il faut entendre par enclenchements conditionnels ceux dans lesquels la conjugaison de deux leviers est subordonnée à une condition quelconque, soit par exemple à la position d'un ou de plusieurs autres leviers. Si $\alpha N \frac{\beta R}{\gamma N}$ est le symbole d'un enclenchement de l'espèce et signifie que le levier α étant dans sa position normale, βR enclenchera δN .

Ces combinaisons, auxquelles on donne aussi le nom d'*enclenchements spéciaux* ou d'*enclenchements ternaires, quaternaires, etc.*, sont fort nombreuses. Nous examinerons quelques solutions spéciales, applicables à des cas particuliers, ainsi que les solutions générales qui permettent de résoudre méthodiquement tous les cas d'enclenchements spéciaux qui se présentent dans la pratique.

1° Balancier articulé de Dujour.

L'appareil Vignier ne se prêtant bien qu'aux enclenchements de deux leviers, M. Dujour l'a complété par une disposition qui permet de réaliser divers enclenchements spéciaux.

L'artifice consiste à réunir deux barres d'enclenchement par un balancier articulé mn , auquel est fixé une barre accessoire t , qui intervient seule dans l'enclenchement. Le verrou qui enclenche cette barre t est mené soit directement par un troisième levier γ , soit par une tringle t' , articulée sur les deux leviers γ et δ ; dans ce dernier cas, c'est un enclenchement quaternaire.



Le trou de la barre t peut être placé de telle sorte qu'il suffise, pour l'amener en face du verrou de γ , de renverser l'un ou l'autre des leviers α ou β .

On aura, dans ce cas, l'une des combinaisons suivantes :

$$\frac{\alpha N \text{ et } \beta N}{\gamma N} \quad \text{et, réciproquement,} \quad \frac{\gamma R}{\alpha N \text{ et } \beta R} \quad \text{ou} \quad \frac{\gamma R}{\alpha R \text{ et } \beta N}.$$

Si, au contraire, il faut renverser les deux leviers α et β pour amener le trou de t en face du verrou de γ on aura :

$$\frac{\alpha N \text{ et } \beta N}{\gamma R}, \quad \frac{\alpha N \text{ et } \beta R}{\gamma N}, \quad \frac{\alpha R \text{ et } \beta N}{\gamma N} \quad \text{et, réciproquement,} \quad \frac{\gamma R}{\alpha N \text{ et } \beta N}.$$

Avec le diagramme 2, on aurait des combinaisons analogues, mais beaucoup plus nombreuses, par suite des diverses positions du verrou t' sous l'action des leviers γ et δ .

Nous nous bornerons à cette description théorique du balancier Dujour. On en trouvera une application à l'appareil Vignier modifié dans l'ouvrage de MM. Brame et Aguilon.

2° Enclenchements conditionnels de Saxby.

TAQUET ARTICULÉ (pl. XIV, fig. 12). — Sur la barre A, menée par le levier α , est articulé le taquet a ; le taquet b est conduit par un levier γ et le gril B par le levier β .

Dans la position normale (2), les trois leviers sont libres; mais, si on renverse β , le gril B tourne, soulève le talon a , et A ne peut plus avancer dans la direction de la flèche. Il n'est donc plus possible de renverser α et, par conséquent, si γ normal $\frac{\beta R}{\alpha N}$; réciproquement : si γ normal $\frac{\alpha R}{\beta N}$; car, en renversant α , le talon a se présente sous le taquet b et ne peut plus tourner sous l'action du gril B (1).

Si γ est renversé, le taquet b vient en b' et le gril B peut derechef tourner en soulevant le talon a ; mais, dans cette position, le levier γ ne peut être ramené, on a donc : $\frac{\alpha R \text{ et } \beta R}{\gamma R}$.

Le taquet a doit retomber par son poids, ce qui limite ce mode d'enclenchement aux barres placées au-dessus des grils.

ENCLÈCHEMENT A MARTEAU (pl. XIV, fig. 13 et 14). — Les barres A et C, dépendant des leviers α et γ , portent deux saillies a et b munies d'échancrures trapézoïdales. La barre B n'est mue par aucun levier : elle est libre ou enclenchée selon que le gril B, commandé par le levier β , est dans sa position renversée B₁ ou dans sa position normale B. Cette barre

porte un balancier articulé dont l'extrémité, en forme de marteau, est tracée de manière à pénétrer exactement dans l'une ou l'autre des échancrures des saillies a et b .

La course de ce balancier L est limitée par le goujon g . Cela posé, dans la position normale, la barre B est enclenchée par l'appendice S du gril B ; les deux échancrures n'étant pas en face l'une de l'autre, c'est dans celle de A que pénètre le balancier L ; le levier α est donc enclenché, c'est-à-dire que si γ normal $\frac{\beta N}{\alpha N}$.

Réciproquement, si on renverse β , la barre B devient libre, A et B peuvent avancer et le taquet K se place au-dessus du gril B ; il en résulte que pour γ normal $\frac{\alpha R}{\beta R}$.

Si, au contraire, on commence par renverser γ , l'échancrure de C est amenée en face du marteau et on peut renverser α ; le marteau oscille et vient enclencher γ , on a donc : $\frac{\alpha R \text{ et } \beta N}{\gamma R}$.

ENCLÈCHEMENT A BOÎTE (pl. XIV, fig. 15 et 16). — Une boîte en fonte D , munie d'un couvercle, glisse à frottement doux sur deux barres B et C dépendantes des leviers β et γ . Ces deux barres sont munies de pièces b et c taillées en biseau à l'une de leurs extrémités; leur autre extrémité s'applique contre les portées x , y de la boîte. Une pièce indépendante d , taillée en biseau à ses deux bouts, est emprisonnée dans la boîte. Quand elle est appliquée contre l'une des deux pièces b ou c , elle laisse l'autre libre. La boîte D porte un taquet ordinaire K , en relation avec le gril G , mené par le levier α .

Cela posé, si on renverse γ , la boîte est entraînée par la pièce c et le taquet K dégage le gril G , c'est-à-dire le levier α . Si, au contraire, on renverse β , l'effort exercé sur la boîte se transmet, par l'intermédiaire de c , à la pièce d , qui glisse et laisse le passage libre pour la saillie c ; on a donc : $\frac{\beta N \text{ et } \gamma N}{\alpha N}$.

Réciproquement, si le gril est renversé, il enclenche le taquet K ; mais il n'immobilise que l'un des leviers α ou β , l'autre pouvant être ramené à sa position normale sans déplacer le taquet, on a donc bien : $\frac{\alpha R}{\beta R \text{ ou } \gamma R}$.

ENCLÈCHEMENT A GLISSIÈRE (pl. XIV, fig. 17). — Cet enclenchement, établi sous le sol de la cabine, est indépendant du taquet et des grils : il est donc manœuvré directement par les leviers et non par le *spring catch*.

A ce titre, il est inférieur aux autres. Les leviers à enclencher sont munis de barres plates articulées C, C₁, C₂, C₃, qui peuvent recevoir un mouvement de translation dans le plan horizontal. Les barres munies d'échancrures trapézoïdales, traversent une glissière en fonte A, dans laquelle cheminent les blocs B, B₁, B₂, B₃ dont un des angles est taillé en biseau.

Dans la position normale, représentée à la figure, tous les leviers sont libres. Si l'on renverse α , l'échancrure de la barre C déplace transversalement le bloc B, qui appuie sur la barre C₁ et la fait osciller; le bloc B₂ peut alors pénétrer dans son échancrure. Le bloc B₂ étant immobilisé par le bloc B₃, la barre C₃ et la paroi D de la glissière, le levier β est enclenché; donc si α renversé $\frac{\gamma N \text{ et } \delta N}{\beta N}$.

Réciproquement, si l'on a renversé γ ou δ , puis α et enfin β , l'échancrure de C₁ n'étant pas en face de B₂, le levier β ne peut revenir en arrière; donc si α renversé $\frac{\beta R}{\gamma R \text{ ou } \delta R}$.

Si γ et δ avaient été renversés simultanément, l'un de ces deux leviers pourrait être ramené; mais, ordinairement, ils sont enclenchés par un gril et un taquet. On montrerait, de même, que : si β renversé $\frac{\gamma N \text{ ou } \delta N}{\alpha N}$ et, réciproquement, $\frac{\alpha R}{\gamma R \text{ ou } \delta R}$.

Cet enclenchement, convenable pour un nombre quelconque de leviers, est appliqué, à la gare de Perrache, à un groupe de sept leviers.

3° Solution générale du problème des enclenchements conditionnels.

Tous les enclenchements dont nous venons de donner la description sont des solutions empiriques, applicables à certains problèmes particuliers; mais il n'est pas impossible de résoudre, méthodiquement, tous les cas de conditionnel qui peuvent se présenter. Pour atteindre ce but, il faut évidemment les ramener à un énoncé unique. Il suffit pour cela de remarquer que la condition faisant disparaître l'enclenchement équivaut à un enclenchement distinct du premier. Exemples : l'enclenchement conditionnel : si $\alpha N \frac{\beta N}{\gamma N}$ signifie que γ ne peut être renversé que quand α est renversé ou, quand α étant normal, β est renversé. De même, la relation : si $\alpha N \frac{\beta N}{\gamma N}$ a moins que δN et εN exprime que γ peut être renversé dans trois cas, savoir : si α est renversé; si, α étant normal, δ et ε

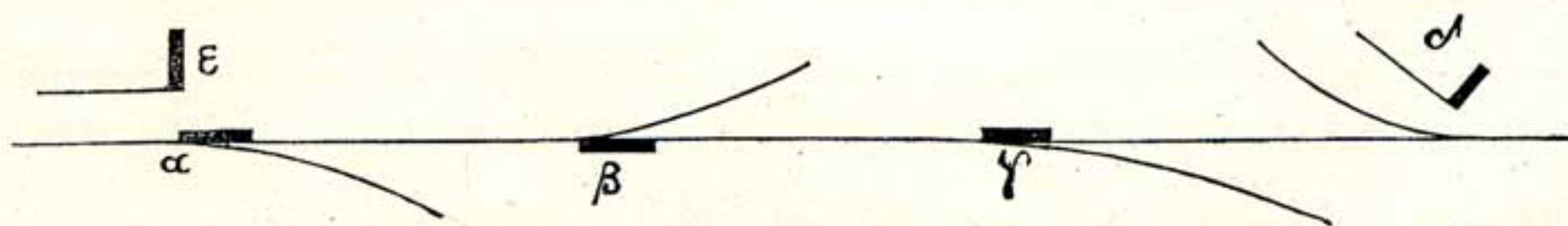
sont normaux; si, α étant normal, δ et ε renversés, β est renversé. En somme, tout enclenchement conditionnel se ramène à permettre la manœuvre d'un levier dans deux ou plusieurs circonstances déterminées.

MM. Saxby et Farmer, en Angleterre, et M. Dujour, en France, sont arrivés à ce résultat par les dispositions ingénieuses dont nous allons donner la description.

SOLUTION SAXBY ET FARMER. — Elle consiste à relier le gril du levier qui doit être enclenché conditionnellement à autant de grils supplémentaires qu'il y a de circonstances dans lesquelles le signal commandé par ce levier peut être ouvert. Cette liaison est établie ainsi qu'il est montré pl. XIV, fig. 18.

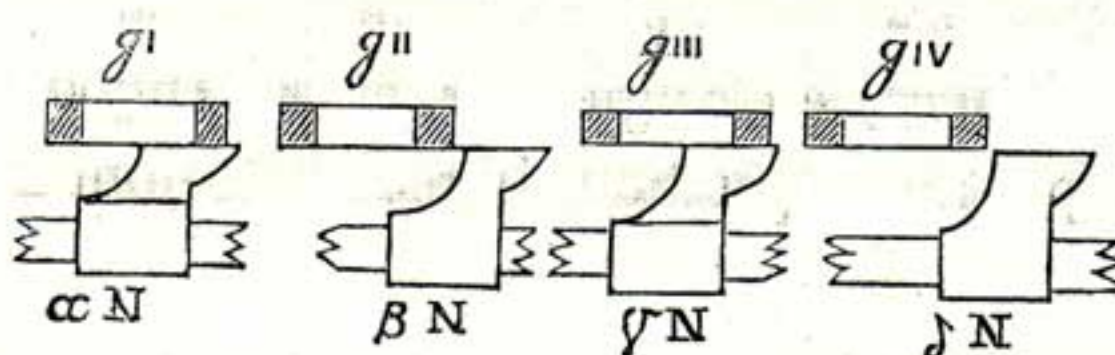
Le mouvement d'oscillation du gril g dépendant du levier L à enclencher conditionnellement est transmis par les bielles b, b', b'' et les deux coudés c, c' à un premier gril supplémentaire g' . Si ce gril g' est lui-même enclenché par un autre levier, le parallélogramme articulé $b'' b'''$ devient fixe et l'effort est transmis à un deuxième gril supplémentaire g'' . Si celui-ci est également fixe, l'effort est transporté sur le troisième, puis sur le quatrième et ainsi de suite; de telle sorte qu'il suffit que l'un des grils soit libre pour permettre la manœuvre du levier L , et qu'il faut les immobiliser tous pour que la condition de l'enclenchement soit réalisée. C'est là une solution générale qui permet de résoudre systématiquement toutes les combinaisons possibles; un exemple montrera la facilité avec laquelle se traitent les cas les plus compliqués.

Supposons l'enclenchement conditionnel suivant : $\text{Si}(\alpha N, \beta R, \gamma N) \frac{\delta R}{\varepsilon N}$, qui répond aux conditions du schéma théorique ci-dessous :



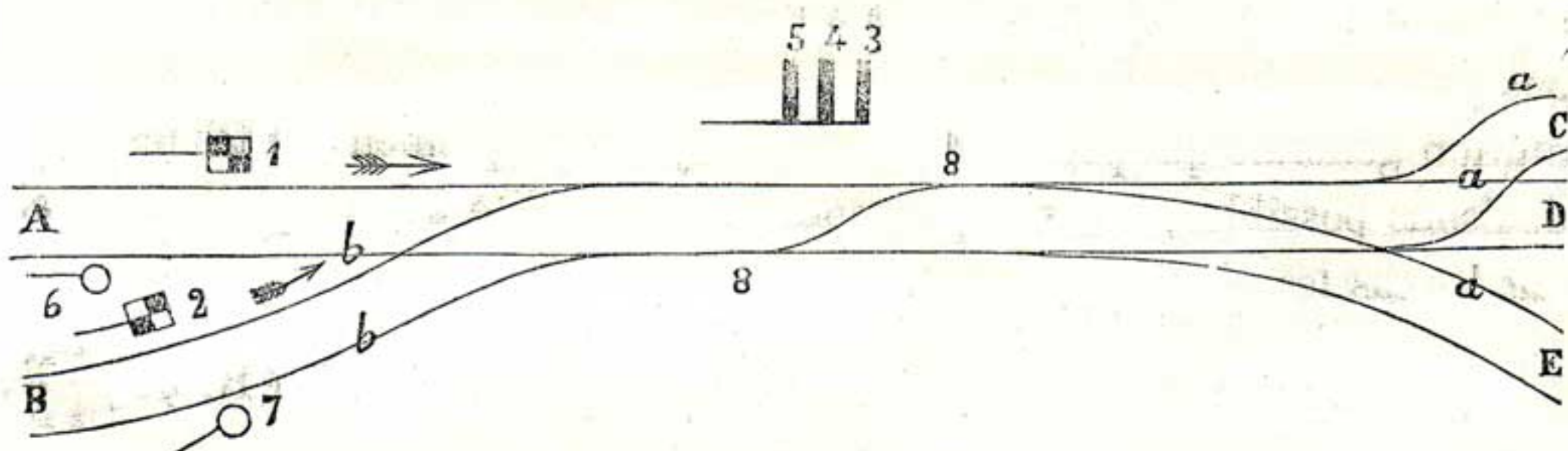
La position normale des aiguilles α, β, γ étant à gauche, il est visible que, si $\alpha N, \beta R$ et γN , il doit être impossible d'ouvrir simultanément les deux signaux δ et ε , c'est-à-dire que, dans ce cas $\frac{\delta R}{\varepsilon N}$. Si, d'autre part, α ou γ sont dirigés vers la droite ou β vers la gauche, c'est-à-dire si l'on a : αR ou γR ou βN , les deux signaux peuvent être libres. ε pourra donc être ouvert dans quatre circonstances, savoir : si α est renversé; si β est normal;

si γ est renversé; si αN , βR , γN et δN . Il faudra donc quatre grils supplémentaires g^I , g^{II} , g^{III} , g^{IV} reliés au gril g du levier ε :



Ces grils, étant placés transversalement aux barres d'enclenchement, pourront être attaqués par celles-ci en différents points. Sous chacun d'eux est représentée l'une des barres réglant la condition, avec son taquet figuré dans la position normale. On voit immédiatement que si (αN , βR et γN) $\frac{\delta R}{\varepsilon N}$ ou, réciproquement, $\frac{\varepsilon R}{\delta N}$, mais qu'il suffit d'avoir αR ou βN ou γR pour que αR n'enclenche plus ε et pour que les deux signaux puissent être ouverts simultanément.

Prenons, comme second exemple, le cas, purement théorique d'ailleurs, cité par M. Brame (1) et résolu par M. Dujour, au moyen de son système de cames et de platines dont nous parlerons plus tard.



Les deux voies convergentes A et B se dédoublent en trois voies divergentes C, D et E commandées par les palettes 3, 4 et 5. Les signaux carrés 1 et 2 donnent accès sur le tronç commun respectivement de chacune des deux directions A et B. La liaison 8 a été établie pour permettre le refoulement des voies b des deux embranchements A et B sur l'une des voies a des branches C, D et E. Dans sa position normale, cette liaison est dirigée sur les voies principales pour la circulation ordinaire. Il résulte de cette position du problème que, pour ouvrir l'un des disques 1, 2 ou l'un des signaux de refoulement 6, 7, il faut :

1° Pour ouvrir 1, c'est-à-dire pour avoir 1 R :

8 N, 2 N et 3 R ou 4 R ou 5 R ;

(1) *Étude sur les signaux de chemins de fer français*, 2^e édition, page 250.

2° Pour ouvrir 2, c'est-à-dire pour avoir 2 R :

8 N, 1 N et 3 R ou 4 R ou 5 R ;

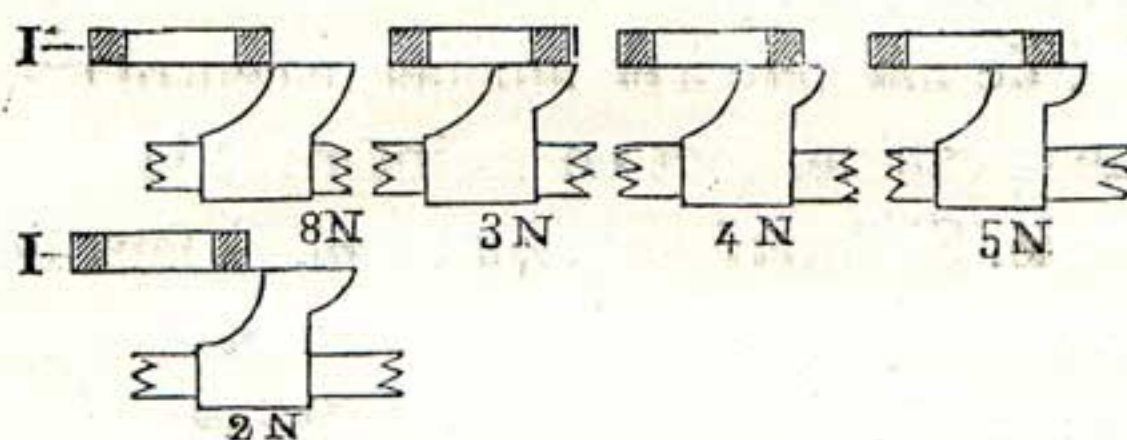
3° Pour ouvrir 6, c'est-à-dire pour avoir 6 R :

8 R, 7 N et 3 R ou 4 R ou 5 R ;

4° Pour ouvrir 7, c'est-à-dire pour avoir 7 R :

8 R, 6 N et 3 R ou 4 R ou 5 R.

Dans les combinaisons 3 et 4, il n'est pas nécessaire de faire intervenir les disques carrés 1 et 2, puisqu'ils sont enclenchés par le renversement de la liaison 8.



Le schéma ci-dessus montre la position normale respective des taquets et des grils pour l'ouverture du signal 1. On y voit que : si 8 N et 2 N, 3 R ou 4 R ou 5 R libère 1.

Des dispositions analogues serviraient à réaliser les combinaisons 2, 3 et 4.

SOLUTION DUJOUR. — M. Dujour obtient des enclenchements conditionnels au moyen de la disposition dite par *comes et platines*, qui est d'un emploi courant sur le réseau du P.-L.-M. Ces platines et ces comes sont appliquées aux appareils Saxby, dont elles ne constituent que le complément. Voici en quoi elles consistent :

Les grils de tous les leviers entrant dans la combinaison à réaliser mettent en mouvement une came K, convenablement découpée. Le trou de cette came est ovalisé, ce qui lui permet de se déplacer sans le gril correspondant. Entre les comes sont disposées des platines *n*, dont les extrémités sont droites ou profilées, selon le résultat à obtenir. La taille des comes et des platines dépend des enclenchements à réaliser comme dans les glissières de Saxby, et l'on comprend qu'elles puissent donner toutes les combinaisons possibles. Le dessin de la pl. XVII, fig. 8, donne la disposition se rapportant au schéma ci-dessus que nous venons de traiter.

§ 3. — ÉTUDE D'UN APPAREIL D'ENCLÈCHEMENT.

EMPLACEMENT ET ESPACEMENT DES CABINES. — Les connexions rigides permettent de manœuvrer les changements de voie à 200 mètres environ.

Pour les distances plus grandes, il faut avoir recours à des dispositions spéciales, telles que les poulies Dujour, qui ne sont pas encore entrées dans la pratique courante. Tous les changements de voie devront donc se trouver dans un rayon de 200 mètres autour de la cabine. Dans la plupart des cas, cette condition ne créera aucune difficulté, les zones dangereuses ayant généralement moins de 400 mètres; mais, s'il en était autrement, nous recommandons le procédé graphique suivant pour déterminer le meilleur emplacement à donner à la cabine :

On décrit sur un morceau de papier transparent, un cercle de 200, mètres de rayon (réduit à l'échelle du plan) et on promène ce cercle sur le plan de la zone dangereuse, de manière à en amener le centre en un point favorable à l'établissement de la cabine, tout en maintenant les changements de voie à l'intérieur du cercle. Si l'on n'y parvient pas, il faut dédoubler le poste; mais on ne recourra à cette extrémité qu'en cas d'absolue nécessité, car les relations de cabine à cabine sont difficiles à réaliser.

Dans le cas où l'on serait amené à établir plusieurs cabines, il conviendrait de réunir dans chacune d'elles les leviers correspondants à un *groupe* de changements et de signaux. Il serait mauvais qu'un signal, manœuvré par un poste, couvrît une zone dangereuse contenant des changements manœuvrés par l'autre; car ce signal devrait être à double manœuvre et se trouver, à la fois, sous la dépendance des deux signalistes; il en résulterait un surcroît de frais qu'il vaut mieux éviter.

Si l'on dispose d'une certaine latitude dans le choix de l'emplacement, les considérations suivantes serviront utilement de guide.

Au point de vue de la dépense et de la facilité de manœuvre, il y a tout avantage à réduire la longueur des connexions rigides, sauf à augmenter celle des fils de transmission des signaux. S'il y a un même nombre de connexions rigides à droite et à gauche de la cabine, celle-ci pourra être déplacée d'un côté ou de l'autre sans que la longueur totale des connexions soit changée; dans ce cas, il sera avantageux de rendre égales les deux connexions les plus éloignées. Si, au contraire, il y a plus de connexions d'un côté que de l'autre, il faudra, autant que possible, reculer la cabine du côté où il y en a le plus.

Mais, dans la pratique, ces règles se compliquent de considérations diverses sur la facilité avec laquelle le signaliste peut apercevoir le mouvement aux abords de son poste, sur la possibilité d'établir des relations entre les cabines et les chefs de manœuvres, sur la nécessité de ne pas masquer les signaux, et, en dernière analyse, ce sont presque toujours des circonstances locales qui commandent l'emplacement.

NOMBRE DES LEVIERS. — Les leviers concentrés dans une cabine comprennent :

A. *Des leviers de signaux.*

En général, chaque indication comprend un levier, bien que l'on puisse réduire le nombre de ceux-ci : 1° en manœuvrant, à la fois, deux signaux qui occupent toujours des positions corrélatives, tels qu'un signal d'arrêt et son répétiteur ; mais, jusqu'ici, on n'a pas eu recours à cet artifice ; 2° en employant des dispositions spéciales, tel que le *setting lever* de Saxby, dont nous avons parlé plus haut ; 3° en faisant usage de signaux d'aiguilles, etc. Dans ce qui va suivre nous admettrons que chaque indication d'arrêt ou de direction comporte un levier spécial comme dans le système anglais ou belge.

B. *Des leviers de changements de voie.*

La manœuvre à distance est limitée aux changements de voie qui se trouvent dans les voies principales ou qui y donnent accès. Chaque changement exige un levier, à moins que deux appareils ne soient toujours manœuvrés à la fois, comme c'est le cas des *liaisons* entre voies parallèles. Un seul levier suffit alors, à condition que la distance ne soit pas trop grande.

C. *Des leviers de verrous d'aiguilles.*

Ainsi que nous l'avons dit, dans le premier volume de ce traité, le verrou d'aiguille est le complément nécessaire de la manœuvre à distance. Mais le prix élevé de cet accessoire et des connexions qu'il entraîne en limite souvent l'emploi aux changements abordés par la pointe. C'est le cas en Belgique et nous l'admettrons dans la suite. Plusieurs verrous peuvent être actionnés par le même levier ; mais, dans la pratique, on n'use de cette faculté que pour les verrous calant des aiguilles qui se manœuvrent simultanément. Il est clair d'ailleurs que les verrous qui se manœuvrent en même temps que le changement correspondant permettent, et c'est là leur raison d'être, d'économiser un certain nombre de connexions. Nous ne nous en occuperons pas.

POSITION NORMALE DES LEVIERS. — Dans les installations modernes, tous les leviers, rangés parallèlement l'un à côté de l'autre, occupent, en temps ordinaire, une de leurs positions extrêmes que nous avons appelée *position normale*. Nous conserverons le nom de *position renversée* à la position opposée. On a adopté pour tous les points dangereux le système de la *voie fermée* : tous les signaux sont donc à l'arrêt, dans leur position normale.

Les changements de voie sont dirigés normalement du côté qui donne le maximum de sécurité et, subsidiairement, le moins de manœuvre possible, savoir :

1° Ceux en voie principale, pris en pointe ou par le talon, sont placés sur la voie principale;

2° Ceux qui donnent accès à la voie principale sont dirigés normalement sur la voie opposée;

3° Ceux des voies convergentes sont dirigés vers la voie la plus parcourue.

Quant aux verrous, leur position normale dépend du service effectué au point dangereux. En station, il importe de rendre possible le service des manœuvres intérieures, et, dans ce but, les verrous d'aiguilles sont normalement retirés : on ne verrouille les changements qu'au moment de l'ouverture d'un signal qui les concerne. Aux bifurcations il pourrait en être de même sans inconvénient, mais généralement on préfère fermer le verrou normalement sur la voie la plus parcourue.

NOMBRE DE BARRES. — Un appareil d'enclenchement comprenant, en somme, deux séries de pièces mobiles en relation entre elles, peut être figuré par le schéma de la pl. XV, qui comporte quatre leviers 1, 2, 3 et 4 manœuvrant respectivement les pièces *a, m*; *b, n*; *c, o* et *d, p*.

Une relation mécanique d'enclenchement entre 1 et 2 peut être établie à l'un des deux points d'intersection X ou Y. Dans l'enclenchement Saxby, par exemple, les pièces *a, b, c, d* sont des grils et les pièces *m, n, o, p* des barres manœuvrées par ceux-ci. Il y a donc tout avantage à réduire le nombre de barres, autant pour diminuer la dépense que pour réduire l'emplacement nécessaire. On utilise dans ce but la *réciprocité* des enclenchements que l'on observe dans tous les types.

Dans l'appareil Saxby, chaque levier est muni d'un gril et le nombre de barres peut se déterminer d'après les trois règles suivantes :

1° Il faut une barre pour assurer l'enclenchement d'un signal avec un chargement ou avec un verrou;

2° Il faut une barre pour assurer l'enclenchement de deux signaux qui ne sont pas en rapport avec le même changement, mais il n'en faut pas si les deux signaux sont en relation avec un changement unique;

3° Il faut une barre pour assurer l'enclenchement de deux changements s'ils ne sont pas reliés au même signal.

Pour réduire, autant que possible, le nombre des barres, il faudra donc, tout d'abord, munir d'une barre les leviers comportant le plus de relations.

En général, le nombre des changements de voies étant notablement inférieur à celui des signaux, il y aura avantage à placer les barres sur les premiers.

Ces règles conduisent au minimum de barres, mais on est souvent

amené à en augmenter le nombre pour éviter les enclenchements réciproques, qui n'offrent pas, dans certains types d'appareils, notamment le Saxby, la solidité et la sûreté des enclenchements directs.

DISPOSITION DES LEVIERS. — Au point de vue de la sécurité, la disposition des leviers est arbitraire; les observations suivantes permettent de réaliser quelques avantages qui, pour être secondaires, ne sont pas à dédaigner :

1° On peut, autant que possible, placer les leviers *géographiquement*, c'est-à-dire les disposer du côté de la cabine où se trouvent les appareils qu'ils commandent; on obtient ainsi certaines facilités pour l'établissement des renvois de connexions et pour la sortie de celles-ci de la cabine. En outre, l'agent s'habitue plus facilement à la manœuvre;

2° Il convient de placer, les uns à côté des autres, les leviers qui ont le plus de relations entr'eux : cette précaution facilite notablement les manœuvres et réduit la longueur des barres au minimum; dans les appareils très complexes, plusieurs barres peuvent ainsi être disposées dans le prolongement l'une de l'autre.

Ces deux conditions sont ordinairement compatibles et, si l'on est amené à sacrifier l'une des deux, on se guidera d'après les exigences locales.

TABLEAU DES RELATIONS. — Pour établir avec facilité l'appareil d'enclenchement, il importe de dresser, au préalable, le tableau des relations à ménager entre les signaux et les autres appareils. Rappelons à ce sujet que, *pour ouvrir un signal*, il faut satisfaire aux conditions suivantes :

1° Tous les changements situés dans la voie parcourue doivent être dirigés sur l'itinéraire considéré;

2° Tous les changements donnant accès à l'itinéraire doivent être dirigés sur la voie opposée;

3° Tous les signaux couvrant l'accès de l'itinéraire par une voie convergente doivent être enclenchés à l'arrêt.

Rappelons également qu'il est inutile d'enclencher entr'eux deux signaux convergents, en relation avec un même changement de voie.

On dressera donc un premier tableau comprenant tous les signaux dans une colonne verticale et tous les leviers sur une ligne horizontale; puis, on indiquera, dans chacun des carrés de ce tableau à double entrée, la position corrélative du levier et du signal placés dans les rangées correspondantes.

On dressera ensuite un second tableau, formé comme suit :

Une colonne verticale contiendra tous les leviers munis d'une barre et une rangée horizontale tous les leviers quelconques. Dans chacun des carrés ainsi obtenus, on indiquera les enclenchements à réaliser $\frac{1N}{2R}$,

$\frac{1}{2} R, \frac{1}{2} N, \frac{1}{2} R$, etc., ou encore la manœuvre de la barre par le levier. Ce tableau servira au constructeur pour établir les détails de son appareil d'enclenchement.

APPLICATION. — Pour rendre ces principes plus clairs, appliquons-les à une tête de gare étudiée suivant le système belge et comprenant deux voies principales avec bifurcation en dehors (voir pl. XV). Les signaux à distance, à indication unique, n'ont pas de relations avec les changements de voie; mais ceux des voies convergentes sont enclenchés entr'eux.

NOMBRE DES LEVIERS :	
4 liaisons. <i>ab — cd — eh — ij.</i>	4
1 verrou double pour <i>ab.</i> 1 verrou double pour <i>ij.</i>	2
4 changements. <i>f — g — l — k.</i>	4
1 verrou simple pour <i>f.</i> 1 verrou simple pour <i>g.</i>	2
16 signaux d'arrêt. A, B, C O, P, Q.	16
4 signaux à distance. X, Y, Z, W.	4
TOTAL.	32
Réserve 10 p. c.	4
Soit, en tout	36

La cabine, placée au point le plus favorable, comprendra donc 32 leviers et 4 emplacements de réserve.

Position des leviers. — La disposition géographique donne la répartition suivante :

Signal à distance W.	}	Sortie des trains.
Signaux A, B, C.		
Signaux D, E, F, G.		
Verrou de <i>ab</i> .		
Liaison <i>ab</i> .		
Liaison <i>cd</i> .		
Liaison <i>eh</i> .		
Changement <i>f</i> .		
Verrou de <i>f</i> .		
Changement <i>g</i> .		
Verrou de <i>g</i> .		
Changement <i>l</i> .		
Changement <i>k</i> .		
Liaison <i>ij</i> .		
Verrou de <i>ij</i> .		
Signaux H, I, K.	}	Entrée des trains.
Signaux L, M, N.		
Signaux O, P, Q.		
Signaux à distance X, Y, Z.		

Tableau des relations. — Ce tableau a été dressé en tenant compte des principes rappelés ci-dessus. Il prévoit le nombre de relations rigoureusement nécessaires entre les signaux et les changements de voies. Il n'y a d'autre corrélation entre signaux que celle des signaux à distance X, Y, Z. Les lettres N et R, inscrites dans les carrés de ce tableau (pl. XV), signifient *normal* et *renversé*, de telle sorte que, pour ouvrir le signal I, par exemple, il faut que les leviers 9, 14, 17 et 20 soient renversés et les leviers 10, 11, 12, 13 et 19 dans leur position normale.

D'après la règle énoncée plus haut, il est facile de voir qu'il faudra munir les changements, liaisons et verrous de barres d'enclenchement, ce qui portera le nombre de celles-ci à 18, savoir :

4 liaisons	4
2 verrous doubles	2
4 changements	4
2 verrous simples	2
Signaux à distance	2
	14
Réserve.	4
	18

Le second tableau d'enclenchement, dressé comme il a été dit ci-dessus, est reproduit pl. XV.

Nous n'avons considéré, dans ce qui précède, que les relations les plus simples qui se présentent dans la pratique; mais il en est d'autres qu'il faut souvent réaliser, telles que l'enclenchement de passage $\frac{1 \text{ N ou } 1 \text{ R}}{2 \text{ N}}$ entre le changement 1 et le verrou 2. Il n'y aurait aucune difficulté à les introduire dans le tableau II. Notre exemple n'avait d'autre but que de montrer la marche à suivre pour étudier un projet d'enclenchement complexe.

§ 4. — NOTATION FLAMACHE.

La notation de M. Cossmann a le grand avantage d'être déjà adoptée par un certain nombre d'ingénieurs. Aussi nous garderions-nous d'en proposer une autre si nous n'avions reconnu qu'elle ne s'applique pas facilement aux cas compliqués des enclenchements conditionnels. Notre notation n'est que *l'inverse* de celle de M. Cossmann, mais cette inversion suffit, comme on le verra, pour en rendre l'énoncé beaucoup plus facile. Les deux modes de représentation sont d'ailleurs compatibles et rien n'empêche, comme nous le faisons nous-mêmes, d'employer l'un ou l'autre selon les cas. Cette réserve faite, voici quelles sont les conventions que nous proposons :

Le signe + signifiera *et* ;

» — » *ou* ;

» () » permet ;

» α » levier α normal ;

» β' » levier β renversé.

S'agit-il d'exprimer que le levier a ne peut être renversé que si b est normal, c renversé et d renversé, on écrira :

$$(b + c' + d') a',$$

ce qui se traduirait, dans la notation Cossmann, par la triple expression :

$$\frac{b \text{ R}}{a \text{ N}}, \quad \frac{c \text{ N}}{a \text{ N}}, \quad \frac{d \text{ N}}{a \text{ N}}.$$

Une simplicité plus grande résulte donc de l'adoption de la notation nouvelle aussitôt qu'il y a plusieurs relations à exprimer.

Dans le cas d'une relation unique, les notations sont équivalentes. Exemple :

$$(m) n \text{ a la même signification que } \frac{m \text{ R}}{n \text{ R}} :$$

leur inversion facilite le changement de l'une à l'autre.

Soit maintenant l'enclenchement conditionnel :

$$\text{Si } \alpha \text{ N } \frac{\beta \text{ R}}{\gamma \text{ N}}.$$

D'après ce que nous avons fait remarquer plus haut, cette combinaison signifie que l'on peut ouvrir γ dans deux circonstances :

- 1° Si α est renversé;
- 2° Si α est normal et β normal.

On aura donc, dans la notation nouvelle :

$$(\alpha' - \alpha + \beta) \gamma',$$

ce qui se traduit en langage ordinaire par :

α renversé ou α normal et β normal permettent γ renversé.

Soit encore l'enclenchement :

$$\frac{\alpha R}{\beta N \text{ et } \beta R}$$

qui interdit la manœuvre du levier β d'un changement de voie quand son verrou α est enfoncé; il se traduit, dans la notation nouvelle, par l'expression :

$$(\beta - \beta') \alpha'.$$

Aussitôt que l'on sort des enclenchements conditionnels simples, il devient très difficile de donner à la notation Cossmann une forme concise. Soit, par exemple, l'enclenchement doublement conditionnel :

$$\text{Si } \alpha N \frac{\beta R}{\gamma N}, \text{ à moins que } \delta N \text{ ou } \varepsilon N,$$

qui exprime que l'on peut renverser γ dans trois circonstances :

- 1° Si α est renversé;
- 2° Si α , β et δ sont normaux;
- 3° Si α , β et ε sont normaux.

On a donc :

$$(\alpha' - \alpha + \beta + \delta - \alpha + \beta + \varepsilon) \gamma'.$$

Notre notation s'applique sans convention nouvelle aux cas les plus compliqués.

La réciprocity des enclenchements simples est très facile à formuler avec la notation de M. Cossmann. Il suffit de renverser l'expression en substituant R à N, et réciproquement. Ainsi :

$$\frac{\beta R}{\gamma N} \text{ signifie également } \frac{\gamma R}{\beta N};$$

de même, dans la notation nouvelle, $\beta (\gamma')$ est l'équivalent de $(\gamma) \beta'$.

Dans les enclenchements ordinaires ou conditionnels entre plus de deux leviers, l'expression primitive a autant de réciproques qu'il y a de moyens d'écrire l'enclenchement en combinant, de toutes les façons, les leviers qui y participent. Le calcul montre facilement qu'un enclenchement ordinaire entre n leviers :

$$(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \dots \alpha_{n-1}) \beta$$

possède 2^{n-1} réciproques dans la notation Cossmann, tandis qu'un enclenchement conditionnel, dont les n leviers participent, à la fois, à la combinaison en possède 1. 2. 3. 4. 5... n . La notation Cossmann ne permet pas de dégager immédiatement celles de ces combinaisons qui ont un sens réel et dont le nombre ne dépasse jamais celui des leviers en présence. Ainsi, l'enclenchement conditionnel : Si $\alpha N \frac{\beta R}{\gamma N}$, peut s'écrire des cinq manières qui suivent :

$$\text{Si } \alpha N \frac{\gamma R}{\beta N}; \quad \text{Si } \beta R \frac{\alpha N}{\gamma N}; \quad \text{Si } \beta R \frac{\gamma R}{\alpha R}; \quad \text{Si } \gamma R \frac{\alpha N}{\beta N}; \quad \text{Si } \gamma R \frac{\beta R}{\alpha R}.$$

Dans la notation nouvelle, on écrira :

$$(\alpha' - \alpha + \beta) \gamma'; \quad (\alpha' - \alpha + \gamma) \beta'; \quad (\beta' - \gamma') \alpha'.$$

La combinaison doublement conditionnelle :

$$\text{Si } \alpha N \frac{\beta R}{\gamma N}, \text{ à moins que } \delta N \text{ ou } \varepsilon N,$$

qui possède 120 réciproques possibles, n'en a, en réalité, que 5 différentes, que la notation proposée permet d'établir sans hésitation.

Avec plus de simplicité dans l'expression, la notation nouvelle permet donc d'écrire immédiatement toutes les combinaisons les plus complexes et leurs réciproques. Elle sera surtout utile dans la rédaction des projets d'enclenchements. On remarquera, en effet, que la parenthèse ne contient que les leviers à barres. Le tableau d'enclenchement de la pl. XV peut s'écrire sous la forme suivante :

$$(9' + 10 + 11 + 12 + 13' + 14' + 15' + 16') 2'$$

$$(9' + 10 + 11 + 12 + 13' + 14' + 15 + 16') 3'$$

$$(9' + 4 + 11 + 12 + 13 + 14') 4'$$

$$(12) 5'$$

$$(12' + 13' + 14' + 15' + 16') 6'$$

$$(12' + 13' + 14' + 15 + 16') 7'$$

$$(13 + 14' + 17' + 20') 21'$$

$$(9' + 10 + 11 + 12 + 13 + 14' + 17' + 19 + 20') 22'$$

$$(9' + 10' + 11 + 12 + 13 + 14' + 17' + 19 + 20') 23'$$

$$(13 + 14' + 15 + 16' + 17 + 18 + 19' + 20') 24'$$

$$(9' + 10 + 11 + 12 + 13 + 14' + 15 + 16' + 17 + 18 + 19 + 20') 25'$$

$$(9' + 10' + 11 + 12 + 13 + 14' + 15 + 16' + 17 + 18 + 19 + 20') 26'$$

$$(17 + 18' + 19' + 20') 27'$$

$$(9' + 10 + 11 + 12 + 17 + 18' + 19 + 20') 28'$$

$$(9' + 10' + 11 + 12 + 17 + 18' + 19 + 20') 29'$$

$$(31) 30'$$

$$(30) 31'$$

$$(30 + 31) 32'$$

B. — ENCLENCHEMENTS INDIRECTS.

Nous avons étudié, jusqu'ici, l'enclenchement direct des leviers réunis en un même point. Il nous reste à décrire diverses dispositions dans lesquelles l'enclenchement s'effectue non plus entre les leviers, qui peuvent être, dès lors, éloignés les uns des autres, mais entre les appareils que ceux-ci commandent. Ces combinaisons *indirectes* se prêtent donc particulièrement bien aux enclenchements à distance, mais ne sont guère susceptibles de former des systèmes complets applicables à la solution des problèmes généraux. Aussi, ne les emploie-t-on que dans certains cas particuliers, très importants d'ailleurs.

APPAREILS A MANŒUVRE MULTIPLE. — Il est souvent utile de ne permettre l'ouverture d'un signal que du consentement simultané de deux ou de plusieurs agents. Nous avons rencontré de nombreux exemples de cette nécessité, notamment dans le cas des bifurcations en triangle.

On arrive à ce résultat de deux manières différentes. La première consiste à établir, entre chaque levier et le signal à manœuvrer, une connexion spéciale, la mise au passage ne se produisant que quand tous les fils sont tendus ; ce sont les *appareils à manœuvre multiple proprement dits*. Dans le second procédé, un seul des signalistes agit directement sur le signal : les autres manœuvrent des *désengageurs* qui rompent à volonté la connexion principale.

Ces deux catégories d'appareils jouissent de propriétés différentes. Les premiers permettent à l'un quelconque des signalistes d'ouvrir ou de fermer le signal, à la condition toutefois que les autres fils restent tendus. Avec les appareils désengageurs, au contraire, un seul des signalistes dispose de la manœuvre effective du signal. Les désengageurs n'ont donc pas l'indépendance relative des appareils à manœuvre multiple ; mais ils sont plus économiques et se prêtent mieux à la manœuvre à longue distance : ce dernier avantage résulte, comme il est facile de le voir, de ce que la connexion du désengageur ne s'étend qu'entre deux signalistes.

Signal à plusieurs transmissions de l'Ouest français (pl. XVII, fig. 5 et 6). — Le contrepoids de rappel P est monté sur le levier coudé L l articulé avec la tringle rigide T fixée au mât du signal. Ce levier coudé est calé sur l'axe O, de manière que sa petite branche l soit parallèle à un deuxième levier M, auquel elle est réunie par une entretoise K. Les fils de manœuvre F', F'', F''' sont fixés à des leviers coudés, fous sur l'arbre O, dont les grandes branches sont munies de contrepoids P', P'', P'''. Ces derniers agissent en sens inverse du contrepoids de rappel P et chacun d'eux est

plus lourd que celui-ci. Il en résulte que, si un seul des trois fils est lâché, le petit bras du coude correspondant vient buter contre l'entretoise K et suspend l'action du contrepoids de rappel. Le signal reste donc à l'arrêt aussi longtemps que les trois fils ne sont pas tendus. Si le signal est ouvert, il suffit de lâcher un des fils pour le remettre à l'arrêt.

Signal à plusieurs transmissions du système Robert (Nord français) (pl. XVII, fig. 7). — Le signal est mis au passage par un contrepoids de rappel K, dont l'action peut être suspendue par des contrepoids K', K'', K''', disposés comme suit : sur l'arbre du signal sont montées, en nombre égal à celui des transmissions, les poulies folles P', P'', P''', auxquelles sont fixés, d'une part, les fils de manœuvre F, F', F'' et, d'autre part, les contrepoids K', K'', K'''. Sur ces mêmes poulies se trouvent des taquets *t*, *t'*, *t''*, qui viennent buter contre un vilebrequin *v*, fixé au mât du signal. Lorsque les contrepoids K'... sont soulevés et les fils F... tendus, le signal est effacé sous l'action du poids de rappel. Mais il suffit de lâcher un seul des fils pour que le taquet correspondant, en agissant sur le vilebrequin, mette le signal à l'arrêt.

Slots du sémaphore Saxby. — Dans la plupart des installations Saxby d'une certaine importance, on rencontre des palettes sémaphoriques à double manœuvre qui sont dites *slottées*; le *slot* est le contrepoids supplémentaire qui met la palette sous la dépendance du deuxième signaliste. Pour que le signal s'ouvre, il faut que les deux fils de transmission F et F' maintiennent soulevés les deux contrepoids P et P'. Les bras de ceux-ci passant dans des coulisses ménagées dans la tringle de la palette, le soulèvement d'un seul contrepoids ne produit aucun effet (pl. XVI, fig. 9).

Les figures 7 et 8 de la pl. XVI donnent la disposition d'un *slot* plus récent, imaginé par MM. Saxby et Farmer. Les deux contrepoids de P et P' sont reliés à deux cames C et C', qui oscillent autour d'un axe fixé à la tringle de tirage T de la palette. La fig. 7 montre les deux contrepoids abaissés et, par conséquent, le signal à l'arrêt. Le soulèvement d'un seul des contrepoids n'a d'autre effet que d'appliquer l'une sur l'autre les faces planes des deux cames (fig. 8); mais la manœuvre du second n'est possible que s'il se produit un certain relèvement de l'axe des cames et, par suite, de la tringle T de la palette.

Désengageur Saxby (pl. XVI, fig. 16). — Le fil de manœuvre est interrompu en un point quelconque de sa longueur, et les deux parties se terminent, en ce point, par des barres à talons T et T'. La barre T, guidée de manière à ne pouvoir que glisser dans le sens de sa longueur, est sollicitée par un contrepoids P, qui tend le fil F. La barre T' peut glisser et,

sous l'action d'un contrepoids X, se soulever et occuper la position marquée en traits pointillés.

Lorsque les deux talons sont en prise, le signal fonctionne comme si le désengageur n'existait pas. Mais le poste contrôleur, en lâchant le fil ϕ , abaisse le contrepoids K, qui soulève la tringle T. Les deux talons cessent alors d'être en prise et le signal se ferme.

Le P.-L.-M. fait usage d'un appareil désengageur représenté pl. XVI, fig. 15. (Rappelons que, dans les appareils du P.-L.-M., c'est en lâchant le fil qu'on met le signal au passage.)

Les deux fils A et B sont reliés, en deux points, à un balancier D, auquel est également fixé le fil unique du signal. Un bout de chaîne H, relié en M à la transmission A, passe sur une poulie et supporte le contrepoids I, dont la fonction est de maintenir le fil A quand on agit au poste B et que, par suite, on détend le brin de chaîne L. Quand le levier de manœuvre est relevé, le poids I doit toucher terre : c'est donc alors le poids du levier qui tend le fil. Quand on tire sur le fil A, le balancier oscille et le fil B' est détendu. Si on tire sur le fil B', c'est le brin L qui devient lâche. Si on tire sur les deux à la fois, le tout reste tendu et le signal à l'arrêt.

L'*electric slot de Saxby* est un désengageur dans lequel le contrôle est établi par l'intermédiaire d'organes électriques. Cet appareil, représenté pl. XVI, fig. 10 et 11, comprend un électro-aimant M, dont l'armature E peut osciller autour du point O. Une deuxième pièce S, qui pivote sur le même axe O, est reliée par la bielle B' à la tige du contrepoids P. Lorsque celui-ci est au bout de sa course, il exerce sur la bielle B' une pression qui ramène l'armature E au contact de son électro-aimant.

La tige T, qui actionne la palette, est reliée au contrepoids P par le levier L L' (mobile autour du point P) et par la bielle B, d'une part, et, d'autre part, par le système de la bielle B' de la pièce S, de l'armature E et du levier R : ce dernier est articulé en Q sur l'armature E.

Voyons, maintenant, ce qui se passe quand aucun courant ne traverse l'électro M. Si, à cet instant, le signaliste essaie de manœuvrer le signal en tirant sur le fil F, il soulève le contrepoids P ; la pression exercée dans ce mouvement sur la bielle B est transmise au levier L L' et, par le levier R, au pivot Q. Mais, l'armature n'étant pas collée à son électro, le point Q n'est pas fixe et l'armature repoussée s'écarte de la position représentée sur la figure en tournant autour de O. La manœuvre n'a donc pour effet que de faire tourner le levier L L' autour du point P, sans agir sur la tringle T. Mais, si un courant vient à être lancé dans l'électro, l'armature devient fixe et, avec elle, le pivot Q. La pression transmise à la tringle T a pour effet de

mettre la palette à l'arrêt. Dans cette situation, si le courant est coupé, l'armature, entraînée par la pression du levier R, oscille autour de O et le signal se remet à l'arrêt. En lâchant le fil F, on permet au contrepoids P de relever la pièce S et, avec elle, l'armature E, qui est ramenée au contact de son électro.

SERRURE ANNETT. — L'enclenchement Annett se compose d'une serrure spéciale disposée de telle sorte, que la clef ne peut en être retirée que quand le pêne est engagé dans une tringle qui lui sert de gâche, tringle qui est reliée au levier de manœuvre de l'aiguille ou du signal à enclencher. Une serrure semblable est placée sur chacun des appareils à solidariser. La clef ne pouvant être retirée de l'un des appareils qu'en l'enclenchant, l'un des deux sera toujours dans une position déterminée lorsque la clef n'y sera pas. La Compagnie de l'Ouest français possède environ 150 de ces serrures en service, notamment pour cadenasser certaines aiguilles extrêmes, dans des gares peu importantes.

ENCLÈCHEMENT DES VERROUS DES PONTS TOURNANTS. — Nous terminerons l'étude des enclenchements par quelques indications sur les moyens de solidariser la manœuvre d'un pont tournant et celle des signaux qui en commandent l'accès.

Un tel enclenchement est d'une nécessité évidente; mais, pour être tout à fait efficace, il doit présenter une particularité qu'il n'est pas inutile de signaler. Il peut arriver que le signal soit mis à l'arrêt au moment où un train vient de le franchir et que le garde décale le pont pendant que ce train parcourt l'espace qui le sépare du signal. Pour écarter ce danger, il importe qu'il s'écoule, entre le moment où le signaliste donne voie libre et celui où il peut commencer à agir sur les organes de calage du pont, un intervalle de temps au moins égal à la durée du parcours en question. Cette disposition *chronostatique* de l'enclenchement peut être obtenue de diverses manières : nous donnerons comme exemples l'appareil de M. Lebon, ingénieur en chef de la Compagnie du Grand-Central belge, appliqué au pont tournant établi, à Lierre, sur la Grande-Nèthe, et un appareil proposé par M. Flamache pour les lignes de l'Etat belge.

L'appareil du Grand-Central (1) se compose de deux moitiés identiques pour les deux directions; une seule de ces deux moitiés est représentée pl. XVII, fig. 1 et 2.

L'arbre de calage du pont met en mouvement un verrou vertical U par

(1) Voir *Revue universelle des mines*, tome XX, page 330.

l'intermédiaire d'une manivelle V ; quand le pont est calé, le verrou affleure la face inférieure de la tringle S, actionnée par un treuil à engrenages placé au milieu du pont ; le verrou est donc immobilisé et, avec lui, l'arbre de calage. Mais, si la tige S est déplacée de 0^m15 vers l'axe du pont, un trou, dont elle est percée, se présente devant le verrou, qui, dès lors, peut remonter. La vis sans fin qui agit sur le mouvement d'engrenage doit faire 108 révolutions pour amener le trou de la tringle S en regard du verrou U, ce qui exige environ deux minutes. Le décalage ne peut donc commencer que deux minutes *après* la mise à l'arrêt des signaux.

Voyons maintenant quelle est la relation mécanique qui solidarise la manœuvre du levier du signal et celle de l'appareil de calage. Sur chacune des culées du pont, est établi un compensateur relié au levier, situé au milieu du pont, par une tige H P Q R et par un bout de chaîne ; la tige est interrompue entre Q et R. Q se termine par un œillet dans lequel vient s'accrocher l'extrémité R. La tringle d'enclenchement S agit, par la manivelle à coulisse X, sur un crochet W, de forme spéciale. Si le signal est à l'arrêt et, par suite, le fil lâche, le crochet, par son extrémité W, soulève la tringle R et la dégage de Q ; le signal n'étant plus en communication avec son levier, le pont peut être tourné sans inconvénient. Si, au contraire, le signal est au passage et le fil tendu, c'est par son extrémité W que le crochet agit sur la tringle et coupe la communication. Le contrepoids de rappel amène alors le signal à l'arrêt, comme dans le cas d'une rupture de fil. Le décalage ne peut donc être effectué que si les deux signaux à distance sont à l'arrêt et, s'ils n'occupent pas cette position, la manœuvre du verrou les y amène automatiquement. Lorsque le pont a été recalé, un levier spécial permet de débrayer le balancier du treuil, de manière à remettre immédiatement les signaux au passage sans passer par les 108 révolutions de la vis sans fin. Un seul homme peut faire ces diverses manœuvres, les appareils étant tous établis au milieu du pont.

L'appareil proposé par M. Flamache est étudié en vue d'être appliqué à la manette du levier Saxby. L'auteur a utilisé une disposition employée, au pont de Duffel, par M. Brunel, ingénieur des chemins de fer de l'État belge, dont le principe consiste à astreindre le signaliste à une manœuvre lente entre la fermeture du signal et l'ouverture du verrou.

L'ensemble du système comprend, de chaque côté du pont, un bâti à quatre leviers commandant respectivement :

1° Un signal à distance ordinaire D du type État belge, qui sert à couvrir les trains arrêtés devant l'obstacle, mais n'a aucun rapport avec les appareils d'enclenchement ;

2° Un signal d'arrêt A, placé à 60 mètres du point dangereux, que l'on ne peut effacer que si le pont est calé ;

3° Un signal R, répétiteur du précédent, qui ne peut être mis au passage *avant* celui-ci et qui, par conséquent, est enclenché indirectement avec le calage.

Dans leur position normale, ces trois signaux sont à l'arrêt ;

4° Un verrou V qui, de la rive, agit sur le calage du pont et doit être *renversé* pour que les cales soient desserrées. Ce verrou manœuvre, en outre, des éclisses mobiles qui réunissent les rails du pont à ceux de la voie courante quand le pont est calé et verrouillé. Lorsque le pont est ouvert, une clenche retombe dans une boîte et empêche le verrou de se mouvoir à vide.

Le décalage du pont ne peut être effectué que si le levier du verrou est renversé, ce qui exige que le signal A et son répétiteur R soient à l'arrêt, c'est-à-dire dans leur position normale.

Eu égard à la simplicité de l'enclenchement à obtenir, l'appareil Saxby a été modifié de manière à ne réaliser que la condition suivante :

$$\frac{V R}{A N} \text{ et } \frac{A N}{R N}.$$

L'appareil chronostatique, qui ne permet le renversement du levier V qu'un certain temps après la fermeture du répétiteur, est contenu dans une boîte en métal fixée au levier du signal R.

Sur le même axe que la manette *m*, et folles sur celui-ci, sont montées les deux roues solidaires A et R. La première est en relation avec une vis sans fin B, la seconde est attaquée par le doigt *r* mené par la manette *m*. Lorsque le signaliste saisit le levier R et appuie sur la manette *m*, il soulève la tringle *t* et dégage le *spring catch* sans que rien s'oppose à cette manœuvre, le doigt *r* glissant de deux dents sur la roue R. Mais la tringle *t* ne peut redescendre et la manette reprendre sa position normale que si le rochet R tourne et, avec lui, la roue dentée A. Or, cette dernière ne peut se mouvoir que si la vis B et, par suite, la roue C tournent également. Pour remettre le *spring catch* en place, il faut donc faire exécuter 60 tours à la manivelle M, ce qui exige environ 30 secondes.

Cela posé, examinons les différents cas qui peuvent se présenter :

1° *Le pont est calé et tous les signaux dans leur position normale, c'est-à-dire à l'arrêt.*

Le levier V est libre et peut être renversé ; on a alors :

$$\frac{V R}{A N} \text{ et } \frac{A N}{R N},$$

et rien ne s'oppose à la manœuvre des cales du pont ;

2° *Le pont étant calé, les signaux sont ouverts.*

Un bateau se présente : le signaliste met le répétiteur à l'arrêt, mais le signal d'arrêt A n'est dégagé que quand le taquet et la tringle *t* de R sont à fond, ce qui exige environ 30 secondes ;

3° *Le pont étant décalé et les signaux à l'arrêt, un train demande le passage, le pont est recalé, le levier V ramené en avant et les signaux A et R ouverts. Quand le levier de ces derniers est renversé, on laisse descendre la tringle *t* en tournant la manivelle ; mais, comme les signaux sont ouverts, il n'en résulte aucune perte de temps pour les trains.*

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

La réglementation des chaudières à vapeur en Allemagne, par H. WITMEUR.
In-8° de 10 et 4 pages, avec 1 planche de figures 1 fr.

Aide-mémoire théorique et pratique de l'ingénieur-constructeur, par L. HAMAL.
In-8° de 357 pages, accompagné de nombreuses tables numériques et de 26 planches dans
le texte 15 fr.

**Tables des moments d'inertie et des moments de rupture des poutrelles en
fer du profil double T laminées par les usines belges, avec indication des
charges qu'elles peuvent supporter pour des portées variant de 1 à
12 mètres**, par E. STEENS. In-8° de 29 pages avec 1 planche de figures. . . . 4 fr.

Traité théorique et pratique de la fabrication du fer et de l'acier, accompagné
d'un exposé des améliorations dont elle est susceptible, principalement
en Belgique, par H. VALÉRIUS. Grand in-8° de 880 pages, avec atlas de 45 planches
in-folio 75 fr.

**Les applications de la chaleur, avec un exposé des meilleurs systèmes de
chauffage et de ventilation**, par H. VALÉRIUS. Grand in-8° de vi-404 pages, orné de
122 figures dans le texte et de 14 planches hors texte. 18 fr.

Le puddlage mécanique par le procédé Danks. In-8° de 157 pages, avec 1 planche
de figures 3 fr. 50 c.

Métallurgie du zinc. Cours professé à l'Université de Bruxelles. Grand in-4°
autographié, de 51 pages 3 fr.

Notice sur les calculs de stabilité des voûtes droites en maçonnerie, par
L. GÉRARD. In-8° de 96 pages, avec 3 planches. 4 fr.

**Notice sur les fondations par l'air comprimé et sur les nouvelles installa-
tions maritimes d'Anvers**, par L. ANSPACH. Grand in-8° de 87 pages, orné de
3 planches 3 fr.

**Commentaire du cahier général des charges, clauses et conditions
imposées aux entrepreneurs de travaux publics. Jurisprudence des
tribunaux et de l'administration en Belgique et en France**, par
O. SCAILQUIN. In-12 de 192 pages. 2 fr.

La machine de Ruhmkorff et ses effets, par P. DESGUIN. In-12 de 36 pages. 75 c.

Bulletin du Musée de l'Industrie. Tomes 67 à 84; années 1875 à 1883 (fin).
18 volumes grand in-8° d'environ 400 pages, ornés chacun de 11 à 12 grandes plan-
ches de figures. Prix exceptionnel des 18 volumes. 100 fr.

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE.

- Numérotage des fils**, par Léon GAUCHE. In-8° de 68 pages. 2 fr.
- Précis du cours de topographie** professé à l'Université de Bruxelles par A. HUBERTI.
Grand in-4°, autographié, de VIII-364 pages, orné de 398 figures 13 fr.
- Recueil périodique des décisions judiciaires et administratives sur les
matières ressortissant au département des travaux publics.** Les 4 livraisons
parues, formant un volume in-8° de 387 pages. 8 fr.
- Traité des transports par chemin de fer en Belgique**, à l'usage des commerçants,
fabricants, industriels, voyageurs, employés des chemins de fer et, en général, de tous
ceux qui s'occupent des transports par voie ferrée, par J.-B. LANCKMAN. In-8° de
515 pages 10 fr.
- Etude sur les nouveaux systèmes de générateurs à vapeur pour machines
fixes et considérations sur les charbons**, par H. MASSART. In-8° de 143 pages
avec 3 planches de figures. 4 fr.
- Les ventilateurs à force centrifuge des mines et des fosses**, par A. GENDEBIEN.
In-8° de 132 pages avec 6 figures. 3 fr.
-