ÉTUDE PRATIQUE

DES

ENCLENCHEMENTS

PAR

M. J. VERDEYEN,

Ingénieur en chef,

Directeur du service des signaux des chemins de fer de l'État belge.

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

(Septembre 1920.)

[**656** .257]

BRUXELLES

Société anonyme M. WEISSENBRUCH, imprimeur du Roi

ÉDITEUR

(Société typographique : Liége, Bouillon, Paris, 1755-1793)

49, rue du Poinçon.

—

1920

ÉTUDE PRATIQUE DES ENCLENCHEMENTS

CHAPITRE I.

Généralités.

Définition des enclenchements. — On appelle *enclenchements* les dispositifs qui ont pour but de rendre solidaires les manœuvres des différents leviers actionnant les aiguillages, les verrous, les signaux, etc., d'un poste de centralisation, de façon à empêcher les combinaisons dangereuses entre les positions de ces leviers.

Position des leviers. — Un levier de manœuvre peut occuper deux positions extrêmes, correspondant à celles de l'appareil auquel il est relié; on les désigne sous les noms de *position normale* et de *position renversée*.

Dans le choix de la position normale d'un levier, on s'impose cette condition que la position adoptée puisse toujours se concilier avec la position normale de tous les autres leviers du poste. En d'autres termes, tous les leviers d'un poste doivent pouvoir se trouver simultanément dans leur position normale.

Enclenchements binaires. — Enclenchements multiples. — Les enclenchements peuvent se classer en *enclenchements binaires* et en *enclenchements multiples* :

a) Les enclenchements binaires sont ceux n'intéressant que deux leviers.

Exemples : Pour renverser le levier 7, il faut que le levier 9 se trouve dans sa position normale; ou bien pour renverser le levier 4, il faut que le levier 6 se trouve dans sa position renversée.

Parfois, un levier ne pourra être manœuvré que si un autre levier se trouve dans l'une ou dans l'autre de ses positions extrêmes. Les enclenchements de cette nature sont employés notamment pour immobiliser un levier d'aiguillage par le levier d'un verrou; ce levier ne peut donc être renversé que si le levier de l'aiguillage se trouve dans une de ses deux positions extrêmes.

b) Les enclenchements multiples ou enclenchements conditionnels sont ceux qui intéressent plus de deux leviers.

Exemples : Si le levier 4 est dans sa position normale, pour renverser le levier 6, il faut que le levier 9 soit dans sa position normale; pour renverser le levier 1, il faut que l'un des leviers, 4, 5 ou 6 soit renversé.

Enclenchements directs. — Enclenchements indirects. — Les enclenchements peuvent aussi être classés en *enclenchements directs* et *enclenchements indirects* :

a) Les enclenchements directs sont ceux qui sont matériellement et directement réalisés dans l'appareil de centralisation;

b) Les enclenchements indirects sont ceux que l'on ne réalise pas matériellement et directement, mais qui résultent de la coexistence d'autres enclenchements.

Représentation des enclenchements. — Il est nécessaire de représenter les enclenchements sous une forme claire et simple, permettant de trouver facilement toutes les conséquences résultant de leur réalisation.

Nous représenterons par $\underline{a}$ un levier de manœuvre dans sa position normale, par $\overline{a}$, ce levier dans sa position renversée, et par $\overline{\underline{a}}$, ce même levier dans sa position normale ou dans sa position renversée.

La relation d'enclenchement à établir entre deux leviers pourra dès lors s'écrire sous la forme d'une égalité dont le premier membre comportera le symbole (lettre ou chiffre) du premier levier, représenté dans la position qu'il doit occuper et le second membre, le symbole du second levier, représenté également dans la position qu'il doit occuper pour permettre la position du premier levier; nous conviendrons donc que le signe = signifie : *exige*.

Exemples : Pour exprimer que pour renverser le levier 2, il faut que le levier 4 se trouve dans sa position normale, nous écrirons : $\overline{2} = \underline{4}$.

Le renversement du levier 2 *exige* que le levier 4 se trouve dans sa position normale.

De même l'enclenchement $\overline{2} = \overline{5}$ signifie que le renversement du levier 2 *exige* que le levier 5 se trouve dans sa position renversée.

Enfin, si le renversement du levier 2 *exige* que le levier 3 soit dans sa position normale ou dans sa position renversée, nous écrirons : $\overline{2} = \overline{\underline{3}}$.

Principe de la réciprocité des enclenchements. — L'enclenchement mécanique, par pièces rigides, entraîne toujours la réciprocité d'action. Si un premier levier, dans l'une de ses positions, enclenche un second levier dans une position déterminée, réciproquement ce second levier, dans son autre position, enclenche le premier dans la position inverse de celle qu'il occupait dans la relation considérée.

L'enclenchement $\overline{1} = \underline{2}$ signifie que le renversement du levier 1 exige que le levier 2 soit dans sa position normale. Pour renverser le levier 2, il faut donc que le levier 1 soit d'abord ramené dans sa position normale. Nous pouvons donc écrire $\frac{}{2} = \frac{1}{}$, qui est la réciproque et la conséquence de l'enclenchement donné.

De même, l'enclenchement $\frac{}{3} = \frac{}{4}$ nous donnera pour réciproque la relation $\frac{4}{} = \frac{3}{}$, mais ce dernier enclenchement est souvent inutile à considérer puisque, par hypothèse, tous les leviers doivent pouvoir se trouver simultanément en position normale.

Enclenchements élémentaires. — Considérons les deux leviers a et b. Nous pourrons réaliser entre eux les six arrangements suivants :

$$\frac{}{a} = \frac{b}{}\ (1), \quad \frac{}{a} = \frac{}{b}\ (2), \quad \frac{}{a} = \frac{\overline{b}}{}\ (3),$$

$$\frac{}{b} = \frac{a}{}\ (1^{\text{bis}}), \quad \frac{}{b} = \frac{}{a}\ (2^{\text{bis}}), \quad \frac{}{b} = \frac{\overline{a}}{}\ (3^{\text{bis}}),$$

dont les trois derniers sont la reproduction des trois premiers, obtenus en permutant les lettres a et b.

Le nombre des arrangements intéressants des enclenchements binaires se ramènera donc à :

$$\frac{}{a} = \frac{b}{}\ (1), \quad \frac{}{a} = \frac{}{b}\ (2) \quad \text{et} \quad \frac{}{a} = \frac{\overline{b}}{}\ (3).$$

Dans les diagrammes graphiques d'enclenchement, dont il sera parlé plus loin, la relation $\frac{}{a} = \frac{b}{}$ se représente par un cercle *bleu*, d'où le nom de taquet bleu ou de cale bleue donné habituellement au taquet ou à la cale qui la réalise.

La relation $\frac{}{a} = \frac{}{b}$ se représente par un cercle *rouge*; le taquet ou la cale qui la réalise sont généralement appelés, pour ce motif, taquet rouge ou cale rouge.

Enfin, la relation $\frac{}{a} = \frac{\overline{b}}{}$ se représente par un cercle noir, d'où le nom de taquet noir ou de cale noire donné au taquet ou à la cale qui la réalise.

Enclenchements indirects. — Les enclenchements binaires, en se combinant entre eux, peuvent donner naissance à de nouveaux enclenchements.

Supposons que l'on réalise les deux relations $\frac{}{1} = \frac{}{2}$ et $\frac{}{2} = \frac{3}{}$, c'est-à-dire que le renversement du levier 1 exige le renversement préalable du levier 2 et que le renversement du levier 2 exige que le levier 3 se trouve dans sa position normale. Il en résulte évidemment que, pour pouvoir renverser le levier 1, il faut que le levier 3 se trouve dans sa position normale, ce qui s'exprime par la formule $\frac{}{1} = \frac{3}{}$, enclenchement indirect résultant de la coexistence des deux enclenchements considérés :

$$\frac{}{1} = \frac{}{2} \text{ et } \frac{}{2} = \frac{3}{}.$$

Si nous avions réalisé les trois enclenchements binaires :

$$\frac{}{1} = \frac{}{2},\ \frac{}{2} = \frac{}{4} \text{ et } \frac{}{4} = \frac{6}{}$$

nous aurions obtenu par le même raisonnement les enclenchements indirects ci-dessous :

$$\frac{}{1} = \frac{}{4},\ \frac{}{1} = \frac{6}{} \text{ et } \frac{}{2} = \frac{6}{}.$$

Ces enclenchements indirects s'obtiennent facilement par la règle suivante :

Si les formules de deux enclenchements binaires contiennent le symbole d'un levier commun, dans la même position mais dans des membres différents des égalités, on obtient la formule d'un enclenchement indirect en égalant les membres des deux égalités contenant les symboles différents.

Projet d'enclenchement. — L'étude d'un projet d'enclenchement comprend deux parties distinctes :

a) L'établissement du programme d'enclenchement, qui détermine les conditions à réaliser entre les positions des leviers de manœuvre des aiguillages, des verrous et des signaux.

b) L'établissement du tableau d'enclenchement à réaliser pour satisfaire à ce programme.

CHAPITRE II.

Programme d'enclenchement.

Poste d'enclenchement fictif. — L'établissement du programme d'enclenchement étant indépendant de la façon dont est concentrée la manœuvre des leviers d'une installation donnée, ainsi que du type d'appareil central adopté, nous admettrons que tous les leviers de manœuvre sont concentrés dans un poste d'enclenchement fictif qui comprendra :

a) Les leviers de manœuvre des aiguillages ;

b) Les leviers de manœuvre des verrous de calage des aiguilles, lorsqu'ils ne sont pas manœuvrés par les mêmes leviers que les aiguillages qu'ils immobilisent;

c) Des manettes d'itinéraire, en nombre égal à celui des itinéraires à réaliser;

d) Les leviers de manœuvre de signaux, à raison d'un par signal distinct (palette ou numéro de direction).

Réalisation d'un itinéraire déterminé. — Pour réaliser un itinéraire déterminé, il faut pouvoir renverser en toute sécurité la manette correspondant à cet itinéraire.

Il faut donc prévoir, entre les leviers d'aiguillages et de verrous d'une part et les manettes d'itinéraire d'autre part, une série de relations telles que, pour pouvoir renverser une manette déterminée, il faut :

a) Que les leviers des aiguillages de l'itinéraire considéré, de même que ceux des aiguillages y donnant accès, se trouvent dans des positions telles que la continuité et la protection de l'itinéraire soient assurées ;

b) Que les leviers des verrous de calage des aiguilles prises par la pointe soient renversés (de façon que ces aiguillages soient verrouillés).

Représentation des conditions d'enclenchement. — En adoptant le mode de représentation que nous avons indiqué, les conditions que nous venons de définir se représenteront sous la forme d'une fraction dont le numérateur comprendra les symboles (lettres ou numéros) des leviers qui doivent se trouver en position normale ; et dont le dénominateur comprendra les symboles des leviers qui doivent se trouver dans la position renversée. Les relations d'enclenchement s'écriront sous la forme d'une égalité.

Si, par exemple, le renversement de la manette m exige que les leviers 1, 2 et 3 soient normaux et les leviers 4, 5 et 6 renversés, nous écrirons :

$$\frac{}{m} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3}{4 \cdot 5 \cdot 6} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Conditions de sécurité des itinéraires. — Pour vérifier si les enclenchements déterminés comme nous venons de le dire assurent complètement la sécurité des itinéraires, il faut rechercher si l'on ne peut renverser en même temps les manettes de deux ou de plusieurs itinéraires qui se coupent ou qui ont une partie commune.

Remarquons à cet effet que si le renversement d'une manette exige qu'un levier se trouve dans sa position normale, et que le renversement d'une autre manette exige que le même levier se trouve dans sa position renversée, il sera impossible de renverser en même temps les deux manettes considérées. Les deux itinéraires envisagés seront donc rendus incompatibles par suite de la réalisation des enclenchements prévus.

Règle des incompatibilités. — La recherche des incompatibilités se fait très aisément par l'application de la règle suivante :

« Lorsque le symbole d'un même levier « figure dans les formules d'enclenchement « de deux manettes d'itinéraire, au numé- « rateur dans l'une et au dénominateur « dans l'autre, les deux itinéraires corres- « pondants sont incompatibles. »

Recherche des incompatibilités. — Supposons que nous ayons trouvé pour les différents itinéraires d'un poste les formules d'enclenchements ci-dessous :

$$\frac{}{2} = \frac{8}{7}$$

$$\frac{}{3} = \frac{9 \cdot 11}{7 \cdot 8 \cdot 10}$$

$$4 = \frac{9 \cdot 12}{7 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 11}$$

$$\frac{}{15} = \frac{9 \cdot 12}{}$$

$$\frac{}{16} = \frac{9 \cdot 11}{12}$$

$$\frac{}{17} = \frac{8}{9}$$

L'application de la règle des incompatibilités nous donnera :

L'itinéraire 2 est incompatible avec 3 (par le levier 8) et avec 4 (par le levier 8) ;

L'itinéraire 3 est incompatible avec 2 (par 8), avec 17 (par 8), avec 17 (par 9), avec 4 (par 11) ;

L'itinéraire 4 est incompatible avec 2 (par 8), avec 17 (par 8), avec 17 (par 9), avec 3 (par 11), avec 16 (par 12), avec 16 (par 11) ;

L'itinéraire 15 est incompatible avec 17 (par 9), avec 16 (par 12) ; avec 4 (par 11) ;

L'itinéraire 16 est incompatible avec 17 (par 9), avec 4 (par 12), avec 15 (par 12).

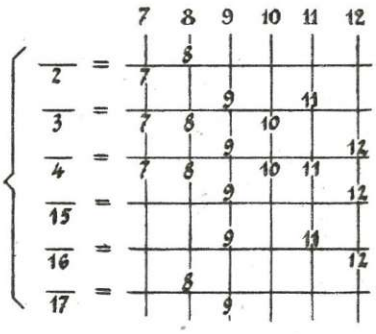
L'itinéraire 17 est incompatible avec 3 (par 8), avec 4 (par 8), avec 3 (par 9), avec 4 (par 9), avec 15 (par 9), avec 16 (par 9).

Remarque. — Pour un poste important comportant de nombreux itinéraires qui intéresseraient un grand nombre d'aiguillages et de verrous, la recherche des incompatibilités demanderait un travail long et ardu si elle n'était pas faite méthodiquement.

On facilite beaucoup cette recherche en écrivant les fractions d'enclenchement, les unes en dessous des autres, de manière que les symboles d'un même levier se trouvent toujours placés sur une même verticale.

L'examen d'une verticale indique à première vue les incompatibilités résultant du levier correspondant à cette verticale.

Reprenons les six formules d'enclenchement et écrivons-les comme ci-dessous :



Nous voyons par la lecture de la verticale 8, que :

L'itinéraire 2 est incompatible avec les itinéraires 3 et 4;

L'itinéraire 3 est incompatible avec les itinéraires 2 et 17 ;

L'itinéraire 4 est incompatible avec les itinéraires 2 et 17 ;

L'itinéraire 17 est incompatible avec les itinéraires 3 et 4.

En suivant chacune des verticales 9, 10, 11, 12, nous trouverons successivement toutes les incompatibilités résultant du programme d'enclenchement que nous avons réalisé.

Tableau des incompatibilités. — Les incompatibilités découvertes en appliquant la règle énoncée ci-dessus peuvent être figurées dans un tableau à double entrée, analogue à la table de multiplication.

Dans la première rangée horizontale et dans la première colonne verticale de gauche, nous inscrivons les numéros de toutes les manettes d'itinéraire disposées dans le même ordre.

Si l'itinéraire m_2 est incompatible avec l'itinéraire m_4, nous l'indiquerons en traçant un trait vertical dans la case d'intersection des deux itinéraires considérés.

Supposons que nous ayons trouvé les incompatibilités des itinéraires :

m_1 avec m_2 et m_3;
m_2 avec m_1, m_4, m_5 et m_7;
m_3 avec m_1 et m_4;
m_4 avec m_2, m_3 et m_7;
m_5 avec m_2, m_7 et m_8;
m_6 avec m_7;
m_7 avec m_2, m_4, m_5 et m_6;
m_8 avec m_5;

nous obtiendrons le tableau des incompatibilités ci-après.

Ce tableau donne en outre l'indication des mouvements simultanés permis.

Il montre par exemple que l'itinéraire m_2 est incompatible avec les itinéraires m_1, m_4, m_5 et m_7; mais qu'il peut être réalisé simultanément avec l'un des itinéraires m_3, m_6, m_8 ou m_9.

	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9
m_1		|	|						
m_2	|			|	|		|		
m_3	|			|		|			
m_4		|	|				|		
m_5		|					|	|	
m_6			|				|		
m_7		|		|	|	|			
m_8					|				
m_9									

Vérification des incompatibilités. — Ayant ainsi dressé le tableau des incompatibilités résultant des conditions du programme des enclenchements dont nous avons prévu la réalisation, nous vérifierons, d'après le plan des voies de l'installation, si toutes les incompatibilités nécessaires ont bien été réalisées et si les itinéraires compatibles peuvent être réalisés simultanément sans danger.

Deux itinéraires doivent être rendus incompatibles. — Supposons que deux itinéraires, m_3 et m_6 par exemple, incompatibles d'après le plan des voies, soient indiqués au tableau comme pouvant être réalisés simultanément, nous complèterons le programme des enclenchements par la condition :

$$\frac{}{m_3} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3}{4 \cdot 5 \cdot 6} \frac{m_6}{},$$

ou par la condition :

$$\frac{}{m_6} = \frac{7 \cdot 8}{9 \cdot 10} \frac{m_3}{}$$

Un seul de ces enclenchements nouveaux devra être réalisé, l'autre étant l'enclenchement réciproque du premier. Nous complèterons le tableau en hachurant la case m_3 m_6, ce qui signifie que les manettes m_3 et m_6 doivent être enclenchées directement l'une par l'autre, de manière à ne pouvoir être renversées en même temps.

On pourrait également créer l'incompatibilité en exigeant que le levier d'un appareil de voie, qui doit être dans une position déterminée pour l'un des itinéraires, se trouve dans la position inverse pour le second itinéraire.

Si l'on a, par exemple :

$$\frac{}{m_3} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3}{4 \cdot 5 \cdot 6} \text{ et } \frac{}{m_6} = \frac{7 \cdot 8}{9 \cdot 10}$$

on ajoutera à cette dernière formule l'enclenchement $\frac{}{m_6} = \frac{}{3}$, ce qui donne

$$\frac{}{m_6} = \frac{7 \cdot 8}{9 \cdot 10 \cdot 3}.$$

Mais on aura soin, dans ce cas, de

rechercher si cette nouvelle condition d'enclenchement ne crée pas de nouvelles incompatibilités avec les itinéraires autres que m_3 qui exigent la condition $\underline{3}$. Le cas échéant, le tableau des incompatibilités sera complété en tenant compte de cette modification apportée au programme des enclenchements.

Incompatibilité superflue. — Dans le cas, au contraire, où deux itinéraires, m_7 et m_4, par exemple, pouvant être réalisés simultanément d'après le plan des voies, figurent au tableau comme incompatibles, on recherchera quel est le levier ou quels sont les leviers qui donnent lieu à cette incompatibilité superflue et l'on examinera si l'on ne peut la faire disparaître en supprimant une ou plusieurs conditions d'enclenchement.

Dans la négative, on indiquera en marge du tableau la position du levier qui a fait naître l'incompatibilité superflue.

Si l'on a, par exemple :

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{}{m_4} &= \frac{1 \cdot 4}{7 \cdot 8}, \\ \frac{}{m_7} &= \frac{3 \cdot 5}{2 \cdot 1}, \end{aligned} \right.$$

on mentionnera au tableau

			m_4	m_5	m_6	m_7	
m_4						1	m_7 à cause de 1
m_5							
m_6							
m_7			1				m_4 à cause de $\overline{1}$

Relation entre le levier du signal et la manette d'itinéraire. — Pour pouvoir mettre un levier de signal au passage, il faut que la manette de l'itinéraire qu'il commande ait été renversée préalablement; il en résulte en effet que toutes les conditions nécessaires pour la réalisation de cet itinéraire seront réalisées.

La nouvelle condition à réaliser sera représentée par :

$$\frac{}{s} = \frac{}{m} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

Dans le cas où un même signal commande à plusieurs itinéraires, il faut, pour pouvoir mettre son levier au passage, que l'une des manettes de ces itinéraires ait été renversée au préalable.

Pour pouvoir renverser le levier de signal s, il faut donc renverser la manette m_1 ou la manette m_2 ou la manette m_3, ce que nous écrirons :

$$\frac{}{s} = \frac{}{m_1} + \frac{}{m_2} + \frac{}{m_3} \quad \cdots\cdots \quad (3)$$

en représentant le terme <u>ou</u> par le signe $+$.

Résumé. — L'ensemble des formules (1), (2) et (3) résume le programme des enclenchements à réaliser pour assurer entièrement la sécurité de l'installation.

Le tableau des incompatibilités montre, d'autre part, les itinéraires incompatibles deux à deux et ceux qui peuvent être réalisés simultanément.

Ces formules et ce tableau suffisent pour le service du mouvement de la gare et donnent aux techniciens tous les éléments nécessaires pour étudier et réaliser les enclenchements indispensables.

CHAPITRE III.

Réalisation des enclenchements.

Nous examinerons successivement la réalisation des enclenchements : 1° dans le cas d'un appareil central comportant des manettes d'itinéraire ; 2° dans le cas d'un appareil ne comportant pas de manettes d'itinéraire.

§ A. — Appareil central comportant des manettes d'itinéraire.

Les enclenchements à réaliser résultent directement des formules établies précédemment.

Itinéraires nécessitant certains enclenchements identiques. — Dans le cas où plusieurs itinéraires comportent un certain nombre d'enclenchements identiques, on peut agir par les barres d'enclenchement sur un axe manœuvré par une manette supplémentaire et enclenchant les aiguillages communs aux divers itinéraires.

Si, par exemple, on doit réaliser les enclenchements :

$$\left\{\begin{array}{l} \dfrac{}{m_1} = \dfrac{1\cdot 4\cdot 7\cdot 9}{2\cdot 10\cdot 13}, \\ \dfrac{}{m_2} = \dfrac{3\cdot 4\cdot 7\cdot 9}{5\cdot 10\cdot 13}, \\ \dfrac{}{m_3} = \dfrac{6\cdot 4\cdot 7\cdot 9}{8\cdot 10\cdot 13}, \end{array}\right.$$

on réalisera les enclenchements : $\frac{}{\pi} = \frac{4\cdot 7\cdot 9}{10\cdot 13}$ au moyen d'une manette et d'une barre supplémentaire et ensuite les enclenchements :

$$\left\{\begin{array}{l} \dfrac{}{m_1} = \dfrac{1}{2\cdot \pi}, \\ \dfrac{}{m_2} = \dfrac{3}{5\cdot \pi}, \\ \dfrac{}{m_3} = \dfrac{6}{8\cdot \pi}. \end{array}\right.$$

Itinéraire très long. — Dans le cas où un itinéraire prévu par le programme des enclenchements est très long, il peut y avoir avantage à le sectionner en deux ou trois parties.

L'appareil central comportera dans ce cas deux ou trois manettes pour cet itinéraire. Au lieu de l'enclenchement du programme

$$\frac{}{m} = \frac{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}{5\cdot 6\cdot 7\cdot 8},$$

on réalisera les enclenchements :

$$\left\{\begin{array}{l} \dfrac{}{\pi} = \dfrac{1}{5}, \\ \dfrac{}{\pi_1} = \dfrac{2\cdot 3\cdot}{6}, \\ \dfrac{}{\pi_2} = \dfrac{4}{7\cdot 8}, \end{array}\right.$$

ainsi que

$$\frac{}{m} = \frac{}{\pi\cdot \pi_1\cdot \pi_2}.$$

Enclenchements entre les manettes d'itinéraire et les leviers des signaux. — Ces enclenchements se font :

1° Soit directement, lorsque le programme d'enclenchement ne comporte que des formules telles que $\frac{}{s} = \frac{}{m}$, c'est-à-dire quand chaque signal commande à un itinéraire distinct;

2° Soit au moyen d'un axe supplémentaire, lorsqu'il s'agit de réaliser des enclenchements tels que $\frac{}{s} = \frac{}{m} + \frac{}{m_1} + \frac{}{m_2}$, c'est-à-dire lorsqu'un même signal commande à plusieurs itinéraires.

Enclenchements à réaliser entre itinéraires. — Si l'on doit réaliser des enclenchements tels que :

$$\frac{}{m_3} = \frac{}{m_1} \text{ et } \frac{}{m_3} = \frac{m_2}{},$$

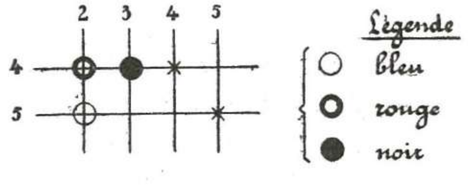
ou des enclenchements conditionnels, tels que :

$$\frac{}{m_4} = \frac{}{m_1} + \frac{}{m_2} + \frac{}{m_3},$$

ils s'obtiennent très facilement au moyen de cales établies entre les axes et les barres des itinéraires à enclencher.

Tableau des enclenchements. — Les enclenchements à réaliser sont représentés généralement sous forme de tableau à double entrée, comportant autant de lignes verticales qu'il y a de leviers dans l'appareil central et autant de lignes horizontales qu'il y a de manettes d'itinéraire manœuvrant des barres.

Un enclenchement de la forme $\frac{}{2} = \frac{5}{-}$ se représentera par un cercle bleu à l'intersection de la verticale 2 et de l'horizontale 5 ; un enclenchement de la forme $\frac{}{2} = \frac{}{4}$ se représente par un cercle rouge à l'intersection de la verticale 2 et de l'horizontale 4 ; et un enclenchement de la forme $\frac{}{3} = \frac{\overline{4}}{-}$ se représente par un cercle noir à l'intersection de la verticale 3 et de l'horizontale 4.



Les enclenchements conditionnels sont inscrits à côté du tableau.

Les figures 1, 2 et 3 représentent la signalisation d'un poste d'une extrémité

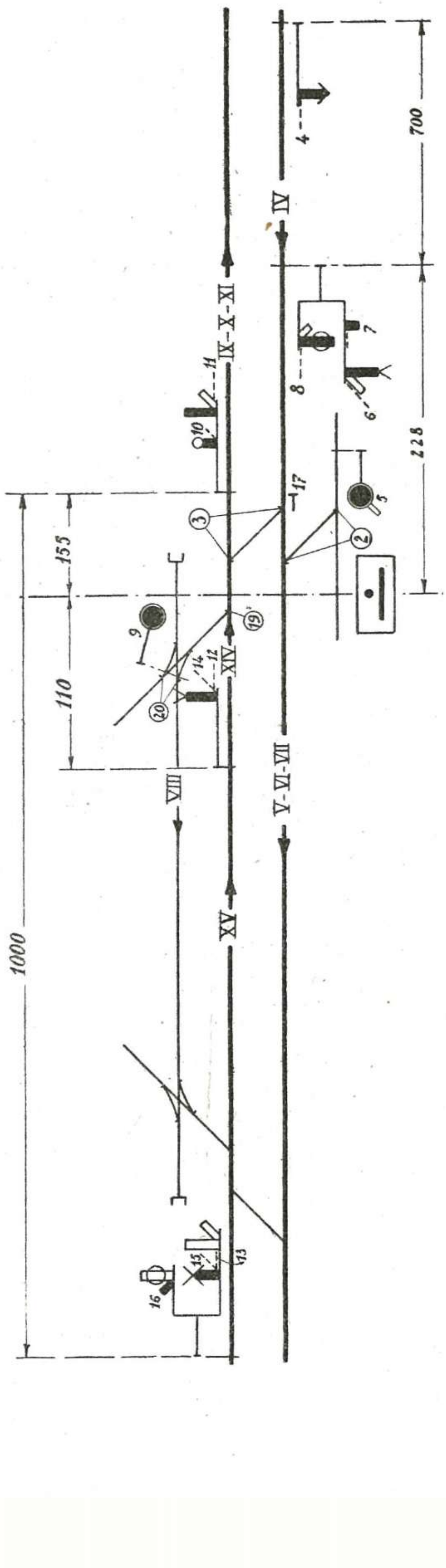


Fig. 1.

de station intermédiaire, avec garage direct, le plan de l'appareil central ainsi que le diagramme des enclenchements à réaliser.

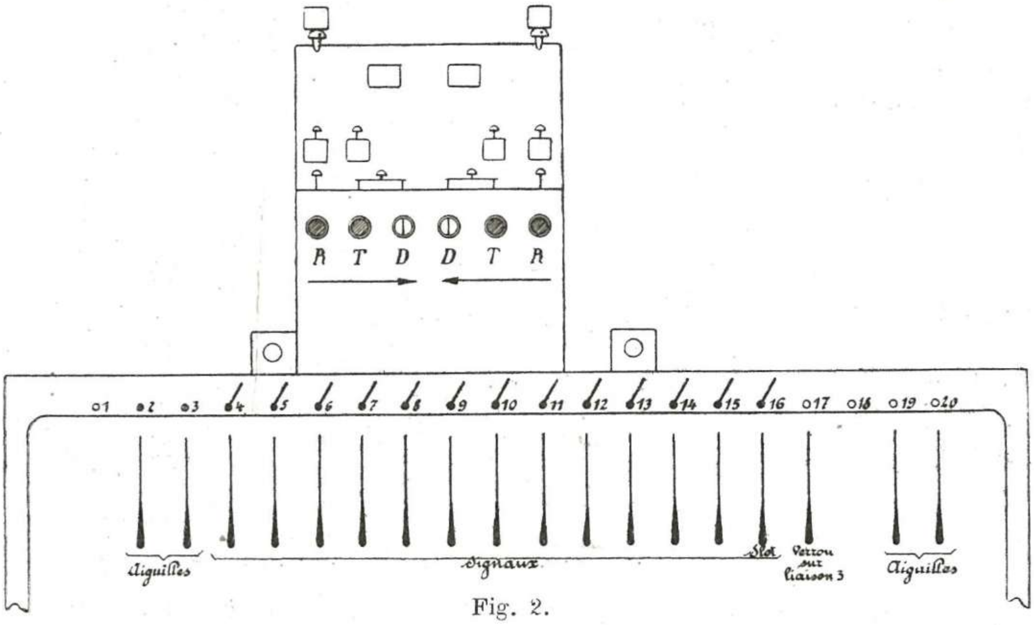


Fig. 2.

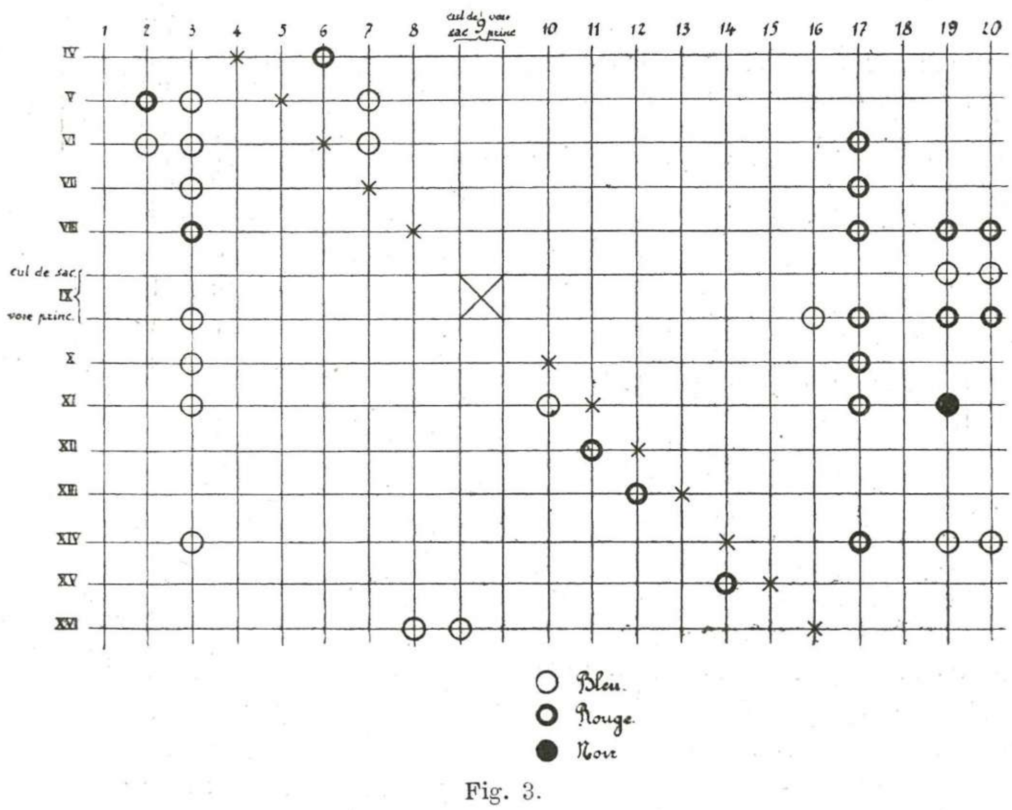


Fig. 3.

§ B. — Appareil central ne comportant pas de manettes d'itinéraire.

Dans ces installations, l'appareil central comporte des leviers pour la manœuvre des aiguillages, des verrous d'aiguilles et des signaux.

Les enclenchements doivent donc être réalisés directement entre les leviers des différents appareils à manœuvrer.

Cas d'un levier de signal distinct pour chaque itinéraire. — Dans le cas où chacun des itinéraires prévus au programme des enclenchements est commandé par un signal distinct, manœuvré par un levier distinct; ou bien dans le cas où, pour chacun des itinéraires prévus, il existe un levier de signal distinct — un même signal pouvant être manœuvré à la fois par plusieurs leviers — le programme des enclenchements donne directement la liste des enclenchements à réaliser.

En effet, pour chaque itinéraire, tel que m, nous avons $\frac{}{m} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4}$; d'autre part, nous avons $\frac{}{s} = \frac{}{m}$. Il en résulte :

$$\frac{}{s} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4}.$$

Il suffit donc de réaliser les enclenchements binaires :

$$\frac{}{s} = \frac{1}{}, \quad \frac{}{s} = \frac{2}{}, \quad \frac{}{s} = \frac{}{3}, \quad \frac{}{s} = \frac{}{4}.$$

Itinéraires comportant des enclenchements identiques. — Si plusieurs itinéraires m_1, m_2 et m_3 comportent un certain nombre d'enclenchements communs, par exemple si l'on a :

$$\frac{}{m_1} = \frac{1 \cdot 5 \cdot 6}{2 \cdot 9 \cdot 10},$$

$$\frac{}{m_2} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 6}{4 \cdot 9 \cdot 10},$$

$$\frac{}{m_3} = \frac{7 \cdot 5 \cdot 6}{1 \cdot 9 \cdot 10},$$

on peut réaliser directement les quatre enclenchements $\frac{}{k} = \frac{5 \cdot 6}{9 \cdot 10}$ — k étant un levier quelconque de l'appareil central — et remplacer par conséquent les dix-huit enclenchements à réaliser, c'est-à-dire :

$$\left\{\begin{array}{l} \frac{}{s_1} = \frac{1 \cdot 5 \cdot 6}{2 \cdot 9 \cdot 10}, \\ \frac{}{s_2} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 6}{4 \cdot 9 \cdot 10}, \\ \frac{}{s_3} = \frac{7 \cdot 5 \cdot 6}{1 \cdot 9 \cdot 10}, \end{array}\right.$$

par les neuf enclenchements suivants :

$$\frac{}{s_1} = \frac{1}{2}\frac{}{k}, \quad \frac{}{s_2} = \frac{3}{4}\frac{}{k}, \quad \frac{}{s_3} = \frac{7}{1}\frac{}{k},$$

en plus des enclenchements

$$\frac{}{k} = \frac{5 \cdot 6}{9 \cdot 10}.$$

Le nombre de taquets à employer est ainsi réduit de 18 à 13 (9 + 4). Le levier k peut évidemment être l'un quelconque des leviers des dénominateurs communs aux enclenchements du programme. L'on pourrait, par conséquent, réaliser les enclenchements :

$$\frac{}{9} = \frac{5 \cdot 6}{10}, \quad \frac{}{s_1} = \frac{1}{2 \cdot 9},$$

$$\frac{}{s_2} = \frac{3}{4 \cdot 9}, \quad \frac{}{s_3} = \frac{7}{1 \cdot 9}.$$

Le nombre total des taquets serait dès lors réduit de 18 à 12.

Remarque. — Il y a lieu de remarquer que si l'on réalise un enclenchement tel que $\frac{}{k} = \frac{5 \cdot 6}{9 \cdot 10}$, tous les itinéraires exigeant la relation $\frac{}{k}$ exigeront en outre les relations $\frac{5 \cdot 6}{9 \cdot 10}$, qui résultent de l'enclenchement du levier k dans sa position renversée avec ces aiguillages.

Le programme des enclenchements, de même que le tableau des incompatibilités devront évidemment être revisés en tenant compte de ces enclenchements résultants supplémentaires.

Dans le cas où il en résulterait des incompatibilités supplémentaires, il y aurait lieu d'examiner s'il n'est pas préférable de renoncer à cette réduction du nombre de taquets; ou bien d'examiner si l'on ne peut réaliser cette réduction en utilisant un autre levier que le levier k.

En règle générale, on n'aura recours à cette réduction du nombre des enclenchements que si le levier choisi k ne se trouve pas à d'autres dénominateurs qu'à ceux des itinéraires m_1, m_2, m_3 considérés.

Itinéraire très long. — Dans le cas où un itinéraire est très long et doit pouvoir être sectionné en deux ou trois parties, on réalisera les enclenchements

$$\frac{}{s} = \frac{1}{5}, \quad \frac{}{5} = \frac{2 \cdot 3}{6}, \quad \frac{}{6} = \frac{4 \cdot 7}{8},$$

ce qui nous donnera, d'après ce que nous venons de voir :

$$\frac{}{s} = \frac{1}{5} \cdot \frac{2 \cdot 3}{6} \cdot \frac{4 \cdot 7}{8}$$

et permettra de réaliser en trois parties l'itinéraire

$$\frac{}{m} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 7}{5 \cdot 6 \cdot 8}$$

commandé par le signal $\frac{}{s} = \frac{}{m}$.

Il va de soi qu'ici encore le programme des enclenchements et le tableau des incompatibilités devront être revus en tenant compte des enclenchements résultant des conditions :

$$\frac{}{5} = \frac{2 \cdot 3}{6}, \quad \frac{}{6} = \frac{4 \cdot 7}{8}.$$

Cas de plusieurs itinéraires commandés par un même signal manœuvré par un levier unique. — Supposons que nous devions réaliser les enclenchements :

$$\frac{}{s} = \frac{}{m_1} + \frac{}{m_2} + \frac{}{m_3},$$

$$\frac{}{m_1} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4},$$

$$\frac{}{m_2} = \frac{1 \cdot 4 \cdot 5}{3 \cdot 6},$$

$$\frac{}{m_3} = \frac{1 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 7}{3 \cdot 8}.$$

En remplaçant $\overline{m_1}, \overline{m_2}, \overline{m_3}$ par les fractions équivalentes, nous trouvons qu'il y a lieu de réaliser les enclenchements :

$$\frac{}{s} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4} + \frac{1 \cdot 4 \cdot 5}{3 \cdot 6} + \frac{1 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 7}{3 \cdot 8}.$$

Le levier s ne doit pouvoir être renversé que si l'une des trois combinaisons $\frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4}$, $\frac{1 \cdot 4 \cdot 5}{3 \cdot 6}$, ou $\frac{1 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 7}{3 \cdot 8}$ est réalisée.

Remarquons que, dans chacun des cas, il faut que l'on ait : $\frac{1}{3}$; on doit donc tout d'abord réaliser les enclenchements binaires $\frac{}{s} = \frac{1}{3}$.

Le levier 4 doit se trouver dans sa position renversée, pour la première combinaison; dans sa position normale, pour les deux autres combinaisons. On doit donc réaliser l'enclenchement binaire :

$$\frac{-}{s} = \frac{\bar{4}}{-}.$$

L'appareil comportera donc les taquets binaires :

$$\frac{-}{s} = \frac{1}{3}\frac{\bar{4}}{-}.$$

Si 4 est renversé, il faut en outre que

$$\frac{-}{s} = \frac{2}{-}.$$

Si 4 est normal, il faut que

$$\frac{-}{s} = \frac{5}{6} + \frac{6 \cdot 7}{8};$$

c'est-à-dire qu'on ait 1° l'enclenchement de passage :

$$\frac{-}{s} = \frac{\bar{6}}{-},$$

2° si 6 est renversé, l'enclenchement :

$$\frac{-}{s} = \frac{5}{-};$$

et 3° si 6 est normal, les enclenchements :

$$\frac{-}{s} = \frac{7}{8}.$$

Ces derniers enclenchements sont appelés enclenchements conditionnels et se réalisent au moyen de combinaisons spéciales — différentes pour chaque cas — disposées dans des boîtes et agissant sur les tringles des leviers de manœuvre.

En procédant sur l'expression

$$\frac{-}{s} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4} + \frac{1 \cdot 4 \cdot 5}{3 \cdot 6} + \frac{1 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 7}{3 \cdot 8}$$

comme s'il s'était agi d'une fraction algébrique, nous aurions trouvé :

$$\frac{-}{s} = \frac{1}{3}\left[\frac{2}{4} + \frac{4}{-}\left\{\frac{5}{6} + \frac{6 \cdot 7}{8}\right\}\right].$$

ce qui donne les enclenchements. . . . . $\frac{-}{s} = \frac{1}{3}\frac{\bar{4}}{-}$ . . . . 3 taquets ;

Si 4 renversé . . . . $\frac{-}{s} = \frac{2}{-}$ . . . . 1 boîte

Si 4 normal. . . . . $\frac{-}{s} = \frac{\bar{6}}{-}$ . . . . 1 boîte

Si 4 normal et 6 renversé . . . . $\frac{-}{s} = \frac{5}{-}$ . . . . 1 boîte

Si 4 normal et 6 normal. . . . . $\frac{-}{s} = \frac{7}{8}$ . . . . 2 boîtes

} 5 boîtes.

Soit donc 3 taquets et 5 boîtes d'enclenchements conditionnels.

Réduction du nombre de boîtes d'enclenchements conditionnels. — On peut obtenir cette réduction en réalisant directement certains enclenchements entre des leviers entrant dans une même fraction.

En réalisant, par exemple, l'enclenchement $\frac{-}{8} = \frac{7}{-}$, les deux dernières boîtes se réduisent à la boîte unique :

si 4 normal et 6 normal, $\frac{-}{s} = \frac{-}{8}$.

De même, si plusieurs leviers de signaux exigent l'enclenchement $\frac{5}{6} + \frac{6\cdot 7}{8}$, on peut réaliser l'enclenchement

$$\frac{}{k} = \frac{5}{6} + \frac{6\cdot 7}{8}.$$

Il en résulte :

$$\frac{}{s} = \frac{1}{3}\left\{\frac{2}{4} + \frac{4}{k}\right\}.$$

Le nombre de boîtes est dès lors réduit et la construction de certaines d'entre elles est simplifiée par suite de la réduction de quatre à trois, du nombre de leviers intéressés.

Supposons l'enclenchement :

$$\frac{}{s} = \frac{1}{3}\left\{\frac{4}{} + \frac{}{4}\left\{\frac{5}{6} + \frac{6\cdot 7}{8}\right\}\right\}.$$

En réalisant les enclenchements

$$\frac{}{4} = \frac{5}{6} + \frac{6\cdot 7}{8},$$

on trouve :

$$\frac{}{s} = \frac{1}{3}\left\{\frac{4}{} + \frac{}{4}\right\} = \frac{1}{3}\,\overline{\underline{4}}.$$

Le levier s n'est donc plus intéressé dans la construction d'une boîte d'enclenchement conditionnel.

Autre mode de réduction du nombre de boîtes d'enclenchements conditionnels.— On peut encore réaliser les enclenchements

$$\frac{}{s} = \frac{1\cdot 2}{3\cdot 4} + \frac{1\cdot 4\cdot 5}{3\cdot 6} + \frac{1\cdot 4\cdot 6\cdot 7}{3\cdot 8}$$

au moyen de taquets ordinaires et d'un seul enclenchement conditionnel. Si nous écrivons, en effet,

$$\frac{}{s} = \frac{1}{3}\left\{\frac{2}{4} + \frac{4\cdot 5}{6} + \frac{4\cdot 6\cdot 7}{8}\right\},$$

et que nous réalisons les enclenchements binaires :

$$\frac{}{s} = \frac{1}{3},$$

$$\frac{}{4} = \frac{2}{},$$

$$\frac{}{6} = \frac{4\cdot 5}{},$$

$$\frac{}{8} = \frac{4\cdot 6\cdot 7}{},$$

et l'enclenchement spécial :

$$\frac{}{s} = \frac{}{4} + \frac{}{6} + \frac{}{8}.$$

le problème est résolu.

En effet, en tenant compte des enclenchements binaires, nous trouvons :

$$\frac{}{s} = \frac{1}{3}\left\{\frac{}{4} + \frac{}{6} + \frac{}{8}\right\}$$
$$= \frac{1}{3}\left\{\frac{2}{4} + \frac{4\cdot 5}{6} + \frac{4\cdot 6\cdot 7}{8}\right\}.$$

Cette solution n'est toutefois applicable que dans certains cas particuliers ; car il faut tenir compte des enclenchements résultant de ceux : $\frac{}{4}$, $\frac{}{6}$ ou $\frac{}{8}$, que l'on se propose de réaliser.

Ces nouveaux enclenchements peuvent donner lieu à des incompatibilités d'itinéraires, nuisibles au point de vue d'une exploitation intensive de l'installation.

Cette solution se recommande donc presque exclusivement pour les postes dont tous les appareils sont parcourus à une vitesse relativement élevée. Elle ne peut, en règle générale, convenir dans les stations importantes, à proximité des voies à quai, lorsque de nombreuses manœuvres doivent s'effectuer sur ces voies.

Elle présente toutefois l'avantage de donner lieu à une très grande simplicité au point de vue de la construction de la table d'enclenchement de l'appareil central.

Enclenchements entre itinéraires. — Les enclenchements prévus au programme *entre itinéraires* se réalisent directement entre les leviers des signaux correspondants.

Si l'on doit réaliser :

$$\overline{m_3} = \underline{m_2},$$

on réalise :

$$\overline{s_3} = \underline{s_2},$$

au moyen d'un taquet ordinaire.

De même, si l'on doit réaliser :

$$\overline{s} = \overline{m_1} + \overline{m_2} + \overline{m_3},$$

et

$$\overline{s_4} = \overline{m_4},$$

$$\overline{m_1} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4},$$

$$\overline{m_2} = \frac{1 \cdot 4}{3 \cdot 5},$$

$$\overline{m_3} = \frac{5 \cdot 6 \cdot m_4}{7 \cdot 8}$$

on réalisera les enclenchements :

$$\overline{s} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4} + \frac{1 \cdot 4}{3 \cdot 5} + \frac{5 \cdot 6}{7 \cdot 8}\overline{s_4}.$$

Tableau des enclenchements. — Le tableau des enclenchements se dresse comme pour l'appareil central comportant des manettes d'itinéraires.

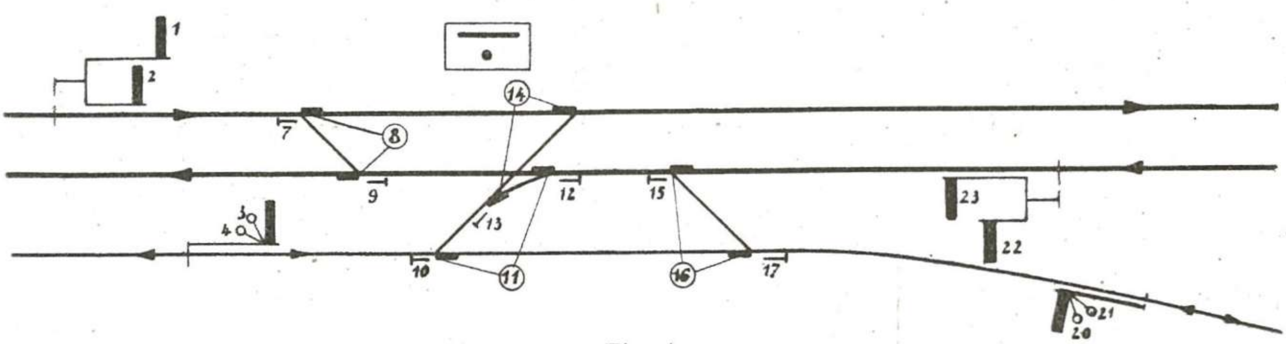


Fig. 4.

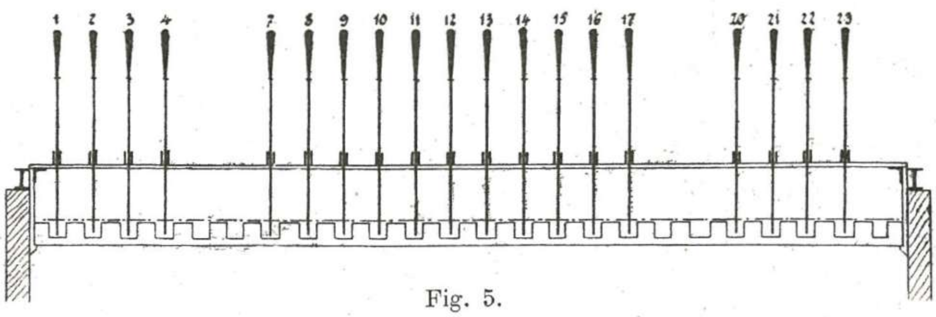


Fig. 5.

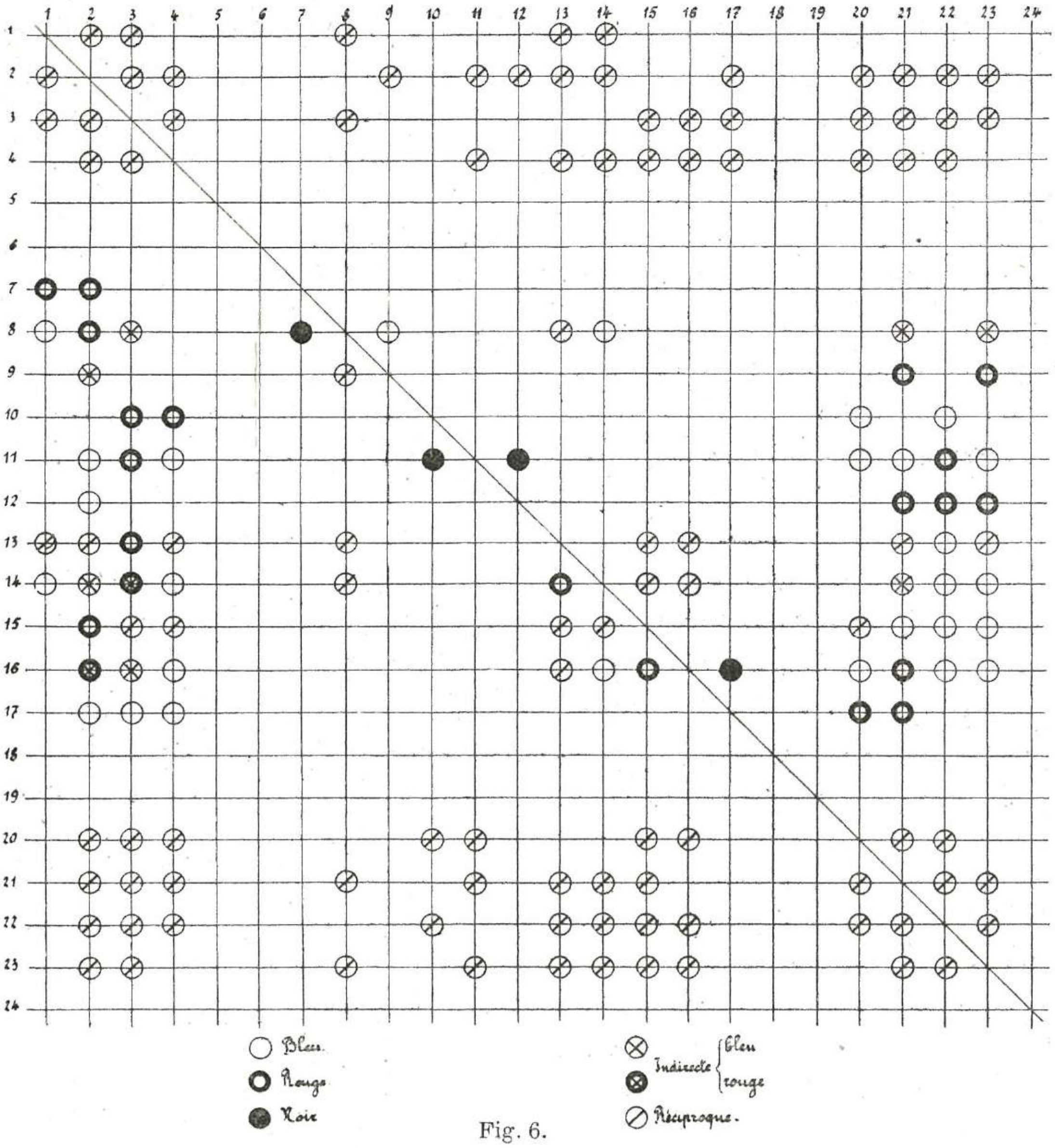


Fig. 6.

CHAPITRE IV.

Vérification d'un tableau d'enclenchement.

But de la vérification. — La vérification d'un tableau d'enclenchement consiste à rechercher quelles sont, pour chaque itinéraire prévu, les conditions qui résultent des enclenchements réalisés, de manière à pouvoir comparer ces conditions au programme des enclenchements de l'installation.

Dans le cas où ces conditions sont les mêmes, la table d'enclenchement prévue assure entièrement la sécurité de l'installation.

Dans le cas contraire, on recherche les enclenchements qui font défaut et ceux qui sont superflus, et l'on corrige en conséquence la table d'enclenchement à réaliser ou réalisée.

§ A. — Appareil central comportant des manettes d'itinéraire.

Formules du programme réalisé. — La vérification d'une table d'enclenchement d'un appareil comportant des manettes d'itinéraire se fait très facilement.

Chaque itinéraire est en effet représenté, dans l'appareil central, par une manette d'itinéraire dont le renversement, permettant la mise au passage du signal intéressé, exige la position normale des aiguillages représentés par un cercle bleu (direct ou résultant) dans le tableau des enclenchements ; et la position renversée des aiguillages marqués par un cercle rouge.

Pour une manette m, par exemple, on retrouvera donc directement la formule du programme réalisé par la table d'enclenchement $\frac{}{m} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4}$ en portant au numérateur de la fraction d'enclenchement les symboles des aiguillages marqués d'un cercle bleu, et au dénominateur les symboles des aiguillages marqués d'un cercle rouge.

Enclenchement entre manettes d'itinéraire. — Dans le cas où la table comprend l'indication d'un enclenchement entre manettes d'itinéraire, on complète en conséquence la formule de l'enclenchement :

$$\frac{}{m} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4} \frac{m_2}{}$$

Itinéraire divisé en sections. — Pour un itinéraire divisé en sections, on trouvera successivement :

$$\frac{}{m} = \frac{}{m_1 \cdot m_2},$$

$$\frac{}{m_1} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4} \quad \text{et} \quad \frac{}{m_2} = \frac{6 \cdot 7}{5},$$

d'où :

$$\frac{}{m} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 7}{3 \cdot 4 \cdot 5}$$

Enclenchements entre leviers de signaux et manettes d'itinéraires. — La table donne directement les formules d'enclenchement entre les leviers de manœuvre de signaux et les manettes d'itinéraires.

Si le signal s commande à l'itinéraire m, nous aurons :

$$\frac{}{s} = \frac{}{m}.$$

Si le signal s commande aux itinéraires m_1, m_2 et m_3, nous aurons :

$$\frac{}{s} = \frac{}{m_1} + \frac{}{m_2} + \frac{}{m_3}.$$

Correction de la table d'enclenchement. — La comparaison des formules ainsi trouvées et de celles du programme des enclenchements permet de trouver directement les lacunes et les enclenchements superflus.

La correction de la table se fait dès lors très aisément en appliquant les principes du chapitre III.

§ B. — Appareil central ne comportant pas de manettes d'itinéraire.

Choix d'un levier pour chacun des itinéraires. — Il y a lieu de choisir tout d'abord, pour chacun des itinéraires, le levier de manœuvre dont le renversement réalisera les enclenchements assurant la sécurité.

Si l'itinéraire considéré est commandé par un signal, c'est évidemment le levier de ce signal que l'on choisira, à l'exclusion de tout autre.

Dans le cas contraire, on choisira un des leviers d'aiguillage ou de verrou qui doit se trouver dans sa position renversée. Généralement, le choix se portera sur le levier du verrou du premier aiguillage pris par la pointe.

Formules des programmes réalisés. — Si nous désignons par m, m_1, m_2, m_3... les itinéraires à réaliser et par s, s_1, s_2, s_3... les leviers choisis pour commander ces itinéraires, nous écrivons :

a) Dans le cas où chaque itinéraire est commandé par un levier distinct :

$$\left\{\begin{array}{l} \bar{s} = m \\ \overline{s_1} = \overline{m_1}; \\ \text{etc.} \ldots \end{array}\right.$$

b) Dans le cas où plusieurs itinéraires, m_2, m_3, m_4, sont commandés par un seul et même levier s :

$$\bar{s} = \overline{m_2} + \overline{m_3} + \overline{m_4}.$$

Cas où la table ne comprend que des enclenchements réalisés sur les leviers s, s_1, s_2... — Dans ce cas, la vérification de l'appareil est des plus simples.

Si nous admettons :

$$\bar{s} = \bar{m}$$

et que nous trouvons :

$$\bar{s} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4},$$

il en résulte :

$$\bar{m} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4}.$$

De même, si nous avons :

$$\left\{\begin{array}{l} \bar{s} = \overline{m_2} + \overline{m_3} + \overline{m_4} \\ \text{et que nous trouvons :} \\ \bar{s} = \dfrac{5 \cdot 6}{7 \cdot 8} + \dfrac{3 \cdot 4}{2 \cdot 9} + \dfrac{9 \cdot 7}{10 \cdot 12}, \end{array}\right.$$

il en résulte :

$$\left\{\begin{array}{l} \overline{m_2} = \dfrac{5 \cdot 6}{7 \cdot 8} \\ \overline{m_3} = \dfrac{3 \cdot 4}{2 \cdot 9} \\ \overline{m_4} = \dfrac{9 \cdot 7}{10 \cdot 12} \end{array}\right.$$

Cas où la table d'enclenchement comporte d'autres enclenchements que ceux des leviers commandant les itinéraires. — En règle générale, la table comporte d'autres enclenchements.

Par exemple, entre les leviers d'aiguillages et ceux des verrous correspondants, on prévoit par construction l'enclenchement :

$$\frac{}{v} = \overline{\underline{a}};$$

v est le levier du verrou ; a est le levier de l'aiguillage correspondant.

D'autre part (voir chapitre III) on a des enclenchements de la forme :

$$\frac{}{\bar b} = \frac{3 \cdot 4}{5 \cdot 6},$$

b n'étant pas un des leviers choisis pour commander un itinéraire.

Pour tenir compte de l'enclenchement $\frac{}{v} = \overline{\underline{a}}$, il suffit de remarquer qu'il n'a d'influence que sur les itinéraires qui exigent la condition $\frac{}{v}$.

Quant à l'enclenchement $\frac{}{\bar b} = \frac{3 \cdot 4}{5 \cdot 6}$, on peut en déduire par réciprocité

$$\frac{}{\bar 3} = \frac{b}{}$$

$$\frac{}{\bar 4} = \frac{b}{}$$

Cet enclenchement a donc de l'influence sur les itinéraires qui exigent : soit $\frac{}{b}$, soit $\frac{}{3}$, soit $\frac{}{4}$.

Règles pour la recherche des enclenchements résultants. — Si l'on représente graphiquement les enclenchements, on peut trouver très aisément tous les enclenchements résultants, en appliquant les deux règles suivantes :

Première règle. — Toute cale bleue, située sur une verticale qui ne se rapporte pas à un levier commandant un itinéraire, donne lieu à une cale bleue réciproque, symétrique de la première par rapport à la diagonale du tableau. Cette cale bleue symétrique se représente par un cercle bleu barré.

De la relation $\frac{}{\bar 7} = \frac{9}{}$, résulte en effet $\frac{}{\bar 9} = \frac{7}{}$.

La première se représente par un cercle bleu, placé à l'intersection de la verticale 7 et de l'horizontale 9 ; la seconde, symétrique de la première, s'inscrira à la rencontre de la verticale 9 et de l'horizontale 7.

Deuxième règle. — Toute cale (bleue, rouge ou noire) trouvée sur la verticale d'un levier qui ne commande pas un itinéraire, donne lieu à une cale de même couleur sur les verticales des leviers qui sont reliés par une cale rouge avec le levier envisagé.

Si nous avons :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{}{s} = \frac{10 \cdot 13}{12 \cdot 1} \text{ et} \\ \frac{}{\bar 1} = \frac{2}{3}\overline{\underline{5}}, \end{array} \right.$$

il en résulte :

$$\frac{}{s} = \frac{10 \cdot 13}{12 \cdot 1}\frac{2}{3}\overline{\underline{5}};$$

C'est-à dire que la cale bleue $\frac{}{\bar 1} = \frac{2}{}$ donne lieu à la cale bleue $\frac{}{s} = \frac{2}{}$; la cale rouge $\frac{}{1} = \frac{}{3}$ donne lieu à la cale rouge $\frac{}{s} = \frac{}{3}$; et enfin, la cale noire $\frac{}{\bar 1} = \overline{\underline{5}}$ donne lieu à la cale noire $\frac{}{s} = \overline{\underline{5}}$.

Les cales résultantes, bleues, rouges ou noires, se représentent respectivement par des circonférences bleues, rouges ou noires.

Pour la recherche de ces cales résultantes, on tiendra compte des cales symétriques obtenues par l'application de la première règle.

La seconde règle doit être appliquée jusqu'à ce que l'on ait trouvé toutes les résultantes *sur les leviers commandant les itinéraires*.

Si nous avons, en effet :

$$\left|\begin{array}{l} \overline{s} = \overline{1} \\ \overline{1} = \frac{5}{\overline{2}}\,\overline{\underline{4}} \\ \overline{2} = \frac{3}{6 \cdot 10} \\ \overline{10} = \frac{9}{\overline{12}} \end{array}\right.$$

nous trouverons successivement :

$$\left\{\begin{array}{l} \overline{2} = \frac{3}{6 \cdot 10} \cdot \frac{9}{\overline{12}} \text{ et} \\ \overline{1} = \frac{5}{\overline{2}}\,\overline{\underline{4}} \cdot \frac{3}{6 \cdot 10} \cdot \frac{9}{\overline{12}}. \end{array}\right.$$

Par conséquent, nous aurons :

$$\overline{s} = \overline{1} \cdot \frac{5}{\overline{2}}\,\overline{\underline{4}}\,\frac{3}{6 \cdot 10} \cdot \frac{9}{\overline{12}}.$$

Tous les enclenchements ayant ainsi été ramenés sur les leviers commandant des itinéraires, nous nous trouvons dans le cas précédent.

Cales noires. — Les cales noires, telles que $\overline{s} = \underline{\overline{5}}$, s'écrivent $\overline{s} = \underline{5} + \overline{5}$.

En combinant aux autres enclenchements de la table, nous trouvons par exemple :

$$\overline{s} = \frac{1 \cdot 3}{4}\,\underline{\overline{5}} = \frac{1 \cdot 3}{4}\left\{\underline{5} + \overline{5}\right\}$$

d'où

$$\overline{s} = \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{4} + \frac{1 \cdot 3}{4 \cdot \overline{5}}$$

représentant deux itinéraires différents.

Enclenchements conditionnels. — Les enclenchements conditionnels seront traités comme s'il s'agissait de taquets simples.

a) Si nous avons par exemple :

$$\left\{\begin{array}{l} \overline{s} = \overline{10} + \overline{12} + \overline{13} \quad \text{et} \\ \overline{10} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4}, \\ \overline{12} = \frac{5 \cdot 8}{6 \cdot 7}, \\ \overline{13} = \frac{9 \cdot 15}{16}, \end{array}\right.$$

il en résulte :

$$\overline{s} = \frac{1 \cdot 2}{10 \cdot 3 \cdot 4} + \frac{5 \cdot 8}{12 \cdot 6 \cdot 7} + \frac{9 \cdot 15}{13 \cdot 16};$$

b) Si nous avons la relation :

Si 4 renversé, $\overline{s} = \frac{1}{3}$, il en résulte :

$$\overline{s} = \frac{1}{3 \cdot 4} + \underline{4}.$$

c) Si nous avons la relation :

Si 4 renversé, $\overline{5} = \frac{1}{3}$, il en résulte de même :

$$\overline{5} = \frac{1}{3 \cdot 4} + \underline{4}.$$

Pour les itinéraires qui exigent $\overline{5}$, par exemple pour $\overline{s} = \frac{6}{8 \cdot \overline{5}}$, il en résultera

$$\overline{s} = \frac{6}{8 \cdot 5}\left\{\frac{1}{3 \cdot 4} + \underline{4}\right\}$$

d'où

$$\overline{s} = \frac{6 \cdot 1}{8 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 4} + \frac{6 \cdot 4}{8 \cdot 5}.$$

Correction de la table d'enclenchement. — Après avoir vérifié le programme des enclenchements et le tableau des incompatibilités, on apportera éventuellement à la table les modifications reconnues nécessaires, en procédant comme nous l'avons indiqué dans le chapitre III.

Exemple particulier (fig. 4).

Supposons qu'on se propose de réaliser les enclenchements ci-dessous :

$$\frac{}{1} = \frac{8 \cdot 14}{7},$$

$$\frac{}{2} = \frac{9 \cdot 11 \cdot 12 \cdot 14 \cdot 17}{7 \cdot 8 \cdot 15 \cdot 16},$$

$$\frac{}{3} = \frac{8 \cdot 16 \cdot 17}{10 \cdot 11 \cdot 13 \cdot 14},$$

$$\frac{}{4} = \frac{11 \cdot 14 \cdot 16 \cdot 17}{10},$$

$$7 = \frac{\overline{8}}{},$$

$$\frac{}{9} = \frac{8}{},$$

$$\frac{}{10} = \frac{\overline{11}}{},$$

$$\frac{}{12} = \frac{\overline{11}}{},$$

$$\frac{}{13} = \frac{}{14},$$

$$\frac{}{14} = \frac{8 \cdot 16}{},$$

$$\frac{}{15} = \frac{}{16},$$

$$\frac{}{17} = \frac{\overline{16}}{},$$

$$\frac{}{20} = \frac{10 \cdot 11 \cdot 16}{17},$$

$$\frac{}{21} = \frac{8 \cdot 11 \cdot 14 \cdot 15}{9 \cdot 12 \cdot 16 \cdot 17},$$

$$\frac{}{22} = \frac{10 \cdot 13 \cdot 14 \cdot 15 \cdot 16}{11 \cdot 12},$$

$$\frac{}{23} = \frac{8 \cdot 11 \cdot 14 \cdot 15 \cdot 16}{9 \cdot 12}.$$

Reportons ces enclenchements dans le tableau à double entrée (fig. 6), comprenant autant de lignes verticales et autant de lignes horizontales qu'il y a de leviers dans l'appareil central.

L'application de la première règle énoncée ci-dessus nous permettra d'inscrire immédiatement au tableau les enclenchements réciproques et symétriques des enclenchements directs de la forme $\frac{}{9} = \frac{8}{}$; ces enclenchements réciproques sont représentés par des cercles bleus barrés.

L'application de la seconde règle nous permettra d'inscrire au tableau, sur une verticale quelconque, celle du levier 3, par exemple, les enclenchements résultant des relations directes de la forme $\frac{}{3} = \frac{}{11}$.

Nous trouverons, pour 3 et 11, les enclenchements suivants à inscrire sur la verticale 3 :

$$\frac{}{3} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 20 \cdot 21 \cdot 23}{11}$$

De même, 3 et 14 nous donneraient :

$$\frac{}{3} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 16 \cdot 21 \cdot 22 \cdot 23}{14}.$$

Remarquons que nous devons inscrire immédiatement au tableau les réciproques des cales bleues trouvées, c'est-à-dire :

$$\frac{}{2} = \frac{3}{}, \quad \frac{}{4} = \frac{3}{}, \quad \frac{}{20} = \frac{3}{}, \quad \frac{}{21} = \frac{3}{}, \quad \frac{}{23} = \frac{3}{}.$$

Lorsque le même travail aura été fait pour chacune des verticales du tableau, celui-ci nous permettra de déterminer tous les enclenchements, directs et indirects, qui relient à tous les autres leviers de l'appareil central le levier correspondant à cette verticale.

Nous verrons ainsi, par exemple que :

$$\frac{}{3} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 15 \cdot 16 \cdot 17 \cdot 20 \cdot 21 \cdot 22 \cdot 23}{10 \cdot 11 \cdot 13 \cdot 14}.$$

Nous pourrons donc vérifier si la sécurité de tous les mouvements est assurée et corriger éventuellement le programme d'enclenchement que nous avions adopté.

5124. — Soc. an. M. Weissenbruch, imprimeur du Roi, rue du Poinçon, 49, Bruxelles.