

Revue générale des chemins de fer et des tramways

Revue générale des chemins de fer et des tramways. 1909/01-1909/06.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter reutilisationcommerciale@bnf.fr.

APERÇU

SUR

LES MÉTHODES DE RECHERCHE ET DE RÉALISATION DES ENCLÈCHEMENTS DES LEVIERS D'AIGUILLES ET DE SIGNAUX DANS LES CABINES CENTRALES ⁽¹⁾

par Albert MOUTIER

INGÉNIEUR CHEF ADJOINT DES SERVICES TECHNIQUES DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DU NORD.

Les enclenchements qui solidarisent les leviers des aiguilles et des signaux d'un même poste, de manière à empêcher toute fausse manœuvre et éviter les accidents, se sont révélés comme nécessaires dès les premiers temps du chemin de fer.

M. Vignier, l'auteur du premier système, aimait à raconter qu'ayant été chargé, en 1855, d'exercer une surveillance continue sur un premier poste de la ligne de l'Ouest, là, lui vint l'idée, pour guider les aiguilleurs et les mettre en garde contre toute erreur, de supprimer la banalité des divers leviers du poste en intercalant entre eux des petits bouts de bois antagonistes : on ne pouvait manœuvrer certains de ceux-ci, que si les autres étaient bien dans la position qui convenait, eu égard à la sécurité. A ces petits bouts de bois ont été simplement substitués des tringles métalliques dans l'appareil devenu classique.

Depuis, la question des enclenchements a été étudiée par bon nombre d'Ingénieurs ; mais, chaque jour devant apporter une solution à des difficultés nouvelles dans leur détermination, elle n'est guère, en fait, restée le champ d'études que de quelques spécialistes persévérants, chacun ayant recours à son genre propre d'investigation.

Aujourd'hui, dans les systèmes de leviers d'itinéraire, moyens nouveaux qui tendent à se généraliser pour la manœuvre des aiguilles et des signaux, apparaît une méthode qui échappe à peu près complètement à l'empirisme des procédés actuels, attendu qu'elle s'appuie sur des données purement géométriques.

C'est cette méthode, des plus simples et des plus expéditives, que nous nous proposons d'exposer, après un rapide coup d'œil sur ce qui a déjà été fait dans ce vaste et intéressant domaine de la sécurité.

Mais nous commencerons par indiquer la nature des enclenchements qu'on a à envisager et marquer les étapes des améliorations successives dans leur réalisation sans chercher toutefois à faire la comparaison de tous les systèmes connus, ce qui nous entraînerait beaucoup trop loin. Nous ne nous appuierons, d'ailleurs, que sur des exemples typiques que nous avons pu personnellement expérimenter.

Avant tout, il est indispensable de dire un mot de la notation des enclenchements.

(1) D'après une Conférence faite par l'Auteur à la Société des Ingénieurs civils, qui a prêté les figures.

Définition et notation des enclenchements. — Considérons l'association, deux à deux, de leviers A, B, C (A et B, d'une part; B et C, d'autre part) que nous supposons attachés respectivement et intimement, par transmissions rigides, aux aiguilles ou signaux de même désignation qu'ils commandent.

Chacun des deux leviers A et B, par exemple, peut être *normal* (N), c'est-à-dire dans la position droite devant l'aiguilleur, ou *renversé* (R), c'est-à-dire dans la position abaissée vers lui.

Ces deux positions (N et R) du levier A, combinées avec les deux positions possibles (N et R) du levier B donnent quatre combinaisons :

AN — BN
 AN — BR
 AR — BN
 AR — BR

La première combinaison est, par définition, toujours possible. L'enclenchement entre les deux leviers A et B aura pour but d'empêcher l'une des trois autres combinaison et c'est cette interdiction que notait Bricka, alors Professeur à l'École des Ponts et Chaussées, pour caractériser le genre de l'enclenchement : par exemple (AN — BR), signifiait impossibilité d'avoir simultanément AN et BR.

Pour certains, cette notation a quelque chose d'un peu abstrait.

En manipulant les leviers d'un poste, on voit, au contraire, que, pour réaliser l'incompatibilité (AN et BR) par exemple, il faut que AN immobilise (on dit enclenche) BN, résultat beaucoup plus intéressant à connaître, surtout pour le constructeur.

C'est ainsi que M. Cœssmann, Ingénieur, chef des Services techniques de la Compagnie du Nord, qui a été l'un des premiers à travailler ces questions, a donné à sa notation une forme beaucoup plus positive, en lui faisant indiquer l'enclenchement à réaliser au lieu de l'incompatibilité à assurer.

Les leviers enclencheurs et enclenchés sont mis sous la forme fractionnaire, le premier au numérateur, le second au dénominateur.

Exemple : $\frac{AN}{BN}$ veut dire : A normal enclenche B normal,
 ce qui réalise l'incompatibilité (AN — BR);
 $\frac{BN}{AN}$ veut dire : B normal enclenche A normal,
 ce qui réalise l'incompatibilité (AR — BN);
 $\frac{AR}{BN}$ veut dire : A renversé enclenche B normal,
 ce qui réalise l'incompatibilité (AR — BR).

Les deux premiers enclenchements sont de même nature, car il y a simplement permutation entre les leviers enclencheur et enclenché, et, en définitive, il n'y a que deux genres d'enclenchements entre deux leviers, ceux de la forme $\frac{AN}{BN}$ et $\frac{AR}{BN}$.

Ces expressions fractionnaires peuvent être multipliées, membre à membre, et révéler ainsi, par élimination des facteurs communs, des enclenchements indirects résultants qui existent bien en fait.

Ainsi, si on a séparément $\frac{CR}{BR}$ et $\frac{BR}{AN}$ entre les deux leviers C et B, d'une part, et B et A, d'autre part, on en déduit :

$$\frac{CR \times BR}{BR \times AN} = \frac{CR}{AN}$$

enclenchement résultant entre C et A des enclenchements réalisés séparément entre B et A, d'une part, et B et C, d'autre part.

[A noter ici que, pour faciliter cette élimination de facteurs communs, il est quelquefois préférable de substituer à $\frac{AN}{BN}$ (A normal enclenche B normal) le symbole équivalent $\frac{AR}{BD}$ (A renversé dégage B)].

Enfin, il peut arriver qu'un levier A renversé doive enclencher un autre levier B, à la fois dans sa position normale et dans sa position renversée, ce qui s'exprime $\frac{AR}{BN \text{ et } BR}$; la réciproque de cet enclenchement est $\frac{B \text{ (pendant sa course)}}{AN}$.

La notation qui précède a été appliquée couramment, d'une manière un peu différente, par nos collaborateurs des Services techniques de la Compagnie du Nord, sur l'initiative de leur chef des études, M. Despons, lequel emploie les symboles :

Pour A normal.....	<u>A</u>
Pour A renversé.....	<u>A</u>
Pour A pendant sa course.....	<u>A</u>
Pour A normal et renversé.....	$\frac{(A)}{(A)}$

Le signe > signifie *enclenche*.

Par exemple $\frac{CR}{BR}$ et $\frac{BR}{AN}$ s'écrivent respectivement :

$$\bar{C} > \bar{B}; \quad \bar{B} > \underline{A}$$

En multipliant, membre à membre, et en éliminant les facteurs communs, on a :

$$\bar{C} \times \bar{B} > \bar{B} \times \underline{A}$$

soit $\bar{C} > \underline{A}$ (C renversé enclenche A normal), enclenchement indirect trouvé précédemment.

Chaque enclenchement $\underline{B} > \underline{C}$ a sa réciproque $\bar{C} > \bar{B}$: on le voit facilement, en manipulant les leviers d'un poste.

D'ailleurs ces deux réciproques rentrent dans la même incompatibilité (BN — CR) dont elles sont l'expression.

Chaque enclenchement $\bar{A} > \underline{B}$ a aussi sa réciproque $\bar{B} > \underline{A}$.

On peut, d'ailleurs, comme on le verra plus loin (page 336) indiquer les enclenchements des leviers d'une même cabine dans un tableau de forme synoptique permettant d'avoir sous les yeux toutes les relations, directes et réciproques, établies entre chaque levier.

L'exemple donné est celui qui correspond à la cabine 1 de la gare indiquée schématiquement (fig. 10).

Dans la troisième colonne se trouvent les enclenchements de la forme $\underline{A} > \underline{B}$; dans la



quatrième colonne, ceux de la forme $\bar{A} > \underline{B}$ et $\bar{B} > \underline{A}$; dans la cinquième, ceux de la forme $\bar{B} > \bar{A}$: c'est-à-dire que les enclenchements de la cinquième colonne sont la réciproque de ceux de la troisième colonne et que les enclenchements de la quatrième colonne sont des directs et réciproques du même genre.

Ces enclenchements entre deux leviers, réduits ainsi à deux catégories, qu'ils soient directs ou indirects, sont appelés *enclenchements binaires*, ou *enclenchements simples*. Ce sont les seuls qu'en général nous considérerons, attendu que, comme nous le verrons par la suite, lorsque nous rencontrerons des enclenchements ternaires, quaternaires, c'est-à-dire entre trois, quatre leviers et plus et qui sont toujours conditionnels, nous tâcherons de tourner la difficulté en essayant, par des artifices, à les transformer en une série d'enclenchements binaires.

Les *enclenchements conditionnels* exigent, en effet, des combinaisons mécaniques des plus variées et sont ainsi d'une réalisation souvent très difficile, sinon impossible, sauf dans un certain nombre de cas devenus classiques.

Il importe maintenant, pour bien fixer les idées, de voir comment les enclenchements qui précèdent peuvent être réalisés dans les systèmes les plus usuels.

1° *Système Vignier* (fig. 1 à 4). — Chacun des leviers actionne directement, par une transmission mécanique p , l'appareil de voie ou le signal auquel il est relié.

En outre, chaque levier enclencheur commande une barre transversale e qui porte des taquets t_a, t_c , etc., pouvant, dans certaines positions respectives des autres leviers A, C, etc., pénétrer dans des encoches O_a, O_c , etc., pratiquées dans les tiges de commande de ces derniers, de manière à les immobiliser; ceux-ci peuvent, d'ailleurs, être munis également de barres enclencheuses réagissant sur d'autres leviers, c'est-à-dire qu'un levier peut toujours à la fois être enclencheur et enclenché.

ENCLENCHEMENTS VIGNIER

Fig. 1.

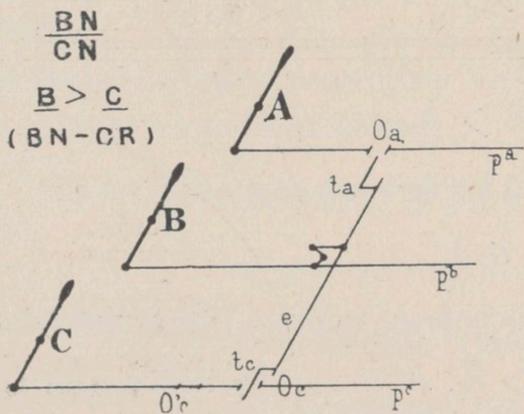


Fig. 2.

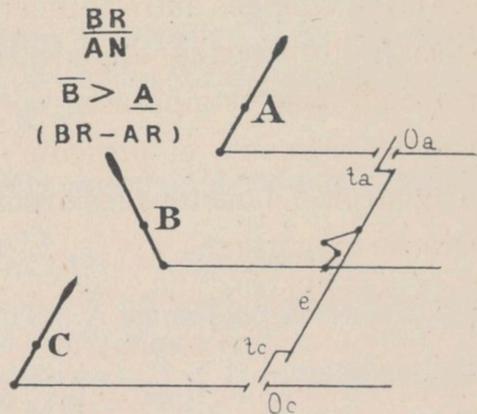


Fig. 3.

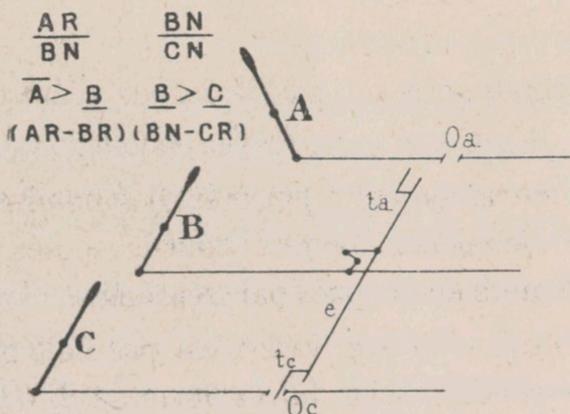
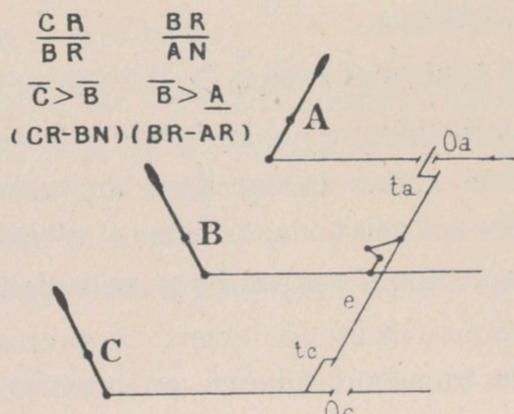


Fig. 4.



Dans la position qu'il occupe sur la figure 1, le levier B normal enclenche, par l'intermédiaire du verrou t_c , le levier C normal.

Si maintenant on modifie la position des leviers B et C, c'est-à-dire si on renverse B, par exemple (fig. 2), on voit que le levier B renversé enclenche le levier A normal ; si on venait alors à renverser C (fig. 4), on aurait également C renversé enclenche B renversé ; d'où, par déduction, $\bar{C} > \bar{B}$ et $\bar{B} > A$ donne $\bar{C} > \underline{A}$, enclenchement indirect qu'on voit réalisé sur la figure 4.

Si le levier C avait en dehors de l'encoche O_c une deuxième encoche O'_c (fig. 1), on voit facilement qu'alors \underline{B} enclencherait aussi bien \underline{C} que \bar{C} et que réciproquement C, pendant sa course, enclencherait \bar{B} .

Le système Vignier remplit donc toutes les conditions requises pour la réalisation de tous les enclenchements binaires nécessaires. Malheureusement tous les renvois d'équerre, les barres enclencheuses, les barres de commande portant les encoches d'enclenchement se développent dans un plan horizontal, d'où un besoin de place considérable, souvent incompatible avec les disponibilités de terrain, pour des postes un peu importants : C'est ce qui explique que le dispositif Saxby et Farmer se soit plus répandu dans les Compagnies de chemins de fer.

2° *Système Saxby.* — Il comporte, pour chaque levier, des flasques qu'on peut mettre très près les uns à côté des autres (intervalle 127 mm, c'est-à-dire 5 pouces anglais). Il se prête facilement aux nombreuses combinaisons d'enclenchements et présente une précision rigoureuse dans tous les organes, même après un long usage.

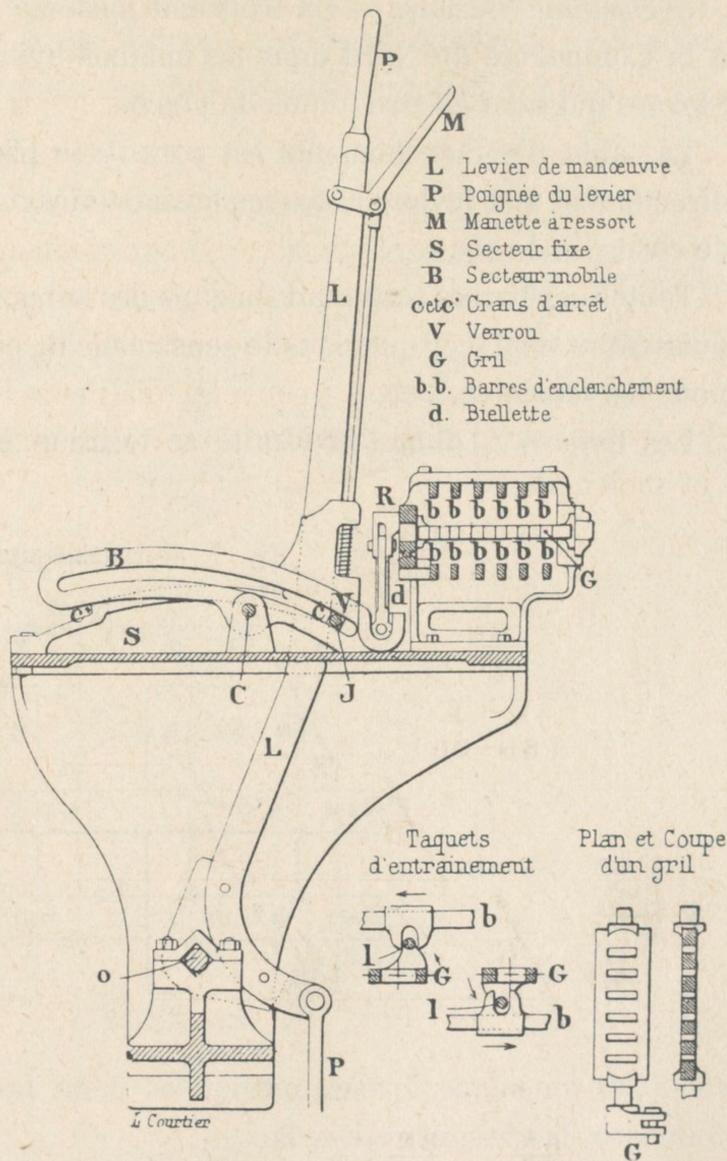
Le levier L, oscillant autour d'un axe O, commande toujours directement, par une tige P, l'appareil auquel il est relié ; il est en outre rendu solidaire d'une table d'enclenchements qui est disposée horizontalement en avant des leviers (fig. 5).

Cette table se compose, d'une part, de grils rotatifs G (un par levier) et, d'autre part, de barres perpendiculaires d'enclenchement b .

Ces barres sont munies chacune d'un taquet d'entraînement l (fig. 5 et 6) solidaires du gril correspondant au levier enclencheur et de taquets d'enclenchements t (fig. 6) disposés convenablement vis-à-vis des autres grils solidaires des leviers enclenchés par le premier.

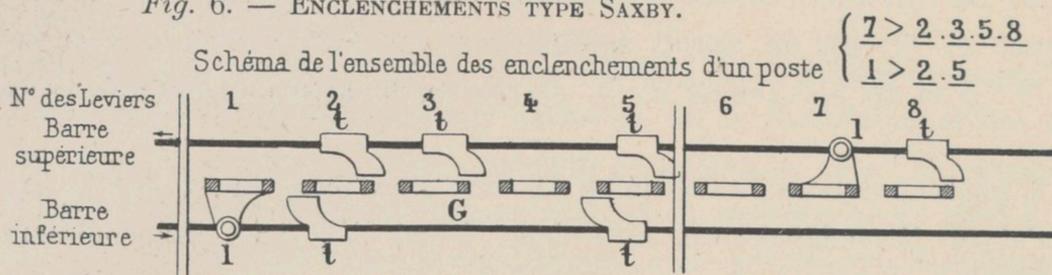
En manœuvrant un levier, ce qui n'est possible que si son gril n'est pas calé par un ou plusieurs taquets des barres enclencheuses correspondant aux autres leviers (fig. 6), on fait

(Fig. 5). — ENCLENCHEMENTS TYPE SAXBY.



tourner ce gril entraînant la barre enclencheuse qui lui est attelée et avec elle les taquets disposés vis-à-vis des grils des autres leviers avec lesquels il est conjugué : on libère alors les grils des

Fig. 6. — ENCLENCHEMENTS TYPE SAXBY.



leviers qui étaient enclenchés lorsqu'il était « normal » et on immobilise, au contraire, les grils de ceux qui doivent être enclenchés lorsqu'il est « renversé ».

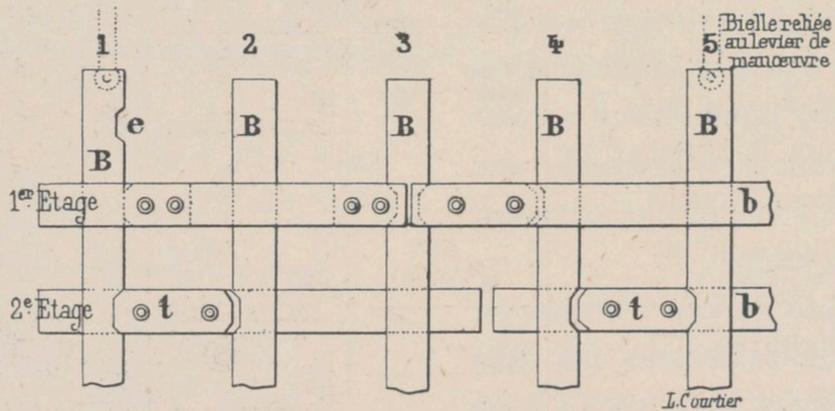
3° *Système Stevens.* — Un troisième système d'enclenchements, plus spécialement en usage à la Compagnie du Nord dans les cabines hydrodynamiques et pneumatiques, est le système Stevens qui tient encore moins de place.

La table d'enclenchements est constituée (fig. 7) au moyen de barres verticales B, reliées directement aux leviers et barres horizontales b portant des taquets t, qui y sont fixés au moyen de rivets ou de vis.

Toutes ces barres sont guidées dans des supports en fonte disposés de telle sorte qu'elles ne puissent se déplacer que dans le sens vertical, pour les premières, et, dans le sens horizontal, pour les secondes.

Les taquets t, dont l'extrémité se termine en double biseau, peuvent pénétrer dans des

Fig. 7. — ENCLENCHEMENTS TYPE STEVENS.

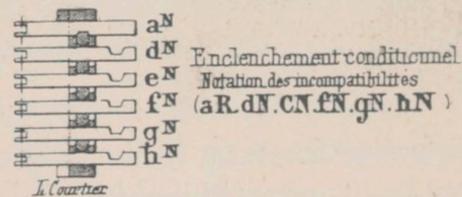


encoches de même forme, pratiquées dans les faces latérales des barres verticales, ou, au contraire, buter sur lesdites faces.

Quand on manœuvre un levier, la barre verticale, qui lui est attachée, se meut verticalement et déplace ou cale les barres horizontales dont les taquets venaient en prise avec elle ; ce déplacement dégage les encoches de certains leviers qui sont alors libérés et, au contraire, amène des taquets dans les encoches d'autres leviers qui sont alors enclenchés.

Ce système est surtout favorable à la réalisation des quelques enclenchements conditionnels qu'on ne peut guère éviter et que nous envisagerons par la suite.

Fig. 8.



Ainsi la figure 8 donne le dispositif d'enclenchements Stevens réalisant la condition

$$(\underline{d e f g h}) > \bar{a},$$

ce qui exprime $d e f g$ et h normaux (tous à la fois) enclenchent a « normal » et donne, comme réciproques :

$$(\underline{d e f h \bar{a}}) > \bar{g}$$

si c'est le levier g qui a été renversé pour permettre le renversement de a ,

$$(\underline{d f g h \bar{a}}) > \bar{e}$$

si c'est e qui a été renversé, etc.

A titre de résumé et pour fixer les idées, la figure 9 donne comparativement la réalisation, en Vignier type Nord, Saxby et Stevens, d'un certain nombre d'enclenchements simples.

Recherche et détermination des enclenchements. — Il s'agit maintenant de voir comment on détermine les enclenchements par les méthodes actuelles.

Considérons, par exemple, une gare dont le schéma est indiqué (fig. 10).

Pour que la sécurité des mouvements soit garantie :

1° Il faut qu'avant l'exécution d'une manœuvre, toutes les aiguilles qui sont situées sur le trajet à suivre soient bien dans la position qui convient au mouvement; car, autrement, il en résulterait, soit une avarie des aiguilles, s'il s'agit d'aiguilles prises en talon, soit même un déraillement ou une fausse direction, s'il s'agit d'aiguilles prises en pointe.

De là, une première catégorie d'enclenchements, dits *enclenchements de route*;

2° Il faut aussi que, quand le mouvement s'exécute, il soit protégé contre tous les autres mouvements incompatibles avec lui, soit par la fermeture préalable des signaux qui commandent ces mouvements, soit par la fixation des aiguilles qui forment évitement.

De là une autre catégorie d'enclenchements dits *enclenchements de protection*.

Fig. 9.

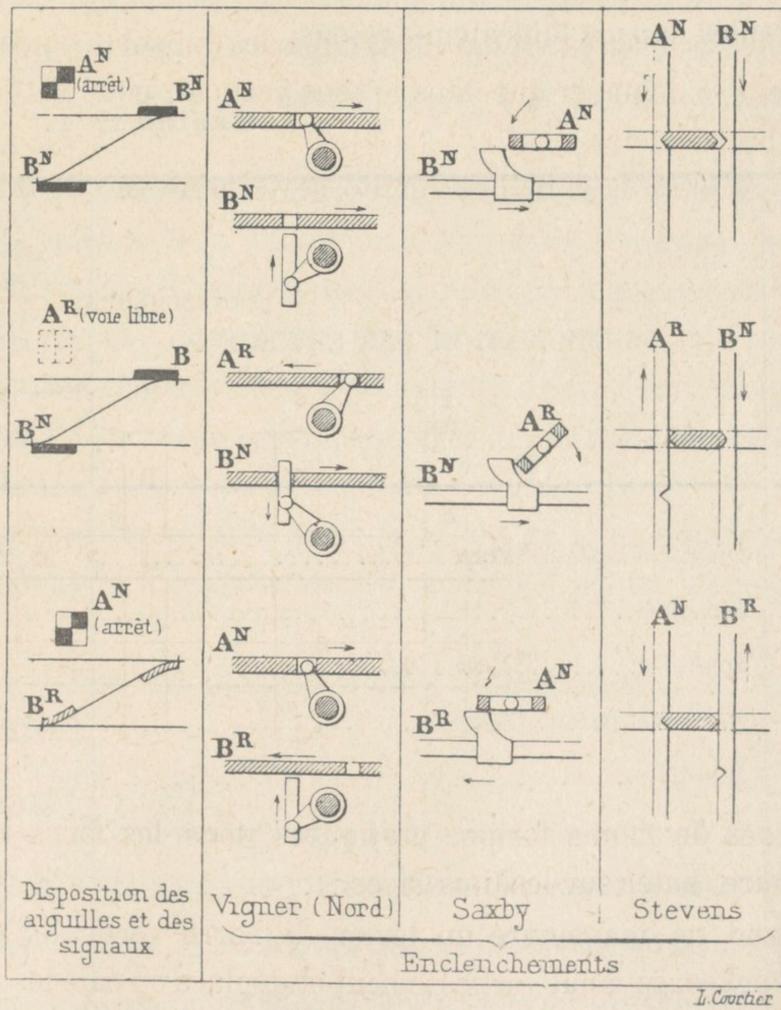
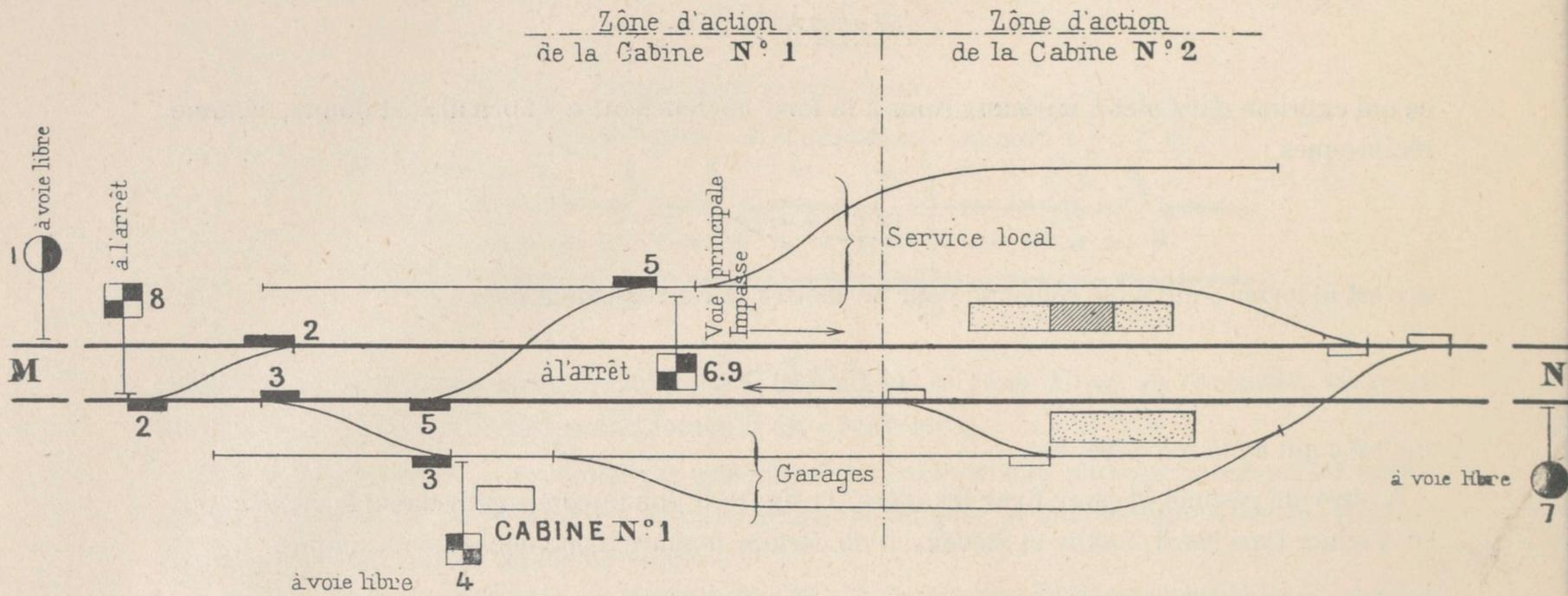


Fig. 10. — SCHÉMA D'UNE PETITE GARE.



Tous ces enclenchements, pour la cabine numéro 1 de la gare représentée (fig. 10), sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Cabine n° 1.

Nos des LEVIERS	DÉSIGNATION DES LEVIERS	LEVIERS ENCLENCHÉS normalement et qui sont dégagés.	LEVIERS LIBRES normalement et qui sont enclenchés.	LEVIERS RENVERSÉS et enclenchés.
		PAR CEUX DE LA 1 ^{re} COLONNE RENVERSÉS		
1	Disque à distance vers M.....	2, 5	»	»
2	Jonction.....	»	3, 5 (8 p. s. c.)	1, 7
3	Jonction.....	»	2, 5 (8 p. s. c.)	7 (4 p. s. c.)
4	S. d'arrêt sortie. Garages.....	(3 n ou r)	»	»
5	Jonction.....	6	2, 3, 9, (8 p. s. c.)	1, 7
6	S. d'arrêt sortie (service local p. voie principale)..	»	8	5
7	Disque à distance vers N.....	2, 3, 5, 8,	»	»
8	S. d'arrêt refoulement.....	»	6, (2), (3), (5)	(2), (3), (5), 7
9	S. d'arrêt sortie (service local pour impasse).....	»	»	»
Enclenchements conditionnels.....		{ 4 normal enclenche 8 normal si 3 renversé, ou $\left(\frac{4}{3}\right) > 8.$ ou sont incompatibles (4N, 8R, 3R).		

Pour fixer les idées, prenons un mouvement qui consiste à aller de droite à gauche, du service local vers la voie principale dans la direction M ; la sécurité exige :

1° Pour l'établissement de la route, que la traversée 5 soit ouverte, c'est-à-dire le levier 5 correspondant, renversé ; que les jonctions 2 et 3 soient fermées, c'est-à-dire les leviers 2 et 3 correspondants normaux ;

2° Pour la protection vis-à-vis des autres mouvements, qu'aucun mouvement ne puisse venir de la direction M par la voie principale du sens impair, c'est-à-dire que le disque 1 soit fermé, qu'aucun mouvement ne puisse venir de la direction N par la voie principale du sens pair, c'est-à-dire que le disque 7 soit également fermé ; enfin, que le signal de refoulement 8, qui commande le mouvement en sens inverse de celui que nous considérons, ne puisse pas être ouvert.

Il résulte de ce premier examen que, lorsque l'on renversera le levier 6 pour ouvrir le signal qui autorisera le mouvement considéré, il faudra que :

6 renversé enclenche 5 renversé + 3 normal + 2 normal + 1 et 7 renversés (signaux fermés).
+ 8 normal, soit au total 6 enclenchements dans lesquels le levier 6 paraît intéressé.

Mais en réalité, ce n'est pas à cette solution que l'on aura recours ; car une première réflexion va faire voir immédiatement que l'enclenchement du signal 6 avec les disques 1 et 7 est superflu

Si on envisage, en effet, la liaison 5-5, la sécurité exige qu'on ne puisse la renverser sans que la protection soit établie de tous les côtés où des trains peuvent se diriger vers la liaison 5-5, sans quoi on pourrait faire ces aiguilles 5 sous un train. Par conséquent $\bar{5}$ devra enclencher $\bar{1}$ et $\bar{7}$ et comme 6 doit être enclenché avec 5, il le sera par cascade avec 1 et 7 sans qu'il soit besoin d'enclenchements directs entre eux.

Nous retrouverons ces enclenchements par cascade ou indirects, à l'égard de 3 et de 2 par rapport à 6 que nous réaliserons également entre 5, 3 et 2 parce que cela offre l'avantage que tout mouvement, qui empruntera la même traversée 3, sera couvert par les enclenchements de celle-ci. Ces enclenchements constituent *un facteur commun* à tous les mouvements, qui rend inutiles les répétitions d'enclenchements pour garantir la sécurité de chacun de ces mouvements.

De là, une première série d'éliminations qui découle du raisonnement et qui est bien nécessaire pour éviter des doubles emplois pouvant devenir une gêne sérieuse dans la réalisation.

Prenons maintenant le mouvement : « sortie des garages pour M », qui va nous donner un exemple d'*enclenchement direct*, un exemple d'*enclenchement indirect* et un exemple d'*enclenchement conditionnel*.

En effet, pour sortir des garages, comme il doit être possible d'aller indifféremment soit sur l'impasse, soit vers M, nous aurons tout d'abord :

4 normal enclenche 3 renversé ou 3 normal $\left(\underline{4} > \frac{(3)}{(3)} \right)$.

C'est un enclenchement direct à droite et à gauche ayant pour réciproque : 3, pendant sa course, enclenche 4 renversé $\left(\underline{\bar{3}} > \bar{4} \right)$. (Nous avons vu (*fig. 1*) comment cet enclenchement peut être réalisé, dans le système Vignier, en mettant une deuxième encoche sur la barre de levier enclenché dans ses deux positions).

Pour aller sur l'impasse ce sera évidemment la position respective des leviers :

$\underline{4} > \underline{3}$

qui devra être adoptée.

Pour aller sur M au contraire, la combinaison suivante sera seule la bonne :

$$\underline{4} > \bar{3}$$

Mais pour aller sur M, il faut non seulement enclencher 3, mais aussi 2 (enclenchement de route).

D'autre part, comme enclenchements de protection, on devra avoir un enclenchement entre 4 et 5, d'une part, 7, d'autre part, et même 8.

On pourrait donc résoudre tous ces enclenchements de la manière suivante:

$$\underline{4} > \underline{2} \cdot \underline{5} \cdot \bar{7} \cdot \underline{8}$$

ce seraient autant d'enclenchements binaires du levier 4.

D'abord il est préférable de réaliser les trois premiers en cascade de la manière suivante :

$$\underline{4} > \bar{3} > \underline{2} \cdot \underline{5} \cdot \bar{7}$$

parce que les enclenchements entre les aiguilles 3, 2, 5 et 7 conservent leur utilité lorsqu'au lieu de sortir de la jonction 3 on refoulera par cette liaison vers les garages.

Ensuite, en ce qui concerne le dernier enclenchement de 4 avec 8, il prend nécessairement une forme conditionnelle, attendu que, s'il est indispensable quand 3 est renversé vers la direction M, il deviendrait gênant quand 3 normal donne la direction de l'impasse, puisqu'il n'y a aucune raison, dans ce dernier cas, d'immobiliser 8 et d'empêcher le refoulement d'une manœuvre venant de M pour gagner la jonction 2 ou la traversée 5.

Cet enclenchement conditionnel s'énoncera de la façon suivante: $(4 + \bar{3}) > 8$, dont les réciproques sont :

$$(\underline{4} + \bar{8}) > \bar{3} \text{ et } (\bar{8} + \bar{3}) > \bar{4}, \text{ l'enclenchement de 8 et de 4 devant résulter de la position de 3.}$$

Cet enclenchement conditionnel est réalisable, mais non exempt de complications.

Or, on peut l'éviter en adoptant la disposition des *leviers multiples*, comme on l'a fait du côté gauche, pour le signal de sortie, c'est-à-dire en employant autant de leviers qu'il y a au delà, de divergences possibles.

Le signal de sortie des voies du service local a été muni, en effet, de deux leviers 6 et 9 attaquant l'axe, et par conséquent le voyant du signal, par deux transmissions distinctes et parallèles, l'une ou l'autre seule pouvant ouvrir ou fermer ce signal. Le levier 6 a sa série d'enclenchements binaires spéciale à la direction des voies principales M; le levier 9, sa série d'enclenchements binaires spéciale à la direction de l'impasse.

Ainsi :

$$\begin{aligned} \bar{6} &> 8 \cdot \bar{5} \\ \bar{9} &> \bar{5} \end{aligned}$$

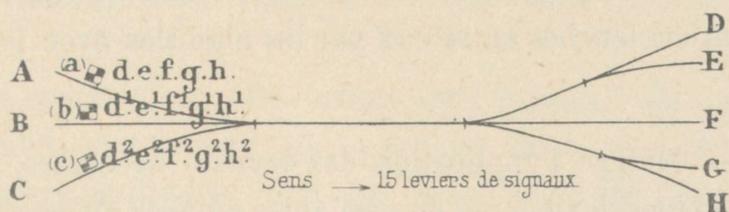
Les leviers 6 et 9 sont enclenchés indirectement entre eux par l'aiguille 5 avec laquelle ils sont conjugués en sens inverse, le premier exigeant 5 renversé et le second 5 normal, pour pouvoir être renversé et ouvrir le signal.

Ce moyen, pluralité des leviers, pour éviter les conditionnels est tout à fait admissible dans les cas simples; mais il peut devenir impossible pour une grande gare comportant de nombreuses directions, attendu que, d'une manière générale, le nombre des leviers de signaux sera déterminé, pour un seul sens de circulation, par la formule $m \times n$, m étant le nombre des provenances et n le nombre des destinations.

Envisageons seulement, parmi les nombreuses voies d'une grande gare, un faisceau de voies,

comme celui qui est indiqué sur la figure 11 : trois directions à gauche, cinq à droite. Le nombre des leviers de signaux nécessaire pour le sens de la flèche sur la figure sera de 15 (5×3) ; il en faudra autant pour le sens inverse, soit au total, y compris les leviers des aiguilles (6 au minimum), 36 leviers.

Fig. 11.

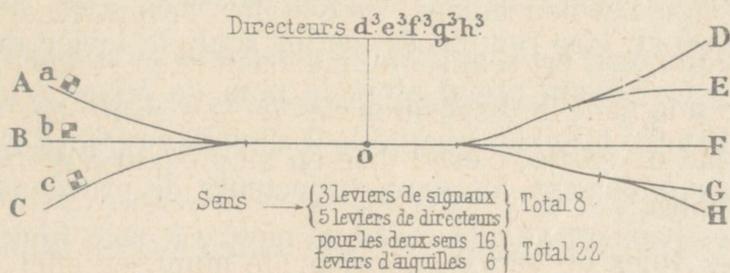


Leviers directeurs. — Pour éviter cette multiplication rapide des leviers de signaux on a recours à l'artifice de leviers spéciaux dits *leviers directeurs* (fig. 12).

Dans cette disposition, les leviers des signaux n'assurent plus directement les enclenchements requis que pour une portion seulement du trajet à suivre par les mouvements, la portion qui est située dans la zone de convergence des voies vers un tronc commun aux diverses provenances.

Quant aux enclenchements nécessaires pour garantir la sécurité dans la deuxième zone des trajets, c'est-à-dire dans la zone de divergence, ils sont assurés par des leviers spéciaux, dits *leviers directeurs*, qui ne sont reliés à aucun appareil de voie ou signal et qui correspondent chacun à l'une des diverses destinations que l'on peut donner aux mouvements : pour bien

Fig. 12.



marquer la délimitation des zones d'enclenchements par les leviers de signaux et par les leviers directeurs, on indique d'ordinaire, sur le plan ou le schéma, un point conventionnel *o*, dit point d'application, placé sur le tronc commun aux diverses branches (fig. 12).

Il est possible, de cette manière, de réduire le nombre des leviers de signaux à 3, ce qui, avec les 5 leviers directeurs, forme un total de 8 ($5 + 3$) au lieu de 15 (5×3) que comporte la solution des leviers multiples de signaux, en mettant à part, bien entendu, les leviers d'appareils de voies qui restent au même nombre (6 dans l'espèce, une aiguille triple ayant deux manœuvres).

Dans l'exemple ci-dessus (fig. 12), pour les deux sens de circulation, il y aura 22 leviers.

Ainsi, par le moyen des leviers directeurs, le nombre des leviers (en dehors des leviers d'aiguilles) qui était précédemment $m \times n$, (pour un sens de circulation seulement), devient $m + n$, ce qui est un résultat important.

Notons en passant que cette nouvelle combinaison fait naître une nouvelle catégorie d'enclenchements, dits *enclenchements de continuité*, qu'il ne faudra pas oublier, et qui ont pour rôle d'obliger à manœuvrer, préalablement au levier du signal, l'un des leviers directeurs qui sont enclenchés respectivement avec les aiguilles de la route à laquelle ils s'appliquent.

Ces enclenchements de continuité, tous analogues et conditionnels, sont de la forme suivante :

$$(\underline{d} \underline{e} \underline{f} \underline{g} \underline{h} \dots) > \underline{s};$$

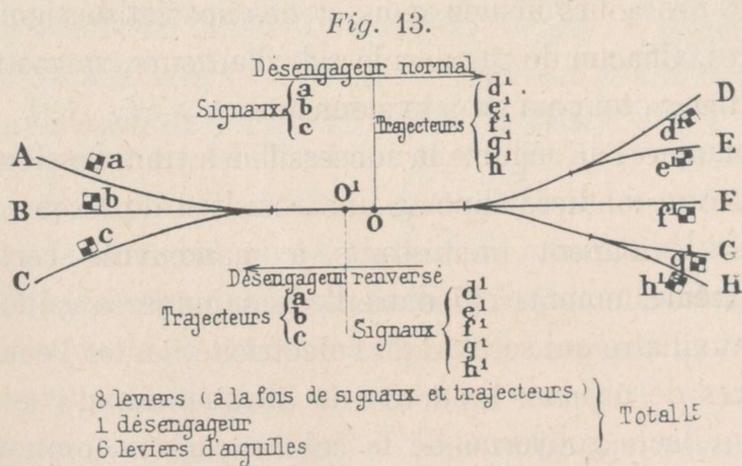
Leur réalisation donne lieu au dispositif dont nous avons déjà parlé et indiqué (*fig. 8*) sous la forme d'enclenchements Stévens. On ne peut faire le levier du signal *s* que si l'un des directeurs de divergences est renversé; et on ne peut, d'autre part, renverser deux de ces leviers à la fois, car il sont enclenchés entre eux par les aiguilles avec lesquelles ils sont différemment conjugués.

Leviers trajecteurs. — Malgré l'application des leviers directeurs, le nombre des leviers reste encore élevé et les cabines deviennent de véritables édifices exigeant un espace très considérable, en tout cas fort gênant pour l'implantation des voies : une cabine Saxby de deux cents leviers, mesure, sur le terrain, 30 mètres sur 5 mètres.

On a donc cherché à réduire encore ce nombre et l'on y est arrivé par la combinaison *des leviers trajecteurs*, qui a été appliquée pour la première fois dans le programme de revision des cabines de la gare de Paris-Nord et de ses abords en 1898.

Cette combinaison des leviers [trajecteurs repose sur la remarque suivante : lorsque les branches, situées de part et d'autre du tronc commun, sont parcourues dans les deux sens et constituent, suivant le sens de la circulation, tantôt une provenance, tantôt une destination, on aboutit, pour les deux sens de circulation, à deux figures exactement symétriques, car à chaque branche convergente ou divergente correspond : pour un sens, un levier de signal et, pour le sens opposé, un levier de direction, les deux leviers en question ayant les mêmes enclenchements à l'égard des aiguilles avec lesquelles ils sont conjugués.

Ces deux leviers peuvent donc être remplacés par un seul, le levier de signal, qui joue, en outre, le rôle de levier directeur et qui prend alors le nom de *levier trajecteur*, puisqu'il est seul à caractériser le trajet sur la branche à laquelle il s'applique (*fig. 13*) ; mais alors, chaque fois qu'on va faire, pour un mouvement, les deux trajecteurs de provenance et de destination, les signaux qui y sont respectivement attachés vont se mettre à voie libre et l'itinéraire établi sera ouvert des deux côtés à la fois.



Il faut donc ajouter un levier, dit *désengageur*, ayant pour rôle de désolidariser les transmissions des signaux de manière que les voyants de ces signaux restent à l'arrêt, même si leur levier, quand il ne joue que le rôle de levier directeur, est dans la position correspondant à la voie libre : le même levier désengageur coupe à la fois toutes les transmissions des signaux amont, laissant en prise toutes celles des signaux aval, ou vice-versa ; et, pour un mouvement

ayant nécessité le renversement de ses deux trajecteurs de provenance et de destination, c'est le signal amont ou le signal aval qui s'ouvre, suivant la position du désengageur et non les deux à la fois.

Les mouvements dans une cabine à trajecteurs exigent donc la manœuvre de trois leviers, à savoir : le trajecteur de provenance, le trajecteur de destination et le désengageur dans le sens voulu pour couper la transmission des signaux correspondant au sens inverse du mouvement qu'on effectue.

Dans cette ingénieuse combinaison, les leviers des appareils de voie mis à part comme précédemment, le nombre des leviers qui, pour les deux sens de circulation, serait de $2(m \times n)$ avec les leviers multiples, de $2(m + n)$ avec les leviers directeurs, tombe à $(m + n + 1)$, d'où une économie considérable de leviers, surtout pour les gares où les voies sont banales et parcourues dans les deux sens.

Nous avons ainsi épuisé l'exposé général des méthodes pour la recherche et la simplification des enclenchements par les procédés actuels.

Nous avons constaté qu'à chaque instant il faut faire intervenir le raisonnement : d'abord pour rayer les enclenchements indirects qui font double emploi avec d'autres enclenchements directs (il faut éviter que dans cette élimination on n'arrive pas, par erreur, à en supprimer d'utiles) ; ensuite, pour rechercher les combinaisons qui conviennent le mieux pour la transformation de la plupart des enclenchements conditionnels ou composés, en enclenchements binaires ou simples, tout en évitant l'exagération du nombre de leviers ; cette exagération dans les systèmes mécaniques conduit, en effet, pour les cabines, à des constructions énormes non seulement coûteuses, mais inadmissibles, eu égard à la place disponible dans les voies.

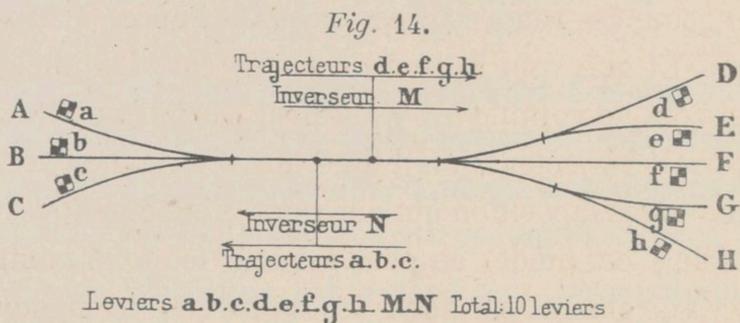
On juge combien ces recherches comportent d'études à faire pour démêler l'écheveau que représente l'ensemble des trajets, fixer le nombre et le caractère des leviers : aiguilles, signaux, direction, trajets, déterminer les enclenchements élémentaires d'aiguille à aiguille, de signal à signal, les enclenchements de continuité entre les leviers d'aiguilles, les leviers directeurs ou de trajets et les leviers des signaux !

Pour tout cela, il faut des jours et des mois et des spécialistes entraînés, s'aidant et se contrôlant les uns les autres. Chacun de ces derniers a, d'ailleurs, sa méthode propre, comme tout professeur de sténographie, tout artiste a la sienne.

Mais voici, d'autre part, que l'allongement successif des transmissions mécaniques, allant jusqu'aux confins des gares agrandies, apporte une résistance presque invincible à l'action humaine ; les aiguilleurs deviennent impuissants à manœuvrer certaines aiguilles trop éloignées, et alors, tout naturellement, l'idée vient de suppléer à la force physique de ces derniers par une énergie auxiliaire qui sera tantôt l'électricité, tantôt l'eau sous pression, tantôt l'air comprimé, etc. Auprès de chaque appareil, de chaque signal, se trouvera un moteur capable de le mouvoir et qui sera gouverné de la cabine par un commutateur remplaçant le levier à action mécanique, mais qui sera beaucoup plus petit, en sorte que, toutes choses égales d'ailleurs, l'encombrement des cabines devrait considérablement diminuer de ce fait, s'il n'y avait les enclenchements restés tout aussi nombreux et encombrants.

Dans l'hypothèse des trajecteurs de la figure 13, ces leviers spéciaux pourront être utilisés pour actionner toutes les aiguilles de chaque trajet, en sorte que les leviers d'aiguilles disparaîtront tandis que les désengageurs à deux positions seront remplacés par des inverseurs

(fig. 14), le nombre des leviers diminuant de quinze à dix, nouvelle réduction très importante encore.



Leviers d'itinéraires. — Le souci constant qu'on a eu de réduire, dans les systèmes à transmission mécanique, le nombre des leviers d'un même poste et, avec eux, les enclenchements qui les solidarisent, pour la garantie de la sécurité, était surtout dicté par l'obligation d'aboutir à des cabines qui n'aient rien de trop exagéré et soient pratiquement réalisables.

Nous sommes arrivés ainsi à la solution constituant à associer entre eux des éléments de trajets pour obtenir un grand nombre de combinaisons formant les trajets complets.

C'est ce que, par ailleurs, fait le chimiste exercé qui, faute de place, se contente de conserver quelques réactifs fondamentaux pour fabriquer à la demande, s'aidant de sa science et ne comptant qu'avec son temps, les produits les plus divers et les plus compliqués.

Mais, avec le secours d'une énergie auxiliaire, peu importe le nombre de ces leviers s'ils peuvent être placés dans un espace restreint et que, par suite de leur arrangement méthodique, ils se décèlent eux-mêmes du premier coup d'œil.

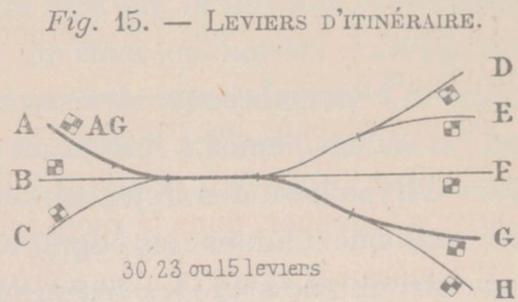
Il est, en effet, intéressant que, pour chaque manœuvre, l'aiguilleur n'ait qu'un levier à mouvoir rapidement, sans effort, et qu'il puisse mettre la main dessus au premier coup d'œil n'ayant jamais ainsi à distraire son attention de la surveillance générale des manœuvres qu'il dirige et pouvant, en raison de cette simplicité même, être remplacé presque au pied levé par quiconque n'ayant reçu aucune éducation préalable.

C'est ce que fera, d'ailleurs, notre chimiste de tout à l'heure, alors qu'il voudra se faire remplacer par un novice quelconque : il préparera d'avance, en grand nombre, les produits à délivrer séance tenante et casera ces réactions toutes faites, le mieux qu'il pourra, eu égard à l'utilisation de la place disponible et en recourant, ce qui est essentiel, à la méthode de groupement qui les fera découvrir de suite au premier venu.

Les réactions toutes faites, en matière de leviers commandant les aiguilles et signaux d'une gare, ce sont les leviers réalisant un trajet complet, *les leviers d'itinéraires*, pour parler comme tout le monde, et sans donner à cette expression un sens quelconque, puisque ce n'est qu'un terme de convention.

Leur réalisation ne comporte aucune difficulté car, puisqu'on est arrivé à manœuvrer par un seul levier les aiguilles d'un demi-trajet (provenance ou destination), il apparaît immédiatement tout aussi facile et, c'était si tentant qu'on n'y a pas résisté, de manœuvrer tout d'un coup les aiguilles et signaux du trajet entier à parcourir par un mouvement déterminé.

En les réalisant, nous n'innoverons pour ainsi dire rien au point de vue technique et nous venons d'indiquer comment, dans l'hypothèse du recours à une énergie auxiliaire, ce n'est pas faire un pas en arrière, que de revenir à $m \times n$ leviers (fig. 15) pour $m \times n$ itinéraires,



alors que les trajecteurs (*fig. 14*) scindés par provenances et destinations, et qu'on peut combiner ensemble, n'en donneraient que $(m + n + 1)$.

Mais comment grouper, pour les rendre accessibles et les déceler au premier coup d'œil, un si grand nombre de leviers ? Et que vont devenir, dans ce cas, les enclenchements de levier à levier, comme nombre et comme volume ? N'y aurait-il pas là une difficulté ?

Dans les systèmes de leviers trajecteurs ou d'itinéraires, la manœuvre des aiguilles de tout un trajet, leur assujettissement dans la position qui convient, s'effectuent par le fluide moteur qu'envoie le levier de commande ; ce fluide ne peut revenir (comme contrôle) agir sur le signal, qu'après avoir passé nécessairement par tous les appareils de manœuvre des aiguilles intéressées, bien placées et calées. L'ouverture automatique du signal, par cette action réflexe d'énergie, est donc bien la preuve certaine que la route est bien préparée de bout en bout. Les enclenchements mécaniques, dits *de route*, entre les appareils situés sur le chemin parcouru et le signal qui en ouvre l'accès, n'ont donc plus de raison d'être et sont complètement évanouis. Notons, d'ailleurs, que le contrôle de la route de l'itinéraire qui leur est substitué apportera une garantie nouvelle, s'il peut s'éteindre et fermer le signal à tout instant, dès qu'un appareil viendra à se déranger ; tandis que l'enclenchement mécanique n'agit qu'au moment où on renverse le levier en cabine : c'est le *contrôle impératif permanent* substitué à la *vérification passagère*.

Les enclenchements dits *de protection*, destinés à garantir chaque mouvement sur un itinéraire contre l'arrivée d'autres mouvements incompatibles, sont eux-mêmes théoriquement superflus pour la plupart du moins des itinéraires qui passent par les aiguilles communes ; car ces aiguilles communes, se trouvant sollicitées à la fois dans les deux sens du fait des deux itinéraires convergents, resteront inertes ; arrêtant de part et d'autre le courant moteur réflexe qui doit aller agir sur le signal correspondant à chaque itinéraire ; et, même si l'une des actions devenait prédominante, l'un des itinéraires se trouvant ainsi établi verrait sa porte s'ouvrir par l'effacement du signal, mais l'autre itinéraire incompatible, resterait fermé.

Cette prédominance peut cependant n'être que momentanée. En tous cas, il convient que l'aiguilleur n'ait pas la possibilité de commander en même temps deux itinéraires qui ne peuvent avoir lieu simultanément.

En conséquence, la sécurité, ou tout au moins la commodité du service, exige de conserver aux leviers d'itinéraires leurs enclenchements de protection.

Ces enclenchements de leviers à leviers sont tous binaires et de la même catégorie $\bar{A} > \underline{B}$, c'est-à-dire extrêmement simples. Mais ils seront nombreux, car il ne faut pas omettre la contre-partie déjà envisagée. En recourant à ces leviers spéciaux par trajet complet, on en a augmenté le nombre ; et si une nature d'enclenchements (enclenchements de route) a complètement disparu, celle qui reste (enclenchements de protection), pour être la plus simple, ne s'en est pas moins accrue elle-même proportionnellement à ce nombre.

Toutefois, la réussite sera certaine si la détermination de ces enclenchements peut se faire facilement et si, une fois déterminés, ceux-ci peuvent être établis commodément.

Ce sont précisément les méthodes destinées à obtenir ce double résultat que nous nous proposons d'exposer.

En envisageant les itinéraires complets, de part en part, et quelles que soient les liaisons intérieures qui relient les voies entre elles et par conséquent les itinéraires entre eux, nous ne pouvons échapper, dans la recherche des incompatibilités aux trois cas suivants, à savoir :

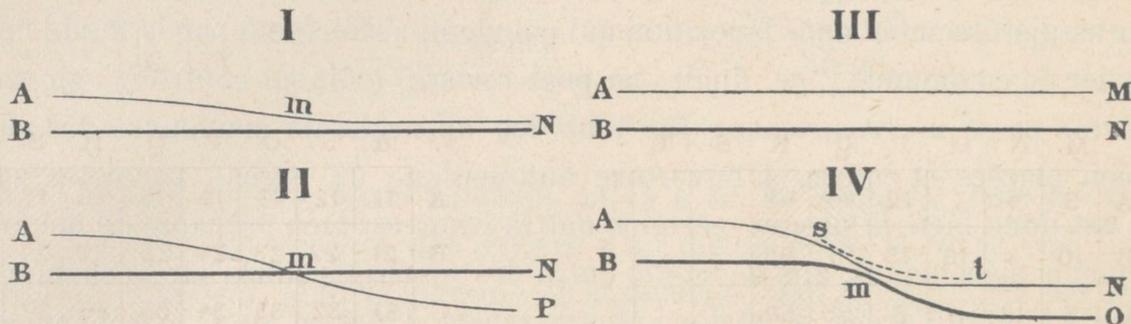
1° Itinéraires ayant la même provenance ou la même destination, (I) sur la figure 16.

2° Itinéraires se coupant (II) (fig. 16).

3° Itinéraires parallèles (III) (fig. 16).

Les itinéraires de la troisième catégorie ne donnent lieu à aucun enclenchement puisqu'ils sont compatibles.

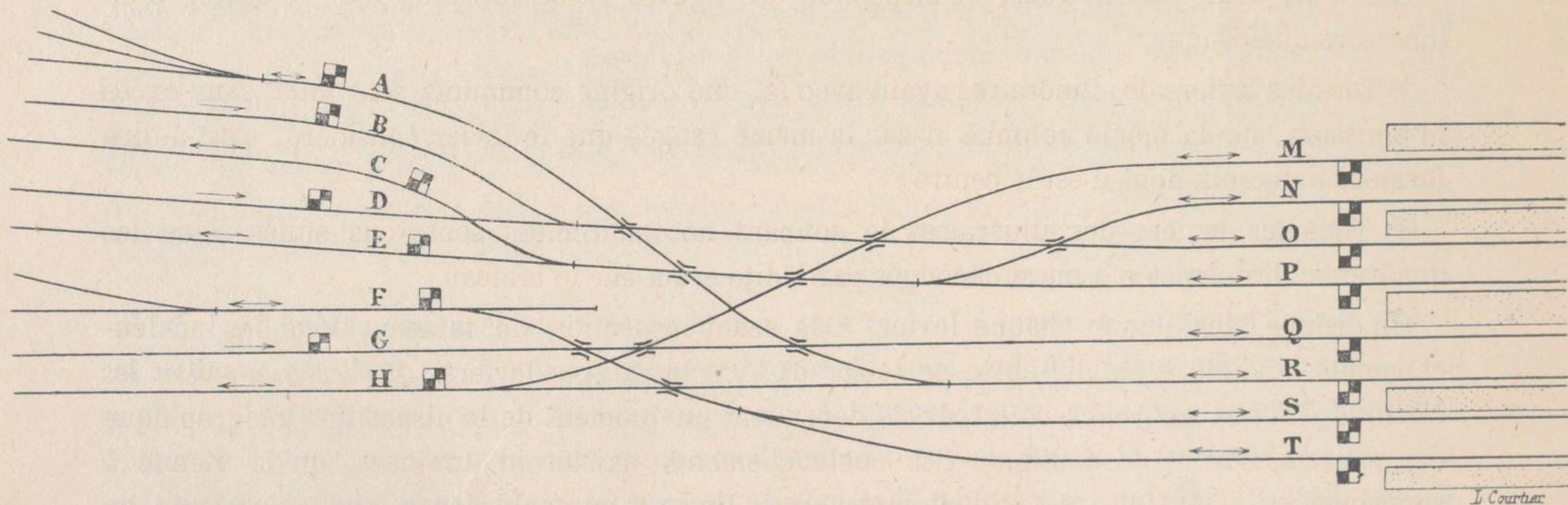
Fig. 16.



Les itinéraires de première et deuxième catégories ne peuvent évidemment avoir lieu simultanément et, par conséquent, il y a lieu de les solidariser entre eux de telle manière que, lorsqu'on fait un itinéraire, son levier enclenche tous ceux qui se marient avec lui dans la catégorie I ou dans la catégorie II, c'est-à-dire que le premier levier renversé enclenche « normal » chacun de ses congénères suivant I ou II et que, réciproquement, il soit immobilisé « normal » par le renversement de l'un quelconque de ces derniers.

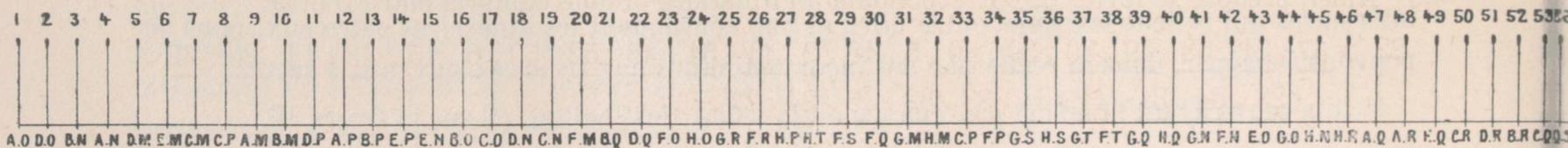
Il s'agit maintenant de trouver ces enclenchements d'une manière rapide et sans aucune chance de surabondance, erreur ou omission.

Fig. 17. — SCHÉMA DE GARE.



Nous voyons, pour la gare représentée figure 17, les leviers de chacun des itinéraires rangés en file avec leur numéro d'ordre (fig. 18), comme on a coutume de le faire jusqu'à présent.

Fig. 18. — LEVIERS D'ITINÉRAIRE.



Nous proposons l'emploi d'une grille en forme de table de Pythagore, à double entrée (fig. 19) en inscrivant en ordonnée, dans leur ordre géographique, les têtes d'itinéraires côté amont, représentées par les lettres A B . . . G . H . . . et en abscisse dans leur ordre géographique, les têtes d'itinéraires côté aval représentées par les lettres M N . . . S T . . .

TABLEAUX DE VÉRIFICATION DES ENCLENCHEMENTS GÉOGRAPHIQUES.

Fig. 19.

	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	9	4	1	12	47	48		
B	10	3	16	13	21	52		
C	7	19	17	8	53	50		
D	5	18	2	11	22	51		
E	6	15	43	14	49	54		
F	20	42	23	34	30	26	29	38
G	31	41	44	33	39	25	35	37
H	32	45	24	27	40	46	36	28

Fig. 20.

	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	11	12	13	14	15	16	17	18
B	21	22	23	24	25	26	27	28
C	31	32	33	34	35	36	37	38
D	41	42	43	44	45	46	47	48
E	51	52	53	54	55	56	57	58
F	61	62	63	64	65	66	67	68
G	71	72	73	74	75	76	77	78
H	81	82	83	84	85	86	87	88

L. Courcier

Dans chacune des cases formées par l'intersection des colonnes et des rangées, nous inscrivons le numéro du levier d'itinéraire caractérisé par ses deux extrémités figurant respectivement en abscisse et en ordonnée.

Ceci fait, nous constaterons, à l'inspection des figures 17 et 19, que, pour le levier d'un itinéraire quelconque :

1° Tous les leviers des itinéraires ayant avec lui une origine commune, sont *tous*, sans excès ni omission, sur la même colonne et sur la même rangée que le levier considéré, c'est-à-dire forment une croix dont il est le centre ;

2° Tous les leviers des itinéraires le coupant nécessairement sont tous situés dans les quadrants nord-est et sud-ouest découpés par ladite croix sur le tableau.

On trouve ainsi, pour chaque levier, à la seule inspection du tableau, tous les enclenchements binaires à établir entre ce levier et tous les autres leviers, *quelles que soient les liaisons établies entre les voies* car ils dépendent uniquement de la disposition géographique des provenances et destinations. Ces enclenchements existeront toujours, qu'on vienne à supprimer ou à ajouter des relations intérieures. Ils sont immuables, car, quoi qu'on fasse, on ne pourra jamais faire autrement que les itinéraires des catégories I et II se pénétrant ou se coupent. De là leur caractère absolument général ; on leur donne le nom *d'enclenchements géographiques*.

A la vue du tableau, on les a immédiatement et constamment sous les yeux et, si on veut les écrire, il suffit de les dicter.

Ainsi, prenons le levier 22 correspondant à l'itinéraire double compris entre D et Q.

22 > 47 . 21 . 53 . 49 . 30 . 39 . 40 . 5 . 18 . 2 . 11 . 51 . 48 . 52 . 50 . 6 . 15 . 43 . 14 . 20 . 42 .
23 . 34 . 31 . 41 . 44 . 33 . 32 . 45 . 24 . 27 .

On voit que, pour un seul levier, il y a une kyrielle d'enclenchements et combien, par conséquent, la recherche en aurait été pénible, levier par levier, tandis qu'il a suffi de les lire dans la grille *ad hoc* pour les avoir de suite. Il en sera de même pour les autres leviers.

D'ailleurs, pour les retenir, il y a un moyen mnémonique qui frappe bien un homme de chemin de fer et qui est le suivant :

Étant donné un levier sur la table de Pythagore, on suppose qu'il est au centre d'un signal carré à damier rouge et blanc ; tous les leviers dont les numéros se trouvent dans les parties rouges de ce damier virtuel doivent être enclenchés et ceux dont les numéros se trouvent dans les parties blanches du même damier sont au contraire, libres. (1)

Ces enclenchements peuvent s'inscrire en un tableau, dans une même colonne, page 349, puisqu'ils sont tous de même nature. En outre, si, au lieu de numéroter d'une façon quelconque les leviers en file, on donne à chacun un numéro rappelant, par son premier chiffre, le numéro d'ordre de la provenance et par son second chiffre, le numéro d'ordre de la destination, comme c'est indiqué sur la deuxième grille (*fig. 20*)., le levier du trajet D \rightleftarrows Q, 22 des figures 17 et 19 devenu ici 45, a toujours, quelle que soit la gare, numériquement les mêmes enclenchements par rapport aux leviers qui l'entourent, en sorte qu'on peut les autographier d'avance.

Malgré cette grande simplicité dans la recherche des enclenchements nécessaires, on n'en conclut pas moins, que pour le cas où, dans la réalité, les leviers sont en file de ligne, le levier 22 par exemple devra avoir une barre enclencheuse portant des taquets au droit de chacun des leviers considérés (au nombre de 31).

Il faudra pour chaque levier, en moyenne, à peu près autant de barres enclencheuses, dans les mêmes conditions. On juge d'ici le nombre de barres et de taquets dans des plans nombreux et distincts.

Rien que pour la petite station comportant quatre voies sur quatre, représentée (*fig. 22*) exigeant 16 leviers de route à deux sens, il y a (voir 2^e colonne du tableau page 349) 168 enclenchements géographiques à envisager, soit, en tenant compte des enclenchements réciproques, 84 combinaisons de barres et taquets à réaliser. Pour la gare représentée (*fig. 17*), il y en a près de 2.500. Enfin, pour une très grande gare comportant 30 voies à quai se ramifiant sur 10 voies d'entrée, il faudrait 300 leviers ayant en moyenne chacun près de 200 enclenchements binaires, soit au total 50.000 enclenchements.

On juge d'ici, sinon de l'impossibilité absolue, du moins des grosses difficultés de réaliser tous ces enclenchements par les méthodes précédemment décrites.

(1) En s'aidant de cette loi, on peut d'ailleurs déterminer à priori pour une gare donnée, (m sur n voies), le nombre de ces enclenchements d'ordre tout à fait général.

Les nombre des rangées de la table de Pythagore étant m et le nombre des colonnes n , prenons un levier de rang p et q le nombre N des conjugaisons sera :

$$N = (m-p)(q-1) + (n-q)(p-1) + m + n - 2$$

$$\text{ou } N = q(m+1) + p(n+1) - 2(pq+1)$$

pour toute la rangée p : on a :

$$N = n [p(n+1) - 2] + (m+1 - 2p) \frac{n(n+1)}{2}$$

$$\text{et au total, pour les } m \text{ rangées : } N = \frac{m n}{2} [(m+1)(n+1) - 4]$$

Auto-combinateur à table de Pythagore. — Mais, si les leviers eux-mêmes (au lieu de leur numéro) figurent matériellement, plantés dans la table de Pythagore elle-même, comme le montre la figure 21, correspondant à la gare représentée en schéma figure 17, on arrive facilement, par un dispositif très simple et peu encombrant, à matérialiser la loi énoncée ci-dessus, de manière qu'on ne puisse tourner la clé d'un itinéraire sans enclencher toutes les autres clés situées sur la colonne ou sur la rangée ou dans les régions nord-est et sud-ouest découpées par cette croix sur le tableau.

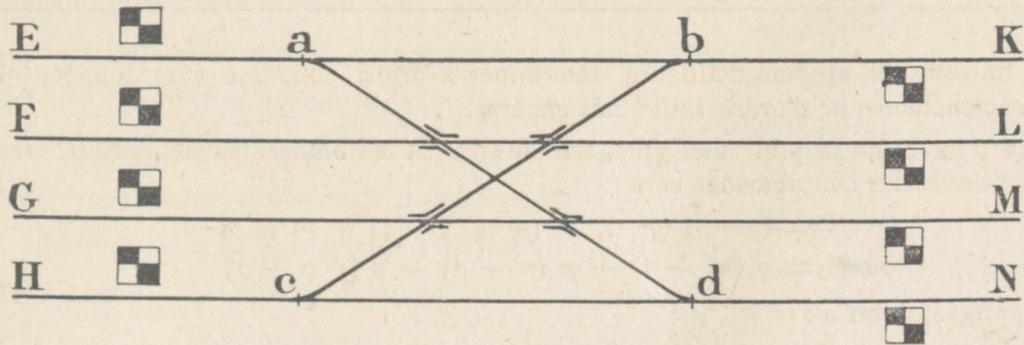
Fig. 21. — TABLEAU EN CABINE.

	VOIE M	VOIE N	VOIE O	VOIE P	VOIE Q	VOIE R	VOIE S	VOIE T
VOIE A	11	12	13	14	15	16	17	18
VOIE B	21	22	23	24	25	26	27	28
VOIE C	31	32	33	34	35	36	37	38
VOIE D	41	42	43	44	45	46	47	48
VOIE E	51	52	53	54	55	56	57	58
VOIE F	61	62	63	64	65	66	67	68
VOIE G	71	72	73	74	75	76	77	78
VOIE H	81	82	83	84	85	86	87	88

L. Courcier

C'est ce qui a été obtenu, par exemple, à la cabine 11 de Paris-Nord, dont les voies sont représentées figure 22 et dont les leviers ont été groupés dans un auto-combinateur en table de Pythagore.

Fig. 22.



Ces leviers, qui sont alors plutôt des clés d'itinéraires, portent, dans un plan, une came vis-à-vis d'une série de balanciers oscillant de points fixes et reliés entre eux par des petites bielles comportant, aux liaisons, un œil d'un certain jeu (fig. 23 et 24).

Ces balanciers de deux types seulement (*fig. 25*) sont fixés par leur axe tous semblablement dans chaque case et reliés identiquement entre eux, au moyen d'une bielle d'un type unique, en sorte qu'il ne peut y avoir d'erreur de montage. Ce dispositif réalise bien, dans un même plan, pour tous les leviers, tous les enclenchements en nombre considérable que nous venons d'énoncer.

Fig. 23. — SYSTÈME LIBRE.
une clé quelconque peut être tournée.

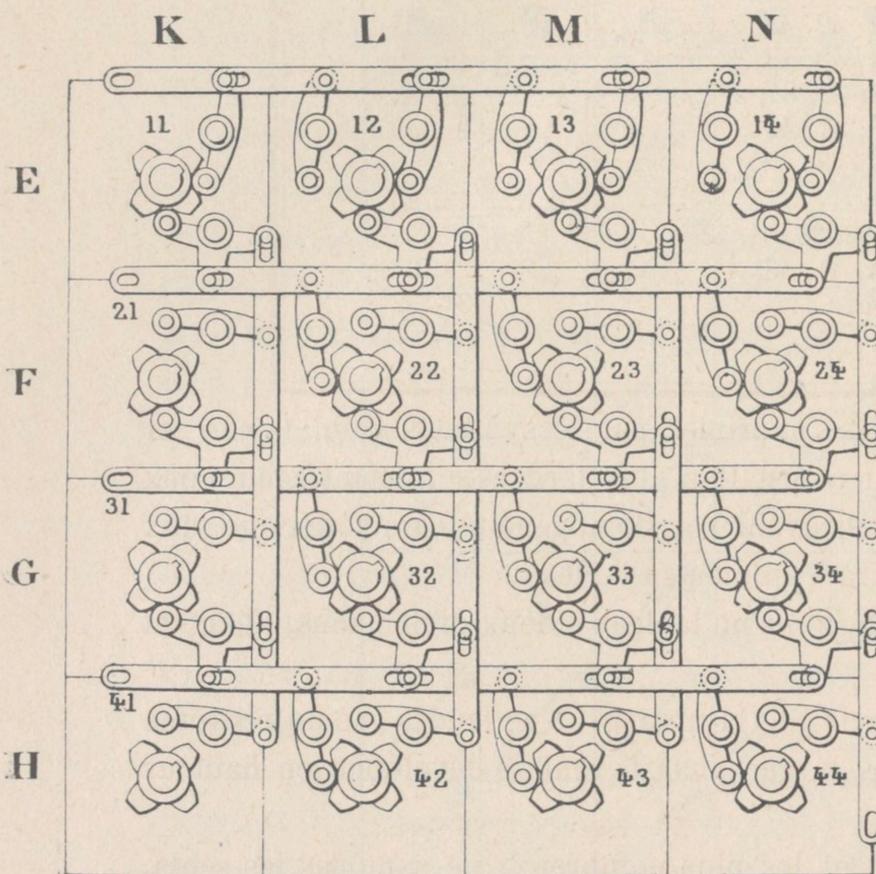
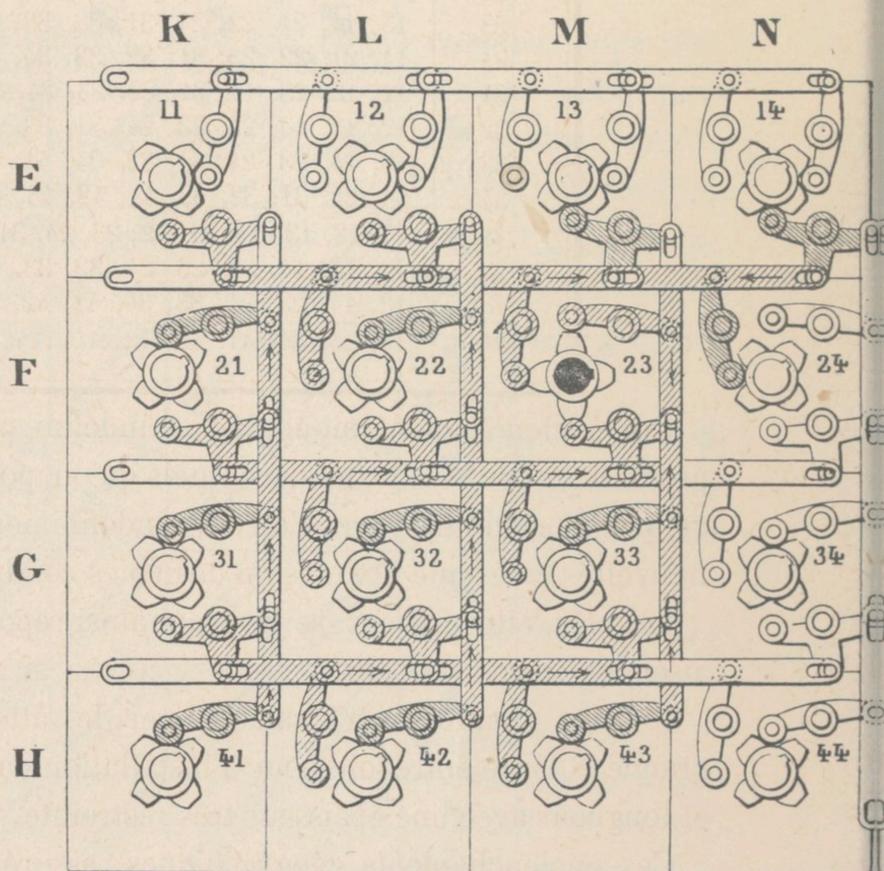


Fig. 24. — CLÉ 23 TOURNÉE.

les taquets et barres hachurées sont devenus fixes et enclenchent les leviers des itinéraires incompatibles avec 23.



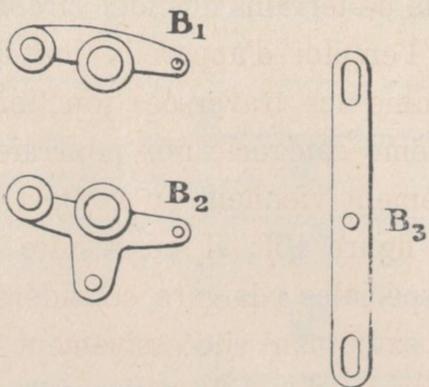
Prenons, par exemple (*fig. 23*) la clé 23 de l'itinéraire FM sur la figure; en tournant cette clé, (*fig. 24*) sa came écarte les trois balanciers de la case qui, en oscillant, absorbent le jeu des œillets des biellettes qui sont dans le sens du tirage et celles-ci se trouvant ainsi toutes calées, de proche en proche,

dans certaines lignes, suivant certains sens, immobilisent rigidement les têtes des balanciers correspondants dans les encoches des cames des autres clés de régions déterminées; ces dernières clés sont ainsi enclenchées. On vérifie facilement que, pour le levier 23, ce sont bien les leviers de la croix dont il est le centre et les leviers de quadrants nord-est et sud-ouest découpés par ladite croix qui sont enclenchés.

Ce qui est vrai pour la clé 23 est aussi vrai pour une clé quelconque, la clé 32, par exemple.

Ainsi, on voit que, dans l'espèce, les 168 enclenchements géographiques binaires de clé à clé, indiqués sur le tableau ci-dessous, vont se trouver, sans erreur possible, en un seul plan pour ainsi dire sans épaisseur.

Fig. 25.



NUMÉ- ROTAGE DES ITINÉ- RAIRES	ENCLENCHEMENTS GÉOGRAPHIQUES ∞	ENCLENCHEMENTS de TANGENCE
11	12, 13, 14, 21, 31, 41.....	»
12	11, 13, 14, 21, 22, 31, 32, 41, 42.....	23, 24
13	11, 12, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 33, 41, 42, 43.....	23, 34
14	11, 12, 13, 21, 22, 23, 24, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44.....	»
21	11, 12, 13, 14, 22, 23, 24, 31, 41.....	32, 42
22	12, 13, 14, 21, 23, 24, 31, 32, 41, 42.....	»
23	13, 14, 21, 22, 24, 31, 32, 33, 41, 42, 43.....	12, 34
24	14, 21, 22, 23, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44.....	12, 13
31	11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 24, 32, 33, 34, 41.....	42, 43
32	12, 13, 14, 22, 23, 24, 31, 33, 34, 41, 42.....	21, 43
33	13, 14, 23, 24, 31, 32, 34, 41, 42, 43.....	»
34	14, 24, 31, 32, 33, 41, 42, 43, 44.....	13, 23
41	11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 24, 31, 32, 33, 34, 42, 43, 44.....	»
42	12, 13, 14, 22, 23, 24, 32, 33, 34, 41, 43, 44.....	21, 31
43	13, 14, 23, 24, 33, 34, 41, 42, 44.....	31, 32
44	14, 24, 34, 41, 42, 43.....	»

Cet enclenchement monoplan et indéfini peut s'exprimer par le symbole infini (∞), car préexistant pour les leviers éventuels qu'on pourra installer plus tard et subsistant pour ceux qu'on supprime, il pourra s'étendre indéfiniment, suivant son homogénéité caractéristique, aux nouvelles cases que l'extension des voies conduira à ajouter au tableau.

Les clés, elles-mêmes, se trouvant ainsi reportées sur un tableau à deux dimensions, s'étagent aisément, bien groupées.

Un seul homme pourra, sans bouger, les atteindre de la main et il ne faudra même plus une grande et large entrevoie pour l'installation dans la gare, car le tout se développe en hauteur et longueur avec une épaisseur très restreinte.

Ces enclenchements géographiques, assurément les plus nombreux, ne sont pas les seuls. Pour qu'ils le soient, il faudrait que tous les itinéraires de la catégorie III (fig. 16), qui, en ne considérant géographiquement que leur provenance et leur destination, peuvent s'effectuer parallèlement, n'aient réellement en fait aucun point commun.

Fig. 26.

	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	11	12	13	14	15	16	17	18
B	21	22	23	24	25	26	27	28
C	31	32	33	34	35	36	37	38
D	41	42	43	44	45	46	47	48
E	51	52	53	54	55	56	57	58
F	61	62	63	64	65	66	67	68
G	71	72	73	74	75	76	77	78
H	81	82	83	84	85	86	87	88

J. Courcier

Rarement il en est ainsi, et il arrive presque toujours que, du fait d'étranglements de terrains dus aux circonstances locales, du fait de l'emploi d'appareils dont les aiguilles se pénètrent, comme les traversées jonctions, des itinéraires de la troisième catégorie qui pourraient être compatibles simultanément viennent en contact en certains points (IV de la figure 16); il en résulte de nouvelles incompatibilités spéciales à la gare considérée. Il est facile de les noter en examinant successivement (la seule recherche à faire d'ailleurs) les différents points de contact ou de tangence d'itinéraires parallèles.

Pour la disposition de la figure 21, ces enclenchements complémentaires, que nous appellerons *enclenchements de tangence*, sont au nombre de 20 (voir la 3^e colonne du tableau ci-dessus).

A l'encontre des enclenchements géographiques, ils ne sont pas immuables et invariables, ils naissent ou cessent avec les dispositions particulières qui y donnent lieu.

On peut dans bien des cas les trouver graphiquement : pour le levier 45 de la gare représentée figure 17, les enclenchements de tangence supplémentaires sont indiquées par des doubles hachures sur la figure 26, où les enclenchements géographiques sont hachurés simples.

Pour les réaliser, il suffira de mettre quelques plans supplémentaires derrière le premier plan des enclenchements géographiques, si on veut autant de plans spéciaux de balanciers qu'il y a de contacts singuliers, et de les faire intéresser simultanément les clés des itinéraires correspondants. Il peut même arriver qu'à la faveur de certaines dispositions de ces points singuliers sur le terrain, on puisse réunir dans un même plan tous les enclenchements complémentaires auxquels ils donnent lieu. C'est ce qui a été fait à la cabine 11 de Paris-Nord où, pour une bretelle simple à quatre traversées jonctions, les enclenchements complémentaires de tangences peuvent être résolus par un seul plan, distinct bien entendu du plan immuable des enclenchements géographiques.

Conclusion. — Nous pensons avoir suffisamment montré comment, de 1855 à 1900, après avoir été en lutte à des difficultés sans cesse croissantes avec les exigences du service et avec l'extension des gares dans la recherche et la détermination du nombre des leviers des aiguilles et signaux, et des enclenchements, on assiste finalement à l'évanouissement de bon nombre de ces difficultés. Notamment, la recherche des enclenchements dans le cas des leviers d'itinéraires, de plus en plus à l'ordre du jour, revêt une simplicité peut-être inattendue et tout à fait remarquable. Il faut à peine quelques heures pour déterminer, sans se tromper, tous les enclenchements d'une grande gare, au lieu d'atteler à ce travail, pendant des jours et des mois, tout un bureau, comme c'est tout à fait nécessaire avec les anciens procédés de recherches, dans le système des manœuvres individuelles d'aiguilles et de signaux.

Quant à leur réalisation, la table de Pythagore permet d'obtenir les enclenchements requis dans un petit nombre de plans, le premier, celui des enclenchements géographiques immuables, quelles que soient les dispositions de la gare et leurs transformations successives, en prenant à lui seul la quasi-totalité.

Avec cette disposition du tableau des leviers, chaque rangée correspondant à une provenance et chaque colonne à une destination ou *vice versa*, le moins initié saura trouver immédiatement le levier qui convient pour un mouvement dès qu'il saura où il va et d'où il vient.

Si les cases ont 12 cm. de côté, comme cela a lieu dans la petite cabine déjà décrite, pour une grande gare également envisagée plus haut (30 voies sur 10), il suffirait d'un tableau de 3^m, 60 de longueur sur 1,20 de hauteur pouvant facilement être gouverné par un seul homme, et les 50.000 enclenchements y relatifs tiendraient, sans grande épaisseur, sur la plaque support des leviers dudit tableau. Il est inutile de s'appesantir, par contre, sur la complication, pour ne pas dire l'impossibilité réelle, de réaliser, d'une manière commode, avec les dispositifs actuels, ces enclenchements.

D'ailleurs, devant cette difficulté, la tendance pour les constructeurs de système divers serait plutôt de diviser les cabines ; tandis que, au contraire, eu égard à la sécurité et à l'économie, il vaut mieux chercher à concentrer le plus possible, de telle manière qu'un chef de manœuvres unique, dans une gare, puisse opérer lui-même, tout au plus avec l'aide d'un ou de deux auxiliaires, adultes ou apprentis, à peine initiés, et pris au hasard par roulement dans n'importe quel service