

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 78 (1952)
Heft: 20

Artikel: Sécurité et signalisation
Autor: Dutoit, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-59006>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

Abonnements :
Suisse : 1 an, 24 francs
Etranger : 28 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Pour les abonnements
s'adresser à :
Administration
du « Bulletin technique
de la Suisse romande »
Librairie Rouge & Cie
S. A., Lausanne
Compte de chèques pos-
taux II. 5775, à Lausanne
Prix du numéro : Fr. 1.40

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Société vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président: R. Neeser, ingénieur, à Genève; Vice-président: G. Epitoux, architecte, à Lausanne; Secrétaire: J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg: MM. P. Joye, professeur; E. Lateltin, architecte — Vaud: MM. F. Chenaux, ingénieur; H. Matti, ingénieur; E. d'Okolski, architecte; Ch. Thévenaz, architecte — Genève: MM. L. Archinard, ingénieur; Cl. Groscurin, architecte; E. Martin, architecte; V. Rochat, ingénieur — Neuchâtel: MM. J. Béguin, architecte; R. Guye, ingénieur — Valais: MM. J. Dubuis, ingénieur; D. Burgener, architecte.

Rédaction: D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration de la Société anonyme du Bulletin Technique: A. Stucky, ingénieur, président; M. Bridel; G. Epitoux, architecte; R. Neeser, ingénieur.

Tarif des annonces

Le millimètre
(larg. 47 mm) 24 cts
Réclames: 60 cts le mm
(largeur 95 mm)

Rebais pour annonces
répétées

Annonces Suisses S.A.



5 Rue Centrale. Tél. 22 33 26
Lausanne et succursales

SOMMAIRE : *Sécurité et signalisation*, par R. DUTOIT, ingénieur, chef de la section des installations de sécurité du 1^{er} arrondissement des Chemins de fer fédéraux, à Lausanne. — **DIVERS :** *Les mouvements d'énergie électrique à travers les frontières des pays européens.* — Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale: 50^e assemblée générale. — **NÉCROLOGIE :** Dr Roland Zehnder, ingénieur. — **BIBLIOGRAPHIE.** — **SERVICE DE PLACEMENT.** — **DOCUMENTATION GÉNÉRALE.** — **NOUVEAUTÉS, INFORMATIONS DIVERSES.**

SÉCURITÉ ET SIGNALISATION ¹

par R. DUTOIT, ingénieur, chef de la section des installations de sécurité
du 1^{er} arrondissement des Chemins de fer fédéraux, à Lausanne

Comme toute entreprise industrielle, les administrations de chemins de fer cherchent toujours à déterminer le plus exactement possible les avantages économiques des investissements qu'elles font pour leur développement ou l'amélioration du rendement de leurs installations de voies.

Si la modernisation des installations de sécurité et de signalisation a connu un tel essor ces dernières années, malgré une situation financière en général peu brillante et un coût parfois élevé, c'est que, souvent, celles-ci étaient rapidement amorties par des économies de personnel ou l'emploi plus rationnel et plus intense d'un réseau de voies.

D'autre part, la concurrence toujours plus active de la route obligeant le chemin de fer à accélérer la vitesse de ses trains, ce n'est que grâce à des installations de sécurité appropriées que les aiguillages d'une gare ou d'une bifurcation peuvent être franchis sans réduction de vitesse.

Enfin, un dernier motif à ce renouvellement doit être cherché précisément dans la sécurité très accrue qu'une installation moderne permet d'assurer. Ce dernier avantage qui a non seulement un côté pécuniaire, mais social, ne peut se chiffrer qu'empiriquement; aussi, ce sont d'ordinaire les arguments économiques et commerciaux qui emportent la décision d'exécution.

Le célèbre adage « Vérité en deçà, erreur au-delà des Pyrénées » semblait une fois de plus vérifié lorsque l'on comparait il y a dix ou quinze ans les réalisations de divers pays européens en matière de sécurité et de signalisation; en fait, ce n'était souvent qu'une adaptation des installa-

tions à des particularités propres à chaque réseau, et à des méthodes d'exploitation liées à la structure géographique et démographique de chaque Etat. En raison de l'importance de ces problèmes, et en vue de fixer les principes de base de la conception de toute installation moderne de sécurité, la création d'une Sous-commission de signalisation a été décidée en 1946 au sein de l'Union internationale des chemins de fer (U. I. C.).

I. Union internationale des chemins de fer Sous-commission de signalisation

Les travaux des sous-commissions techniques de l'Union internationale des chemins de fer (U. I. C.) ont pour objet non seulement l'établissement de normes indispensables aux véhicules roulant en trafic international et faisant l'objet de fiches de prescriptions obligatoires, mais également la rédaction de fiches de recommandations comportant des directives souvent très précises et d'une grande utilité pour l'administration appelée à introduire des nouveautés techniques.

Les tâches de la Sous-commission de signalisation présidée par la Suisse n'étaient pas en principe de rechercher une normalisation qui ne semblait guère possible dans ce domaine, mais d'établir des directives sur les problèmes souvent très

¹ Au sujet de diverses notions spéciales mentionnées dans le présent article, nous renvoyons les lecteurs aux explications données à l'étude intitulée « Signalisation et installations de sécurité », parue dans le numéro 14-15 du *Bulletin technique*, du 12 juillet 1947.

complexes posés par les installations de sécurité et de signalisation.

Nous donnons ci-après un aperçu de quelques questions parmi les plus importantes traitées depuis 1947 par cette sous-commission.

1. Signalisation de lignes équipées en block automatique

Les installations de block automatique qui permettent d'assurer le distancement des trains d'un signal de block au signal suivant (section de block) sans intervention manuelle ont pour principal avantage l'augmentation très sensible du rendement des lignes ainsi équipées, tout en supprimant le personnel des postes de block. En réduisant la longueur des sections de block, on peut augmenter le nombre des trains qu'il est possible de faire circuler simultanément sur un tronçon donné de ligne, sans augmentation de frais de desservance.

Certains réseaux admettent que le signal de block a un caractère permissif et peut être franchi en position d'arrêt sous réserve que le convoi marque l'arrêt et qu'il circule ensuite en « marche à vue » (cette expression se comprend d'elle-même, il s'agit d'une marche permettant l'arrêt à distance de visibilité). D'autres pays au contraire confèrent un caractère d'arrêt absolu au signal de block que l'on ne doit pas franchir en position d'interdiction.

Ces deux conceptions fondamentalement différentes des conditions de circulation ont de fortes répercussions sur les modalités techniques d'exécution.

Dans le premier cas, on peut renoncer au contrôle en cabine des signaux de block, simplifier l'installation et éviter de coûteuses relations par câbles. Il faut éviter par contre les longues sections de block car un train qui pénétrerait dans une longue section de block occupée ou dérangée (signal de block à l'arrêt) perdrait, du fait de sa vitesse réduite, trop de temps jusqu'au prochain signal de block à voie libre qui seul lui permettrait de reprendre sa pleine vitesse. Sur des lignes très chargées, ce système du block permissif a l'avantage d'augmenter la fluidité du trafic en donnant la possibilité de faire circuler sur une ligne plus de trains que de sections de block, puisque plusieurs trains peuvent se trouver en même temps dans une section. Il oblige toutefois à différencier l'aspect des signaux à caractère permissif ou absolu et complique un peu de ce fait l'ensemble de la signalisation.

Les signaux de block à caractère absolu, en vigueur notamment sur l'ensemble des chemins de fer suisses, obligent à prendre certaines précautions pour permettre à un train, arrêté devant un signal de block de pleine voie mis intempestivement à l'arrêt par suite d'un dérangement, de continuer sa route.

A cet effet, on répète les signaux de block dans la cabine d'enclenchement desservie la plus proche, ce qui permet de se rendre compte des dérangements et d'ordonner les mesures nécessaires, soit la remise par la gare précédente d'un bulletin de franchissement à l'arrêt du signal. Si le dérangement intervient après le départ d'un train, après quelques minutes d'attente devant le signal, le mécanicien doit se rendre au téléphone installé à proximité de tous les signaux de block et demander l'autorisation de continuer sa route.

De longues sections de block ne présentent pas d'inconvénient dans ce système, le train, une fois l'autorisation reçue, continuant sa route sans réduction de vitesse.

Dans un réseau comportant des lignes de banlieue très chargées, et assurant un trafic de pointe considérable, le block permissif a sans aucun doute des avantages sur le block absolu.

Pour les conditions d'exploitation suisses, où l'installation du block automatique a beaucoup plus souvent pour but la suppression de la desservance manuelle d'un poste de block difficilement accessible que l'augmentation des possibilités d'une ligne, le block absolu présente des avantages en raison des longues sections de block automatique en service.

Dans le cadre de ces diverses conceptions de réalisation des installations de block automatique, il s'agissait pour la Sous-commission de déterminer les principes généraux des lignes équipées en block automatique et pour cela d'examiner préalablement les principaux systèmes en exploitation dans divers pays. (Voir le schéma-type comparatif annexé.)

On sait qu'il n'est pas toujours facile, particulièrement dans les réunions internationales où les susceptibilités et les questions de prestige sont constamment en éveil, de trouver un texte ou d'élaborer des conclusions acceptables par les délégués de chaque pays.

En présence de divergences irréductibles d'opinion, il ne resté trop souvent qu'à supprimer l'article litigieux et l'on risque d'édulcorer les textes au point qu'ils révèlent l'aspect de vérités à La Palice.

Reconnaissons qu'au sein de l'U. I. C. l'esprit de collaboration et la volonté d'aboutir à un résultat offrant un maximum d'intérêt permettent en général de surmonter ces difficultés.

Les directives de signalisation de lignes équipées en block automatique admises en 1950 par l'U. I. C. recommandent de choisir la coloration des feux de block automatique et les aspects qu'ils donnent comme suit : jaune pour l'avertissement d'arrêt, rouge pour l'arrêt et vert pour la voie libre. Elles admettent le caractère absolu ou au contraire permissif du feu rouge, cette dernière disposition pouvant présenter un grand intérêt du point de vue de l'exploitation et des installations, mais impliquant une signalisation convenable des trains à l'arrière.

D'autres recommandations relatives aux longueurs des sections de block, aux mesures à prendre lorsque des gares sont comprises dans des lignes équipées en block automatiques, etc. furent encore prévues.

2. Signalisation de vitesse ou de direction

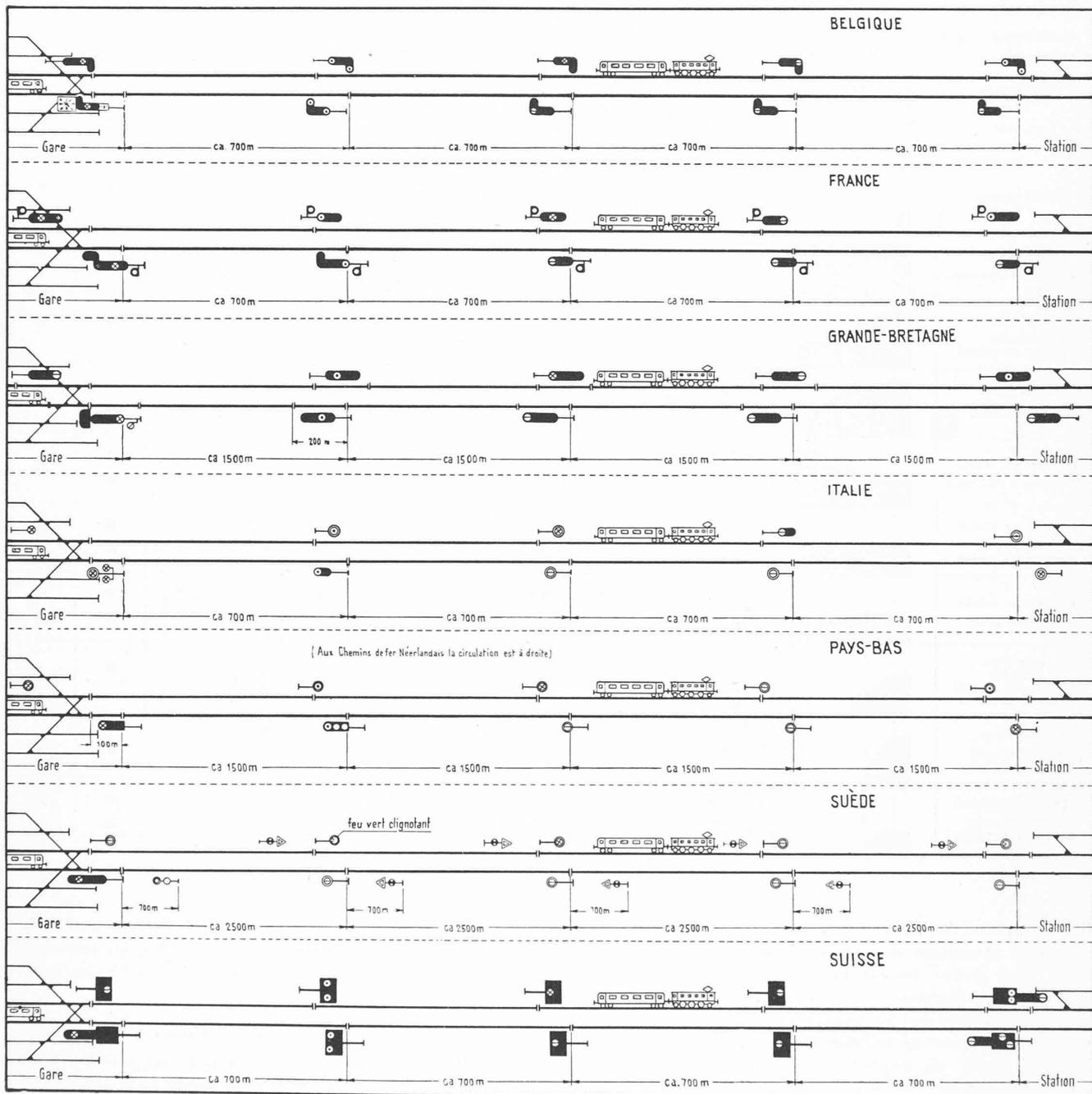
On peut baser une signalisation ferroviaire sur deux conceptions qui sont : la signalisation de direction et la signalisation de vitesse.

Dans le premier cas, le signal indique par son aspect si le parcours est préparé par voie directe ou déviée, et en règle générale de quel côté se donne la déviation. Comme suivant la construction des branchements, une déviation peut être franchie à des vitesses variant de 30 à 120 km/heure, il est en général nécessaire de compléter la signalisation de direction par une indication de vitesse. On peut éventuellement s'en dispenser si l'on admet que l'horaire de service en main du mécanicien de la locomotive et qui indique les vitesses admissibles de chaque déviation suffit à assurer l'observation *sans défaillance* de ces vitesses.

Dans la signalisation de vitesse, on se borne à signaler au mécanicien les vitesses qu'il doit observer au passage de déviation, mais sans lui indiquer si la déviation est à gauche ou à droite.

Avec les installations de sécurité moderne qui assurent une protection complète des parcours de trains, le sens de la déviation est pratiquement sans intérêt pour le mécanicien, sauf pour les bifurcations importantes où, par suite de la densité des trains, l'ordre de succession des convois est souvent interverti, et où il y a risque qu'un train soit dirigé

SCHEMA-TYPE DE LA SIGNALISATION D'UNE LIGNE ÉQUIPÉE EN BLOCK AUTOMATIQUE



dans la fausse direction. Mais dans ce cas, le mécanicien sait par l'aspect du signal et l'image de vitesse qu'il donne pour quelle direction le parcours est préparé et si l'aiguille de bifurcation à franchir est en position droite ou déviée.

Il ne peut y avoir doute que si l'aiguille de bifurcation est de construction symétrique autorisant une égale vitesse sur ses deux branches. Dans ce cas très particulier (nous n'en avons pas en Suisse), il faut bien compléter l'indication de vitesse par un indicateur de direction qui se présente en général sous la forme d'un panneau lumineux.

La signalisation de vitesse dont la signalisation suisse est un exemple, implique une très grande confiance dans l'attention portée aux signaux par les mécaniciens. Il suffirait par exemple qu'un mécanicien n'observe pas qu'un signal principal présente un feu orangé et un feu vert au lieu de deux feux verts pour qu'il roule à 90 km au lieu de 40 km/heure au passage des aiguillages et que les risques de déraillement soient fort élevés.

L'administration ferroviaire d'un pays européen parmi les plus conservateurs, et qui utilise encore la signalisation de

Légende :		Comparaison des systèmes de signalisation										Proposition
○ feu blanc ⊗ feu rouge ⚡ sig. à feux clign. ⊙ feu orangé ⊕ feu vert		Belgique	Espagne	Etats-Unis Signaux colorés lumineux	Etats-Unis Pennsylvanie	Grande- Bretagne	Italie	Nouvelle- Zélande	Pays-Bas	Suède	Allemagne	
Signification des signaux	Diagramme de vitesse de marche Route Signal → proch. sign.											
Arrêt absolu		⊗	⊗	⊗⊗⊗	⊗⊗	⊗	⊗⊗ ⊗⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Voie libre s'attendre à voie libre		⊕	⊕	⊗⊗	⊗⊗	⊕	⊕ ⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Voie libre préparer marche au ralenti		⊕ ⊙	⊙	⊗⊗ ⊗⊗	⊗⊗ ⊗⊗	⊙	30km/h 60km/h ⊕ ⊕	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Voie libre préparer arrêt		⊙ ⊙	⊙	⊗⊗ ⊗⊗	⊗⊗ ⊗⊗	⊙	⊕ ⊕	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Marche au ralenti s'attendre à voie libre		⊕ 4		⊗⊗ ⊗⊗	⊗⊗	Signaux de direction	⊕	⊙			⊙	⊙
Marche au ralenti préparer marche au ralenti		⊕ ⊙ 4		⊗⊗ ⊗⊗	⊗⊗	Signaux de direction		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Marche au ralenti préparer arrêt		⊙ ⊙ 4		⊗⊗ ⊗⊗	⊗⊗ ⊗⊗	Signaux de direction	⊕	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Voie libre préparer marche au ralenti à courte distance		⊕ ⊙ au signal au signal préc.		⊗⊗ ⊗⊗	⊗⊗ ⊗⊗			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Voie libre préparer arrêt à courte distance		⊕ ⊙ au signal au signal préc.		⊗⊗ ⊗⊗	⊗⊗		au signal au signal préc.	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Marche au ralenti préparer arrêt à courte distance		⊕ ⊙ au signal au signal préc.		⊗⊗ ⊗⊗				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

direction, prend des mesures de précaution qui nous semblent excessives et surtout de nature à diminuer la fluidité du trafic, pour éviter l'inobservation d'un ralentissement au passage d'une déviation : les trains devant emprunter une bifurcation rencontrent un signal d'avertissement en position d'arrêt. Au moment où le train arrive à proximité du signal principal fermé, un dispositif automatique le met à voie libre (pour autant que le parcours ait été préparé et que les conditions de block soient remplies). Par ce moyen, on oblige le mécanicien à ralentir de telle sorte qu'il ne lui soit pas possible de franchir la bifurcation autrement qu'à vitesse réduite.

On voit donc qu'on ne peut toujours classer rigoureusement une signalisation dans un système ou dans l'autre, et il y a toujours des cas où l'on doit compléter les images d'un signal par des indications complémentaires de direction, respectivement de vitesse, qui en font un signal mixte.

Il a été toutefois reconnu par l'U. I. C. en 1950 que la signalisation de vitesse est à recommander dans les cas les plus nombreux où elle suffit à donner au mécanicien les indications de direction nécessaires, et que, dans le cas d'une bifurcation comportant deux branches parcourues à la même vitesse, il faut y ajouter une indication de direction.

En outre, dans les grandes gares, il y a intérêt à présenter une indication spéciale pour faire connaître au mécanicien que son train est envoyé sur des voies de caractère particulier (voies de garage).

3. Signalisation d'avenir

En 1951, les Chemins de fer allemands ont posé à l'U. I. C. le problème de l'unification internationale de la signalisation sous le titre « Signalisation d'avenir » et, en 1952, ils ont fait des propositions concrètes de ce qu'ils appelaient une signalisation « idéale ».

Si, comme nous l'avons déjà exposé au début de ces notes, les problèmes d'unification sont bien une des tâches principales des commissions techniques de l'U. I. C., on pouvait se demander si l'intérêt de l'unification de la signalisation, même selon une nouvelle formule avantageuse, sinon idéale à tous points de vue, justifiait les investissements énormes qu'elle devait entraîner.

Les Chemins de fer allemands (Deutsche Bundesbahnen = D. B.) justifiaient leur proposition comme suit :

Le système proposé (voir le tableau comparatif de la signalisation de divers pays et de la proposition allemande) présente des avantages au point de vue de la sécurité par

sa simplicité et par la multiplicité des indications qu'il permet de donner et des avantages économiques par la réduction des frais d'établissement, d'entretien ou de transformation d'installations existantes.

Comme, de l'avis de la D. B., l'évolution politique de ces dernières années laisse espérer la fusion de l'Europe en une fédération d'Etats, un système international de signalisation — s'il existait — permettrait l'interpénétration des circulations ferroviaires aux points frontière sur une grande échelle, d'où un emploi plus rationnel des locomotives et du personnel roulant.

En fait, ces interpénétrations de machines et de personnel roulant se heurtent à des difficultés considérables en dehors des questions de signalisation. Nous n'en citerons que quelques-unes :

Les possibilités de pénétration des locomotives électriques sont limitées en de nombreux points par l'existence de systèmes divers de traction, et il ne semble pas que le cas de trains internationaux Diesel rapides franchissant les frontières sans arrêt puisse être retenu pour le moment.

Les points frontières sont d'ailleurs aménagés pour l'échange des locomotives et du personnel roulant pendant les formalités douanières dont la suppression ne semble pas très prochaine (notons que l'on cherche partout à abrégier le plus possible ces formalités et que de substantiels résultats ont été déjà obtenus en certains points).

Enfin, l'obstacle qui semble le plus sérieux à une extension des interpénétrations réside dans les différences de langues. En admettant que les signalisations soient unifiées, un mécanicien allemand par exemple pourrait conduire un train sur des lignes françaises, mais comment serait-il possible de lui donner les ordres verbaux de toute nature, notamment en cas d'incident ou de détresse, s'il ne connaît pas le français ?

Il apparaît encore que l'unification de la signalisation entraînerait logiquement celle de la réglementation de la sécurité, du moins dans ses articles concernant le personnel des trains.

En plus des difficultés d'ordre technique et linguistique, il y en a encore d'ordre psychologique. Certains pays, comme la France, se sont trouvés devant des difficultés énormes lorsqu'il a fallu modifier, en vue de l'unification, la signalisa-

tion des diverses compagnies existantes avant la nationalisation en une Compagnie nationale des chemins de fer français. Cette normalisation qui s'est faite par phases générales successives a été si délicate et présentait de tels risques de confusion qu'on hésiterait pour ce seul motif déjà à envisager de nouveaux changements dans ce domaine. Suite à ces expériences, la S. N. C. F. a reconnu la grande responsabilité que comporte vis-à-vis des mécaniciens de locomotives tout changement important dans la signalisation.

Si donc un système de signalisation « idéale » peut présenter quelque intérêt pour un réseau dont la signalisation lumineuse est encore inexistante ou très peu développée, et qu'on cherche à améliorer, il ne pourrait en aucun cas, dans les circonstances actuelles, avoir un caractère impératif d'application.

Si cette étude d'une signalisation « idéale » devait être poursuivie par la Sous-commission de signalisation de l'U. I. C. (la proposition allemande donnée dans la dernière colonne de droite du tableau comparatif étant sujette à quelques critiques de principe, elle devrait être réétudiée), ce serait bien la première fois qu'un problème de caractère aussi théorique, c'est-à-dire aussi éloigné du domaine de l'application pratique générale, serait examiné par cette Sous-commission.

4. Augmentation de la capacité des installations de voie dans les gares par l'emploi d'appareils appropriés

Sous ce titre général, la Sous-commission de signalisation s'est attelée à l'étude de toute une série de moyens, d'installations ou d'appareils susceptibles d'assurer cette augmentation de capacité.

Au nombre des appareils d'enclenchement proprement dits permettant dans certaines conditions une meilleure utilisation des installations de voies, on compte le poste « tout relais » qui est en général un poste à leviers d'itinéraires.

Les premiers postes d'enclenchement électriques, et par exemple tous ceux installés dans les grandes gares suisses jusqu'il y a dix ans, étaient des postes avec dépendances mécaniques entre les leviers de signaux et d'aiguilles (fig. 1 et 2). On s'était borné dans la réalisation des postes électriques à imiter le mode de dépendance des postes mécaniques et seul le mode de transmission de l'énergie motrice

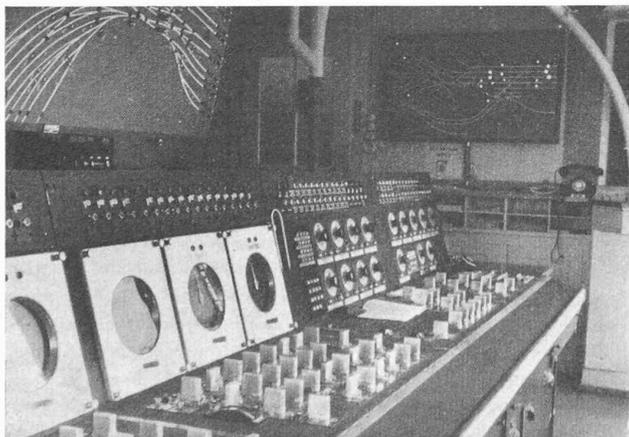


Fig. 1. — Poste directeur et d'aiguillage de la gare de Berne-voyageurs. C'est un poste Siemens-VES électrique, à quatre rangs de leviers installé en 1942, avec grille d'enclenchement mécanique.

Photo C.F.F.

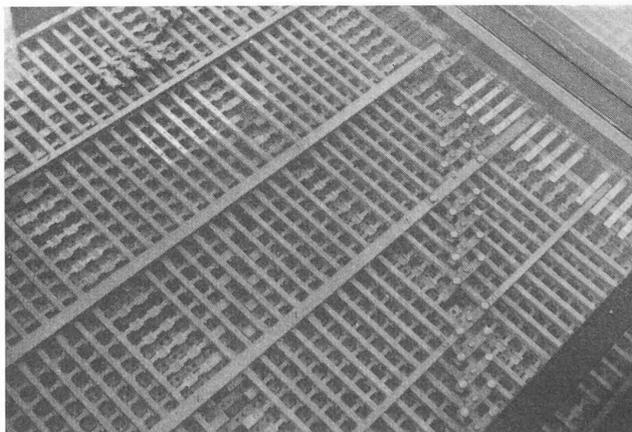


Fig. 2. — Grille d'enclenchement mécanique du poste directeur de Berne-voyageurs. Cette grille contrôle les dépendances nécessaires entre les signaux et les aiguilles et empêche la mise à voie libre d'un signal si toutes les conditions de position d'aiguilles ne sont pas remplies.

Photo C.F.F.

aux signaux et aux aiguilles se faisait par le courant électrique, au lieu de se faire par transmission funiculaire ou par tringle rigide. Ces grilles d'enclenchement mécanique avaient certainement l'avantage de rendre toutes les dépendances visibles et palpables, mais dans les grands appareils elles devenaient terriblement encombrantes, et étaient d'un coût élevé.

Une évolution toute naturelle fit remplacer ces dépendances mécaniques par des dépendances électriques réalisées au moyen de contacts de commutateurs ou de relais. Cela nécessitait une confiance accrue dans le bon fonctionnement de ces organes sur lesquels reposait dorénavant toute la sécurité de l'installation et, dans certaines conditions, le contrôle d'attraction ou de chute des relais.

On commença toutefois par maintenir un électro-verrou sur les leviers des signaux, bloquant leur manœuvre lorsque toutes les conditions électriques n'étaient pas remplies pour l'ouverture d'un signal. Bientôt, on supprima même cet organe et on obtint le *poste tout relais à leviers libres* dans lequel une touche ou un levier de commande peut toujours être actionné, mais où cette action reste sans effet si les conditions nécessaires ne sont pas remplies.

Le grand avantage des postes à leviers libres (ce sont toujours des postes tout relais), c'est qu'ils ne comportent plus que des relais, des leviers ou des boutons, c'est-à-dire des appareils de signalisation de type courant, facilement fabriqués par les maisons spécialisées. On évite ainsi l'emploi de verrous électriques ou d'appareils de construction délicate comme les grilles d'enclenchement mécanique qui posaient aux constructeurs des problèmes ardues lorsque l'on voulait réaliser des appareils de faible encombrement.

Un type de poste « tout relais », objet d'une étude particulière par la Sous-commission de signalisation, est le poste à leviers d'itinéraires qui en est la forme la plus moderne.

5. Postes à leviers d'itinéraires

La différence entre le poste à *leviers individuels*, qui est le seul type de poste installé en Suisse à ce jour à une exception près, et le poste à *leviers d'itinéraires* est la suivante :

Dans le *poste à leviers individuels*, la manœuvre d'une aiguille est dépendante d'un levier propre à chacune d'elle. Lors de la mise à voie libre d'un signal pour un parcours de train, le levier de commande du signal ne peut être manœuvré que si tous les leviers d'aiguilles ont été préalablement mis dans la position nécessitée par le parcours.

Dans le *poste à leviers d'itinéraires*, la manœuvre des aiguilles n'est plus dépendante de leviers individuels qui sont supprimés, mais, lors de l'établissement d'un parcours de train ou de manœuvre appelé « itinéraire », les aiguilles intéressées se mettent automatiquement dans la position imposée par celui-ci.

La position des aiguilles ne dépend donc que de la manœuvre des leviers d'itinéraires qui actionnent également l'ouverture des signaux.

Cette question des postes à leviers d'itinéraires fut particulièrement examinée en 1951 par la Sous-commission de signalisation, et nous donnons ci-après un examen de quelques-uns des avantages de ces postes :

A nombre d'aiguilles égal, le nombre des leviers (ou des touches ou boutons) est plus réduit que dans les postes à leviers individuels, ce qui permet de réaliser des postes moins encombrants. Il en résulte une plus grande rapidité dans la préparation des mouvements et par conséquent une augmentation de la capacité de débit des installations de voie et la possibilité d'étendre considérablement la zone d'action des

postes susceptibles d'être commandés par un seul aiguilleur. De ce fait, l'exploitation des grandes gares peut être assurée par un nombre très réduit de postes, voire par un seul poste central ; la réduction du nombre de postes d'une même gare constitue un facteur supplémentaire d'accélération des opérations et d'accroissement du débit, non seulement parce que chacune de ces opérations nécessite un temps très court, mais parce que la coordination générale de la circulation est facilitée. Les opérations d'entente entre aiguilleurs, où les instructions à donner se trouvent ainsi réduites, voire même totalement éliminées dans le cas du poste central unique.

Avec les postes à leviers d'itinéraires, lorsque l'exécution des manœuvres s'effectue après ouverture des signaux, les garanties de sécurité réalisées sont les mêmes que pour la circulation des trains.

L'expérience montre que les postes à leviers d'itinéraires ne présentent pas de difficultés particulières pour la manœuvre individuelle des aiguilles qui n'est effectuée qu'exceptionnellement (manœuvre pour vérification, graissage, enneigement, etc.) et peut toujours être réalisée par la commande d'un itinéraire dont le signal est maintenu fermé. Dans certains cas, cette manœuvre d'aiguille peut se faire au moyen de leviers individuels de secours qui ne sont utilisés qu'occasionnellement et munis d'un plomb.

Quoique les dérangements aux installations d'un poste à leviers d'itinéraires rendent la tâche de l'aiguilleur plus délicate que dans le cas d'un poste à leviers individuels, cet inconvénient s'est révélé peu important en raison des rares incidents qui se produisent dans les postes à leviers libres, et des dispositions prises pour réduire le temps de relève des dérangements, comme par exemple l'emploi de matériel normalisé muni de connecteurs et facilement interchangeable, qui permettent de remédier rapidement aux dérangements.

Ajoutons pour terminer que les indications lumineuses données à l'aiguilleur, sans être aussi impératives qu'un enclenchement mécanique, suffisent en général à empêcher les fausses manœuvres, d'ailleurs toujours sans conséquences pour la sécurité.

6. Commande centralisée et banalisation

On appelle commande centralisée du trafic la télécommande depuis un poste principal (en général d'une grande gare) de toutes les gares, stations et bifurcations d'une ligne.

Au départ d'un centre important, cette commande centralisée peut être liée à un système de banalisation des voies, c'est-à-dire que le régulateur (dispatcher) qui a en main la responsabilité de la circulation de toute la ligne et les commandes nécessaires, peut à volonté faire circuler les trains dans un sens ou dans l'autre sur les voies parallèles d'un même tronçon de ligne.

Les problèmes posés par la commande centralisée et la banalisation sont si vastes qu'à côté de la Sous-commission de signalisation chargée d'étudier ses aspects techniques, une sous-commission spéciale, présidée par la France et formée de représentants des services de l'exploitation, eut pour mission d'étudier les conditions économiques et de circulation justifiant l'application de cette commande à certaines sections de ligne principales, et de préciser les éléments de calcul de la rentabilité de l'opération. Ces études se firent en 1951 et 1952.

Il fut reconnu que les avantages de la commande centralisée résident essentiellement dans les économies de personnel et les améliorations de trafic dues à la souplesse qu'assure l'installation, qui permet l'intervention immédiate du régulateur dans la circulation. Elle supprime en outre toute interprétation erronée des ordres.

L'augmentation de la capacité d'une ligne à double voie est particulièrement marquée lorsque la commande centralisée comprend également la banalisation des voies, mais cet avantage n'apparaît qu'à partir d'un niveau minimum de trafic, et disparaît au-delà d'un niveau maximum. Il faut en outre un certain déséquilibre des circulations pour permettre de faire rouler des trains, ou des groupes de trains dans un sens, pendant les creux de circulation de l'autre sens (le trafic de banlieue en est un exemple typique : les voyageurs se rendent en ville le matin ou à 14 heures et en repartent à midi ou le soir).

Sur les lignes parcourues simultanément par des trains voyageurs et marchandises présentant des écarts importants de vitesse, la banalisation réduit les difficultés de circulation en permettant le dépassement de trains de même sens sans provoquer, dans les cas favorables, l'arrêt d'aucun des deux trains. C'est ce qu'on appelle le « garage actif d'un train », opération qui se passe journellement sur le tronçon de la ligne Dijon-Paris équipée en commande centralisée au départ de Dijon sur 26 km : par suite de fortes rampes, les trains de marchandises lourds et lents sont dépassés en pleine voie par les trains-voyageurs rapides sans qu'il y ait arrêt d'aucun d'eux.

La souplesse procurée par la banalisation facilite l'exploitation des lignes sujettes à des irrégularités de circulation ou à des retards de trains fréquents.

Il est établi que les dépenses d'installation de la commande centralisée n'excèdent pas le triple du coût du block automatique et que ce coût est toujours très inférieur au prix d'établissement d'une nouvelle voie.

La banalisation avec commande centralisée permet encore des économies d'énergie de traction par diminution du nombre des arrêts ou des ralentissements, des économies d'heures-train et de tout le personnel que cela comporte, et enfin des économies d'aiguilleurs et de personnel desservant les postes intermédiaires.

Remarquons que la commande centralisée n'apporte que peu d'avantages de circulation aux lignes à simple voie équipée d'installations de sécurité modernes et munies de block, comme c'est en général le cas des lignes suisses.

Au point de vue technique, la commande centralisée implique obligatoirement l'installation du contrôle automatique de l'occupation des voies, et le block automatique. Elle exige un fonctionnement irréprochable des appareils, et un passage rapide des ordres de commande et des indications de contrôle qui sont en général transmis pour tout un tronçon de ligne par un système à courants codés n'utilisant que deux fils.

Contrairement à ce qui existe aux U. S. A., la commande centralisée est encore très peu répandue en Europe, ce qui est une conséquence de conditions d'exploitation très différentes. La commande centralisée de points de croisement de lignes à simple voie situés dans des régions désertiques permet en Amérique des économies intéressantes de personnel. En Europe, où les gares doivent être de toute manière desservies pour le service des billets et des bagages, les cas où l'emploi de la commande centralisée est rentable sont beaucoup plus restreints, et ils se ramènent en général à des lignes où la banalisation est devenue indispensable pour l'acheminement du trafic.

Les Chemins de fer allemands ont toutefois en construction une installation de commande centralisée sur 90 km de voie entre Nuremberg et Regensburg, sans banalisation, et ceci en vue de réduction de personnel, les gares n'étant à l'avenir pas desservies, ou l'étant d'une manière restreinte

pour de nombreux trains. Il sera très intéressant de connaître les expériences faites sur cette ligne où la nouvelle installation sera mise en service cet automne.

* * *

En complément des notations précédentes concernant les postes « tout relais », à leviers libres, et à leviers d'itinéraires, il est peut-être intéressant de donner un rapide aperçu de deux installations de ce type parmi les plus modernes mises en service ce printemps en Suisse.

II. Installations suisses de postes « tout relais » à leviers libres

Les avantages des postes « tout relais » à leviers libres sont indiqués sous chiffre 4. Les deux installations les plus récentes de ce type réalisées en Suisse sont celles du Locle-Ville et de Genève-Cornavin, Poste I. Les postes de ces deux gares se présentent sous la forme d'un pupitre avec disposition géographique des organes de commande et de contrôle, qui donne toujours au personnel qui les dessert une sûreté de manœuvre supérieure à celle de poste à leviers placés en rang et distincts du tableau de contrôle optique.

Des deux installations précitées, seule celle de Genève-Cornavin est à leviers d'itinéraires : c'est d'ailleurs la première en Suisse, la prochaine de ce type qui sera mise en service dans le courant de 1953 sera celle de Lausanne-Sébeillon.

Installation d'enclenchement du Locle-Ville

Un des avantages des postes « tout relais » est de permettre de disposer l'appareil de commande indépendamment de l'appareillage et des relais, et de ne pas encombrer les locaux utilisés par le personnel exploitant.

Le pupitre géographique de commande se trouve dans la cabine du bureau de gare placée sur le quai I de la gare du Locle-Ville, alors que tout l'appareillage, les relais et les



Fig. 3. — Le Locle-Ville : Pupitre de commande Hasler et bureau de gare.

Photo Hasler.

installations d'alimentation se trouvent dans un local sis immédiatement au-dessous du pupitre, à l'étage inférieur du bâtiment-voyageurs.

Ce pupitre de formes élégantes et d'encombrement réduit comprend une platine principale avec le tracé des voies et les touches et commutateurs nécessaires pour le service de l'appareil, et une platine secondaire, plus petite, disposée à l'arrière-plan et sur laquelle sont placées les touches de secours et les voltmètres et ampèremètres de contrôle. Cette disposition présente de grands avantages au point de vue de la clarté de la manipulation de l'appareil. Sur le devant du pupitre se trouve l'horaire graphique.

Tous les fusibles des circuits de contrôle et d'asservissement sont accessibles au dos du pupitre.

Les figures 3 et 4 montrent les touches de commande des aiguilles et des parcours (il s'agit là d'un appareil à touches individuelles d'aiguilles et non pas à touches d'itinéraires) réparties géographiquement sur le tableau des voies. Pour établir un parcours de train, il faut presser l'une des touches du parcours choisi (il y en a quatre bien visibles) et manœu-

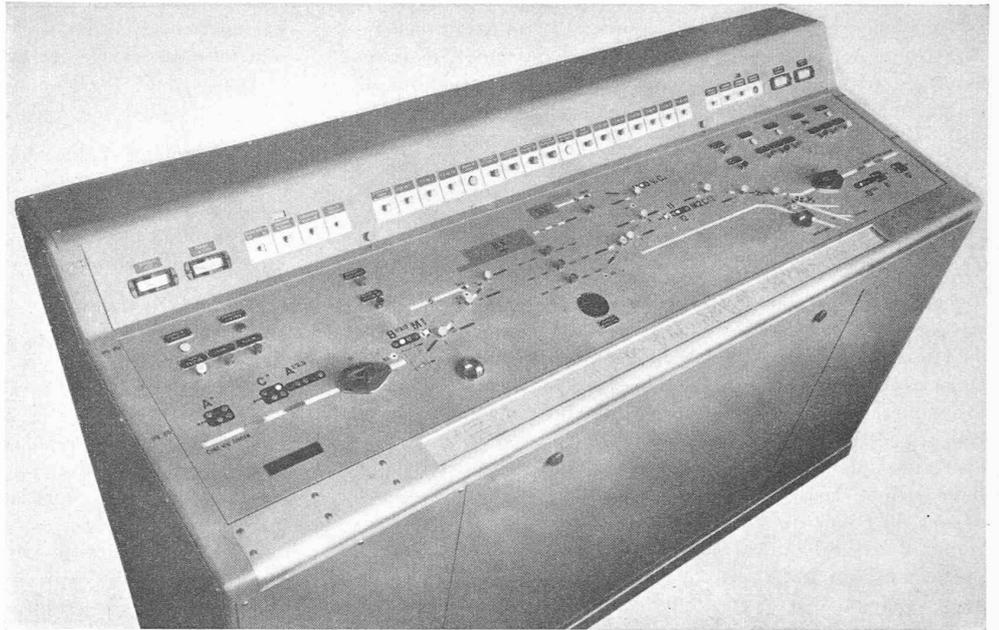


Fig. 4. — Le Locle-Ville : Vue de détail des platines du pupitre de commande système Hasler. Photo Hasler.

vrer simultanément le commutateur du signal de la direction choisie, placé sur la voie d'entrée. Les aiguilles doivent toutefois avoir été préalablement mises dans la position nécessitée par le parcours. Une flèche lumineuse verte indique sur quelle voie un parcours a été établi.

Avec les postes « tout relais », certaines précautions doivent être prises, pour qu'une fois le parcours établi, une impulsion intempestive ne provoque pas sa destruction ou libération prématurée avec pour conséquence la libération des aiguilles intéressées qui pourraient alors être manœuvrées prématurément sous un train ou devant celui-ci.

Ces précautions sont de diverse nature : les relais de parcours sont des relais spéciaux généralement doubles et appelés relais basculeurs ou relais de soutien. Ces relais à deux enroulements restent immobilisés dans la dernière position com-

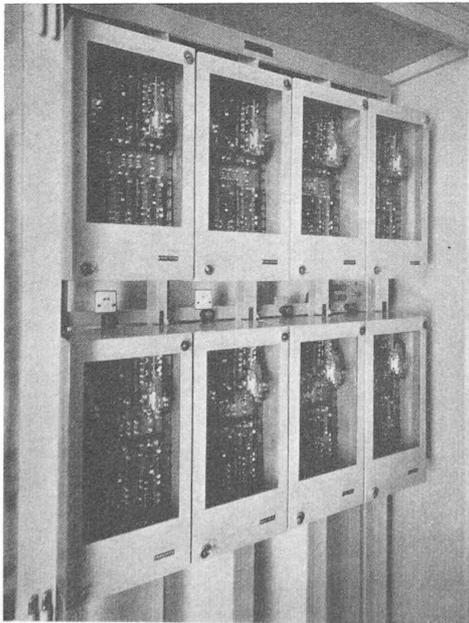


Fig. 5. — Le Locle-Ville : Appareillage de commande des aiguilles sous capot et avec connecteurs en assurant une rapide interchangeabilité. Photo Hasler.

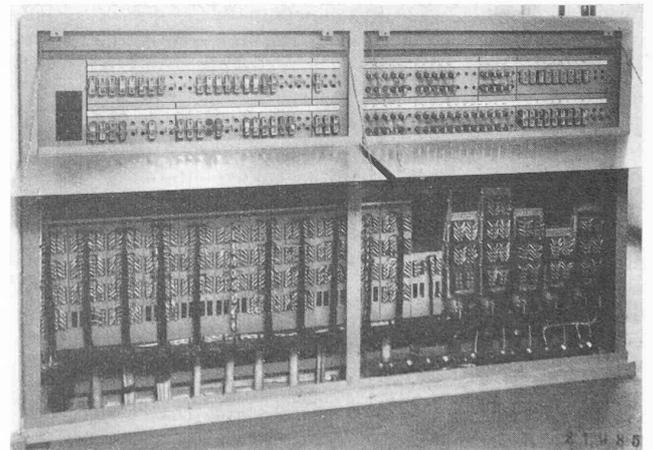


Fig. 6. — Le Locle-Ville : Vue de dos du pupitre de commande. Dans la partie supérieure, les fusibles de contrôle et des circuits d'asservissement et, en dessous, les boîtes des câbles-rapport descendant au local à relais. Photo Hasler.

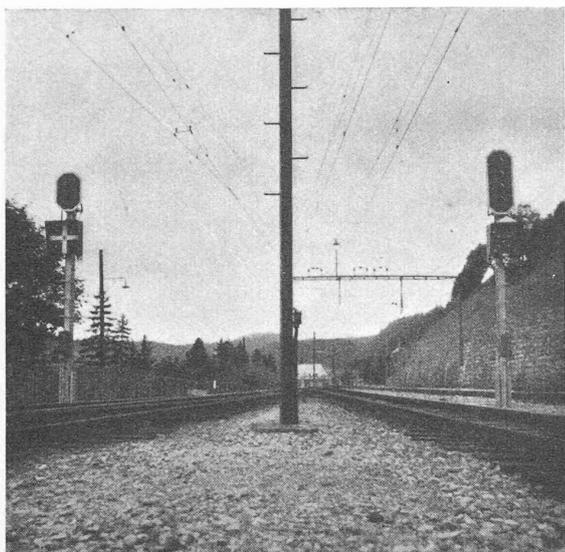


Fig. 7. — Le Locle-Ville: Signaux de sortie au Locle-Col et signaux de manœuvre.

Photo Hasler

mandée et seule une impulsion sur la deuxième bobine permet un changement de position, pour autant que le circuit de la première bobine ait été coupé. La répartition des fusibles des circuits principaux est choisie de telle manière que les circuits qui sont en interdépendance soient alimentés par le même fusible. Enfin, la position de travail des relais (relais attiré) est choisie de telle manière que la chute de ceux-ci agisse dans le sens de la sécurité.

Toute une série de relais travaillent en chaîne et le contrôle de chute ou d'attraction des relais introduit dans les circuits assure les sécurités impératives que doivent donner ces installations.

Pour manœuvrer une aiguille, il suffit de presser la touche individuelle de l'aiguille conjointement avec la touche commune de commande des aiguilles placée au centre du pupitre de commande, sous le tracé des voies.

Cette double commande a pour but d'empêcher la manœuvre intempestive d'une aiguille par suite d'une simple pression sur une touche. La position des aiguilles est répétée sur le tracé des voies par des traits lumineux, blancs lorsque l'aiguille est libre de tout véhicule, et rouges lorsqu'elle est occupée. Le trait de répétition blanc ou rouge ne s'efface que pendant la manœuvre de l'aiguille durant laquelle le contrôle de concordance est absent.

Le schéma de commande et de contrôle des aiguilles électriques est particulièrement important et délicat, une fausse position d'aiguille pouvant avoir des conséquences telles qu'elle doit être rendue impossible. La commande des aiguilles se fait par un schéma à 4 fils avec courant de manœuvre du moteur monophasé $16 \frac{2}{3}$ périodes/sec, 220 volts, et courant de contrôle continu à 36 volts, comme tous les circuits d'asservissement du poste.

Les conditions très nombreuses et très sévères auxquelles est soumis le schéma de commande d'aiguille en font un dispositif relativement complexe. Il est monté dans un boîtier fermé et plombé, muni de connecteurs et rendu ainsi facilement interchangeable. La figure 5 montre huit jeux de relais de commande d'aiguille montés sur leur cadre de support et de connexion.

Toute la gare est isolée et munie de circuits de voie et l'occupation de ceux-ci est répétée sur le tracé des voies du

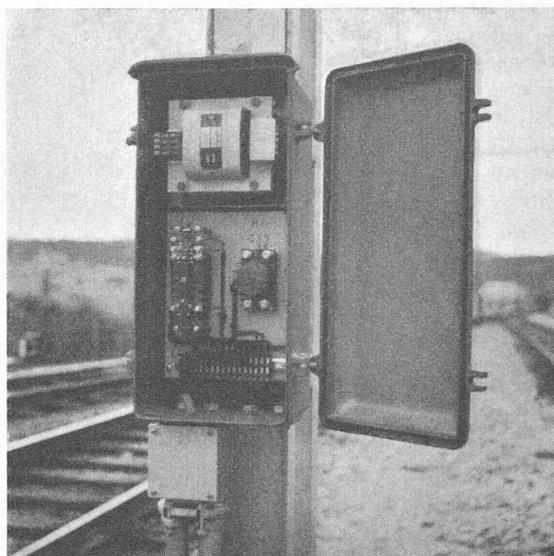


Fig. 8. — Le Locle-Ville: Boîte contenant les transformateurs d'un signal et le relais agissant sur le dispositif d'arrêt automatique des trains.

Photo Hasler

pupitre par un trait lumineux rouge, comme pour les aiguilles occupées.

Lorsqu'une aiguille est enclenchée par un parcours, ou immobilisée, sa touche de commande en plexiglas s'illumine indiquant que toute action sur cette touche reste sans effet.

Les cadres à relais et le cadre d'alimentation sont installés dans un local spécial au sous-sol, et reliés au moyen de câbles-rapport à gaine de plomb non armée au pupitre de commande. Les câbles sous gaines de plomb armées qui sont reliés aux installations en campagne sont montés directement sur les cadres à relais réduisant ainsi au minimum le nombre des relations à effectuer lors du montage de l'installation.

Tous les signaux principaux et de manœuvre sont du type lumineux.

La batterie de 12 volts alimentant les circuits de voie et celles de 36 volts sont installées à côté du local à relais. L'alimentation en tampon de ces batteries est munie du réglage statique automatique qui permet, en dépit de varia-

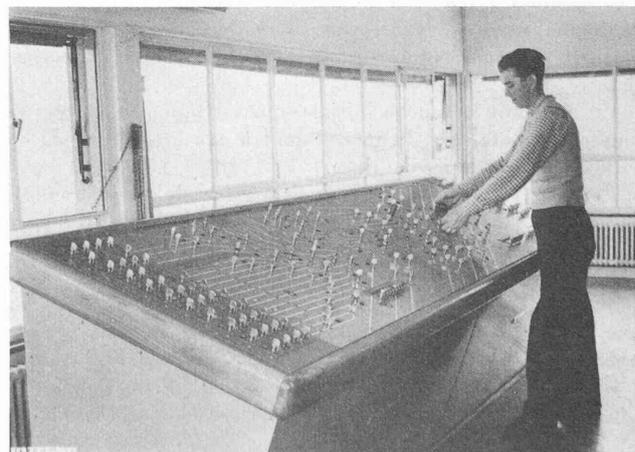


Fig. 9. — Genève-Cornavin, Poste I: Pupitre de commande Integra à leviers d'itinéraires.

Photo Integra.

tions assez importantes du débit d'emploi, d'assurer une tension très stable. Les expériences déjà faites avec ce système de réglage ont montré qu'il procure une diminution assez sensible des frais d'entretien des batteries.

L'ensemble des installations en cabine et en campagne de la gare du Locle-Ville ont été livrées par la maison Hasler S.A., à Berne.

Poste à leviers d'itinéraires de Genève-Cornavin

Le Poste I de Genève-Cornavin, placé au centre de gravité des voies marchandises et en bordure des voies directes de circulation Genève-Lausanne, joue un rôle important par la multiplicité des tâches auxquelles il doit faire face, et, comme déjà dit, cette installation est la première à leviers d'itinéraires exécutée en Suisse.

Le tracé des voies et des branchements figure schématiquement sur le pupitre, et les organes de commande des itinéraires, des signaux et leur répétition optique y sont disposés géographiquement.

Les itinéraires ou parcours de manœuvre ou de train établis par l'aiguilleur apparaissent selon un tracé lumineux de couleur blanche.

Seuls les itinéraires établis sont apparents, mais comme l'aiguilleur doit pouvoir contrôler en tout temps si les voies isolées et munies de circuits de voie sont occupées ou libres, celles-ci sont signalées par un tracé lumineux rouge dès qu'un véhicule les occupe, qu'un itinéraire soit établi ou non.

Pour établir un itinéraire, l'aiguilleur doit presser simultanément sur la touche initiale placée au début et sur la touche finale placée à l'autre extrémité de l'itinéraire choisi. Les aiguilles intéressées se mettent automatiquement dans la bonne position et dès que cette dernière condition est réalisée, le tracé lumineux de l'itinéraire apparaît sur le pupitre.

En tournant la touche initiale, qui est munie d'une petite palette, dans le sens du mouvement à exécuter, le signal de l'itinéraire se met à voie libre.

Pour détruire ou effacer un itinéraire de manœuvre, il suffit de remettre le signal à l'arrêt en remettant en premier lieu la touche initiale en position normale, et de presser à nouveau sur les deux touches d'extrémité de l'itinéraire. Lorsqu'un itinéraire est établi pour un parcours de train, et que par conséquent un signal principal a été mis à voie libre, l'itinéraire ne peut être détruit qu'après que le train a franchi et dégagé certaines zones de fin d'itinéraire. Des touches de secours plombées permettent une libération en cas de nécessité.

L'installation permet d'établir 92 itinéraires de trains et 267 itinéraires de manœuvre; elle commande 84 aiguilles et 102 signaux de manœuvre ou principaux. 850 lampes

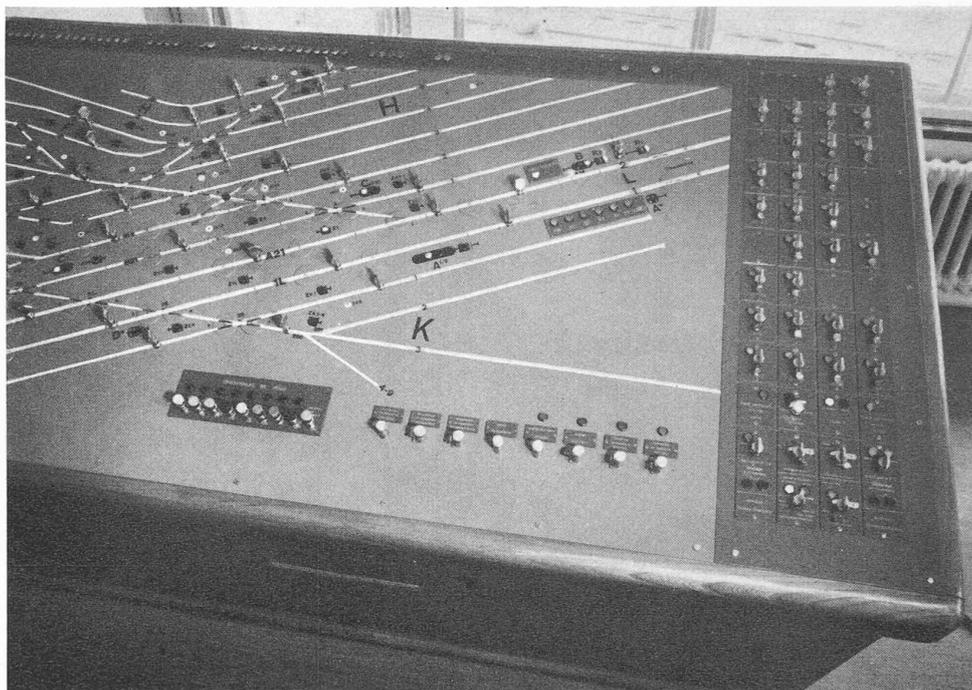


Fig. 10. — Genève-Cornavin, Poste I: Vue de détail du pupitre de commande Integra. On voit à droite du pupitre une partie des leviers individuels de secours de commande des aiguilles. Ces leviers sont plombés.

Photo Integra

mignatures sont disposées dans le pupitre de commande pour donner à l'aiguilleur les répétitions et les indications optiques nécessaires.

Ce poste étant aussi du type « tout relais » à leviers libres, dans l'ensemble les mêmes mesures de sécurité spéciales décrites précédemment pour l'installation du Locle-Ville lui



Fig. 11. — Genève-Cornavin, Poste I: Vue du local à relais. On voit à droite, au premier plan, des jeux de relais de commande d'aiguille, à connecteurs.

Photo Integra.

sont appliquées. Les jeux de commande d'aiguilles sont également capotés et munis de connecteurs.

Aux extrémités gauche et droite du pupitre sont disposés de petits leviers individuels de secours pour la commande des aiguilles. Ces leviers sont plombés et ne doivent être employés qu'en cas de dérangement aux itinéraires.

Le voyant lumineux blanc placé au-dessus des leviers individuels de secours des aiguilles s'allume au poste dès qu'une aiguille ne se trouve pas dans la position correcte. Une sonnerie de discordance tinte lors de chaque allumage d'un voyant d'aiguille.

Le distancement des trains entre Genève-Cornavin et Chambésy est assuré par un block automatique à circuits de voie qui dispense la gare de Genève du souci du distancement des trains sur ce tronçon.

Un dispositif d'entente par demandeur de voie à cadran est installé et assure la transmission au poste des demandes des chefs de manœuvre chargés du triage des compositions de trains qui, en règle générale, connaissent seuls la voie de destination des wagons. Ces demandes apparaissent sur un tableau en chiffres lumineux.

Plus de 3000 relais totalisant environ 30 000 contacts assurent le fonctionnement de l'installation. Les transformateur et redresseur d'alimentation sont également disposés dans le local à relais.

Un réseau de câbles souterrains assure les liaisons entre le poste et les installations en campagne. Des distributeurs répartis dans les faisceaux de voie permettent la ramification de ce réseau de câbles d'une manière rationnelle. Une chambre des câbles est aménagée à l'étage inférieur du poste d'enclenchement.

Tous les signaux principaux et de manœuvre sont des signaux lumineux. Les itinéraires de manœuvre sont commandés par de petits signaux à trois lanternes disposés en triangle et appelés signaux nains. Ceux-ci ont l'avantage d'être aisément placés dans les entre-voies souvent étroites des grandes gares, et leur emploi est en cours de généralisation dans plusieurs pays. Deux feux horizontaux indiquent l'arrêt, deux feux obliques l'ordre d'avancer avec la réserve que le signal nain suivant est à l'interdiction. Enfin, deux

feux verticaux donnent aussi l'ordre d'avancer avec l'indication que le signal suivant est en position de manœuvre autorisée.

Genève est la première gare suisse où l'on ait fait un emploi massif de ces signaux. Ils permettent, en liaison avec un appareil à leviers d'itinéraires, de supprimer totalement les lanternes de position d'aiguille.

Le nouveau poste à leviers d'itinéraires de Genève-Cornavin a réalisé les avantages escomptés et cette première adaptation suisse d'un principe appliqué depuis longtemps à l'étranger sur une certaine échelle est intéressante, en raison des expériences qu'elle permet de faire avec nos méthodes d'exploitation.

Le pupitre de commande, les relais et les signaux ont été livrés par la maison Integra, à Wallisellen, les dispositifs d'entente par la maison Gfeller, à Berne, et les coffrets de commande d'aiguille par la firme Siemens VES, à Berlin.

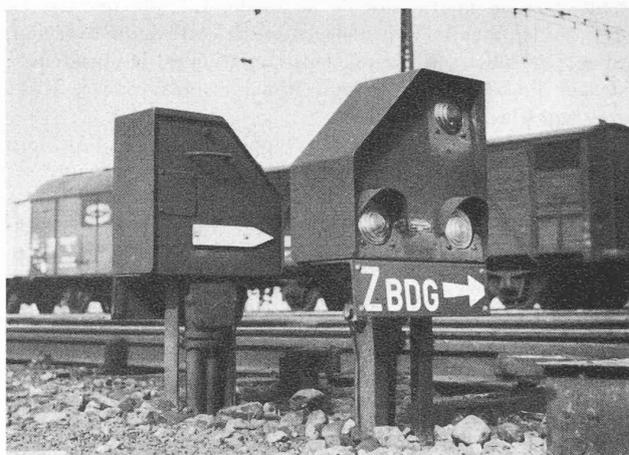


Fig. 12. — Genève-Cornavin, Poste I : Vue de deux signaux de manœuvre, appelés signaux « nains » en raison de leur taille qui permet de les placer facilement dans le profil d'espace libre souvent restreint des grandes gares. La flèche indique la voie à laquelle ils s'adressent.

Photo Integra.

DIVERS

Les mouvements d'énergie électrique à travers les frontières des pays européens

La Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE) vient de publier à Genève la première étude importante qui ait été faite sur les possibilités d'échanges internationaux d'énergie électrique. Cette étude s'appuie sur une analyse des ressources en houille blanche et en combustibles solides qui sont encore inexploitées et qui pourraient être utilisées pour la production d'électricité dans l'ensemble de l'Europe¹.

Les conclusions principales de l'étude

Les conclusions de l'étude de la CEE consacrée aux possibilités de mouvements internationaux d'énergie électrique

¹ « Les mouvements d'énergie électrique à travers les frontières des pays européens ». Deux autres études sont également publiées : « Perspectives offertes par le progrès technique dans la production de l'énergie électrique » et « Quelques aspects techniques du transport de l'énergie électrique ». On peut se procurer ces études auprès de la Section de l'énergie électrique de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies, à Genève, qui en possède un nombre très restreint d'exemplaires. Une autre étude consacrée aux « Tendances de la consommation d'énergie électrique dans les pays européens » sera publiée ultérieurement.

sont formulées dans deux rubriques principales, l'une traite des « fournitures garanties », c'est-à-dire d'importantes exportations régulières d'énergie d'un pays ayant un excédent considérable de ressources naturelles hydrauliques ou en combustibles solides ; l'autre traite des « échanges » occasionnels entre deux pays qui permettent l'utilisation d'une production excédentaire disponible dans un des deux pays. Les « conclusions » de l'étude sont citées ci-après presque in extenso.

Des exportations garanties d'énergie hydro-électrique sont-elles possibles ?

a) *Norvège.* Le potentiel économique de ce pays, qui est d'environ 30 000 kW par an et par habitant — si l'on se base sur la population de 1950 — est actuellement à peine utilisé à concurrence d'un cinquième.

La Norvège se présente donc comme étant un des rares pays qui pourrait garantir des exportations systématiques pour une vingtaine d'années sans que son alimentation propre ait à en souffrir.

Certes, sa situation géographique ainsi que la localisation à l'ouest des principaux bassins restant à équiper, limitent quelque peu ces possibilités. Plusieurs solutions semblent cependant s'offrir.