

Revue générale des chemins de fer (1924)

I Revue générale des chemins de fer (1924). 1932/06.

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.

LA SÉCURITÉ DES VOYAGEURS

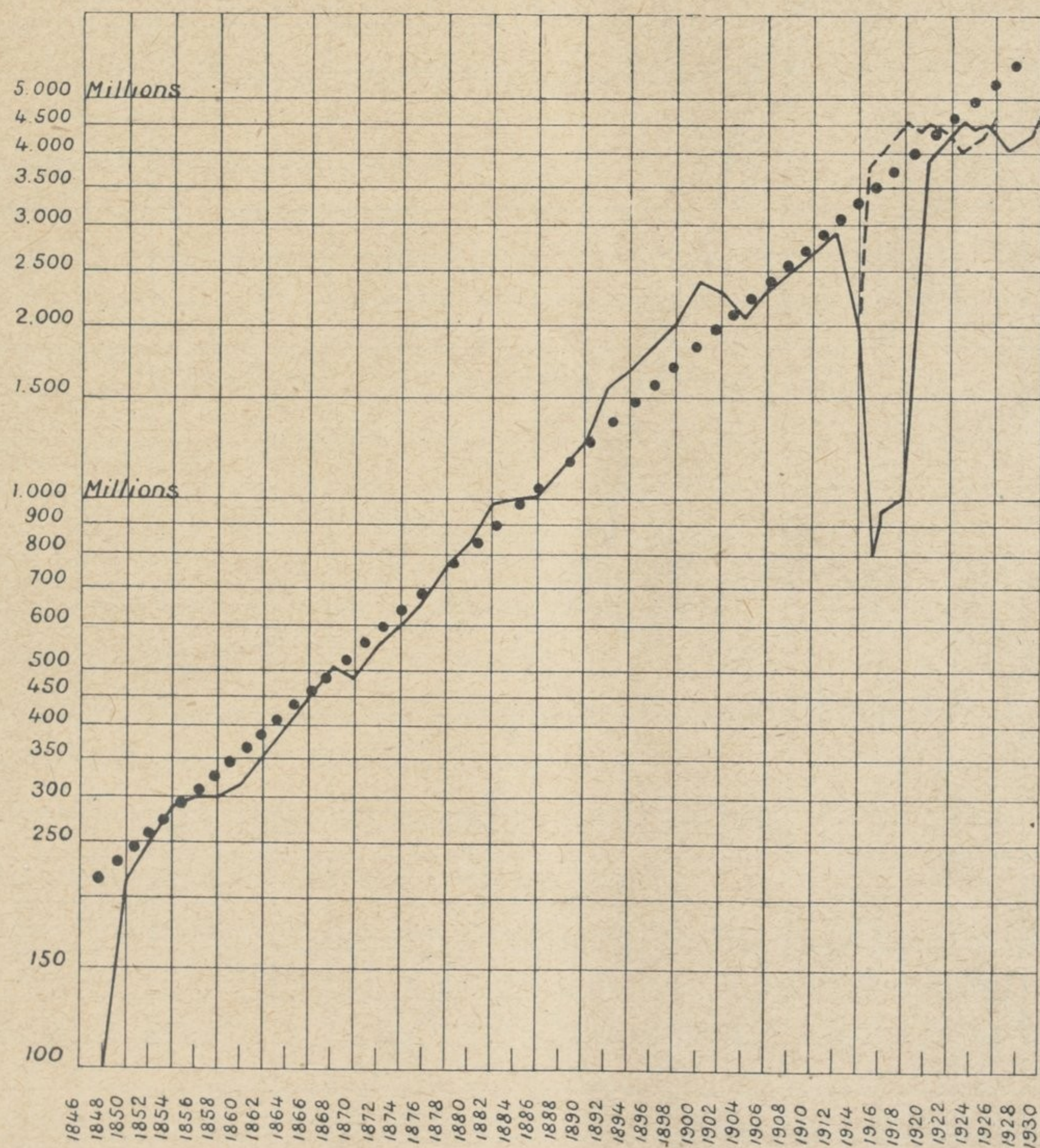
EN CHEMIN DE FER ⁽¹⁾

Par M. Robert LE BESNERAIS,

INGÉNIEUR EN CHEF ADJOINT DE L'EXPLOITATION DU CHEMIN DE FER DU NORD.

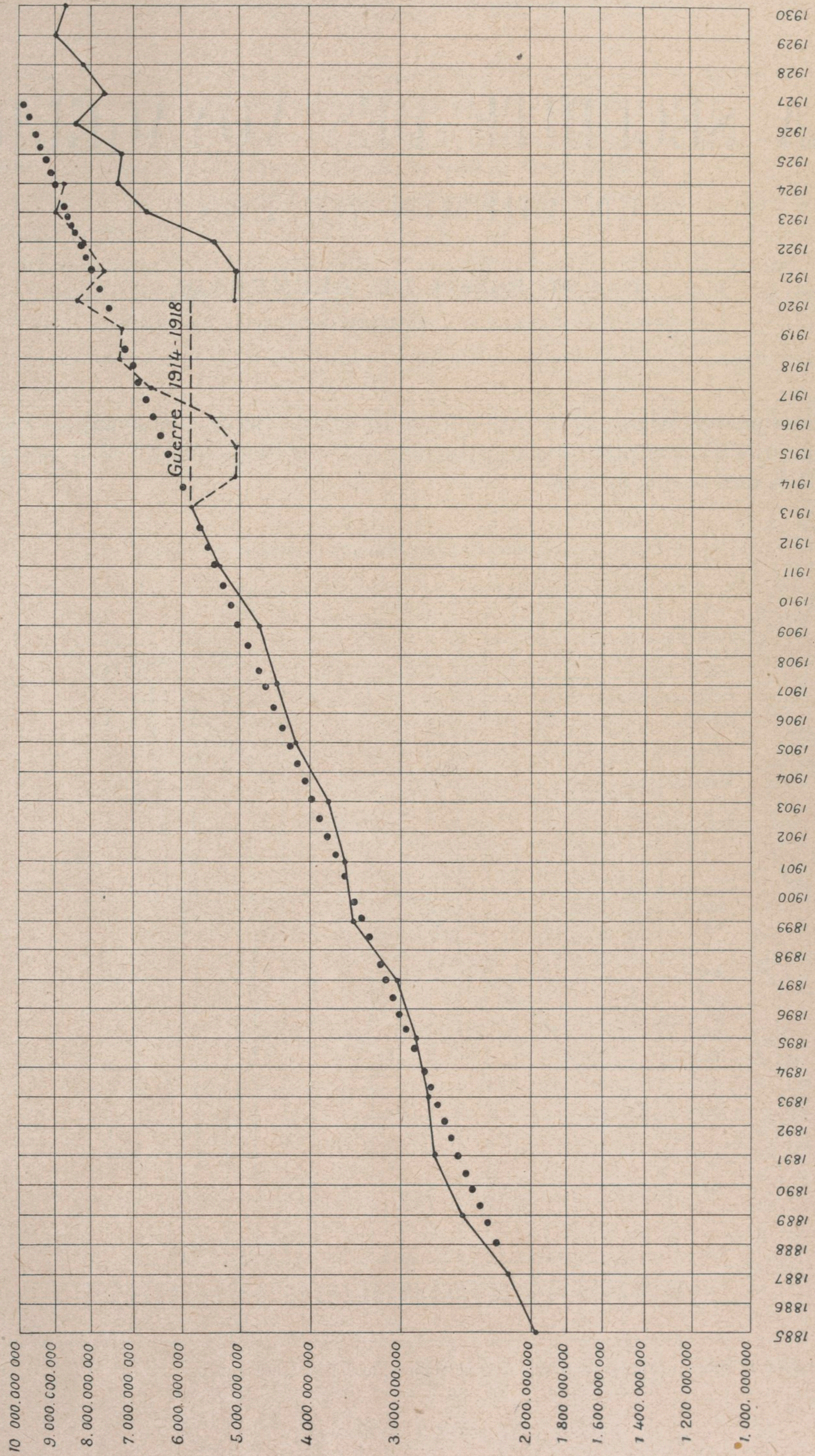
Ce n'est pas une originalité de parler, à l'heure actuelle du chemin de fer, car c'est l'une des industries dont on parle le plus, mais rarement avec bienveillance : or, je vais avoir la témérité de vous en dire du bien.

Fig. 1. — VOYAGEURS-KILOMÈTRES SUR LE RÉSEAU DU NORD.



(1) Conférence faite au Conservatoire des Arts et Métiers, le 6 Décembre 1931.

Fig. 2. — TONNAGE KILOMÉTRIQUE SUR LE RÉSEAU DU NORD.



Quand on dresse le bilan de son exploitation on oublie, en effet, complaisamment les postes de son actif et c'est de l'un de ceux-ci que je voudrais vous entretenir aujourd'hui : la sécurité considérable qu'il offre pour le transport des voyageurs.

Pour montrer l'importance de ce problème, comparons le monde ancien au monde moderne : l'une des différences essentielles n'est-elle pas le *développement des moyens de transport*.

Le progrès *économique* a eu pour base l'amélioration de la production par sa spécialisation et sa concentration, son corollaire immédiat a été la nécessité de nombreux échanges, dont les moyens de transport sont l'outil.

Le progrès *social* tend, de son côté, à éloigner le logement du lieu de travail, à permettre à tout travailleur de profiter de ses loisirs pour sortir des lieux où il vit habituellement : pour aller à son travail, comme pour aller à son repos, chacun a besoin des moyens de transport.

Le graphique de la figure 1 montre la régularité de cet accroissement : Ici, pour les voyageurs comme pour tous les trafics, il se caractérise par une augmentation annuelle dont la proportion reste constante : c'est une formule analogue à celle de l'accroissement d'une somme placée à intérêts composés, et qui se traduit sur le graphique, étant donné l'échelle adoptée ⁽¹⁾, par une droite, tracée en ponctué, qui représente très exactement l'allure moyenne du phénomène, compte tenu des anomalies que présentent naturellement certaines années et annulation faite du retard dû à la guerre. Pour annuler ce retard, j'ai tracé en tireté la courbe d'après guerre décalée de six ans vers la gauche.

Voyageurs sur le Réseau du Nord (Fig. 1).

Pointes aux années d'exposition.

Chute considérable pendant la guerre.

L'accroissement moyen est de 4 % par an.

Marchandises sur le Réseau du Nord (Fig. 2).

Chute pendant la guerre.

Accroissement pendant la reconstitution.

Retour actuel à l'allure normale, 1931 devant cependant marquer un fléchissement au-dessous de cette allure, comme l'ont déjà fait les années 1897, 1903.

L'accroissement moyen est de 3 % par an.

Le phénomène est analogue pour les voyageurs *traversant le détroit* (Fig. 3).

L'accroissement moyen est de 3 % par an.

Les transports par avion, enfin, obéissent à la même loi (Fig. 4).

Voici les chiffres au départ du Bourget, depuis 1920 :

Pour satisfaire à ces besoins, toujours croissants, les moyens de transport doivent, suivant les cas, présenter des qualités diverses dont certaines parfois en partie contradictoires : l'*économie* n'est pas toujours compatible avec la *vitesse* ; la *puissance* a comme rançon le manque de *souplesse*.

A vouloir, comme le chemin de fer, être un moyen de transport *public et commun*, acceptant

(1) Échelle logarithmique.

Fig. 4. — MOUVEMENT DU PORT AÉRIEN DU BOURGET-DUGNY.

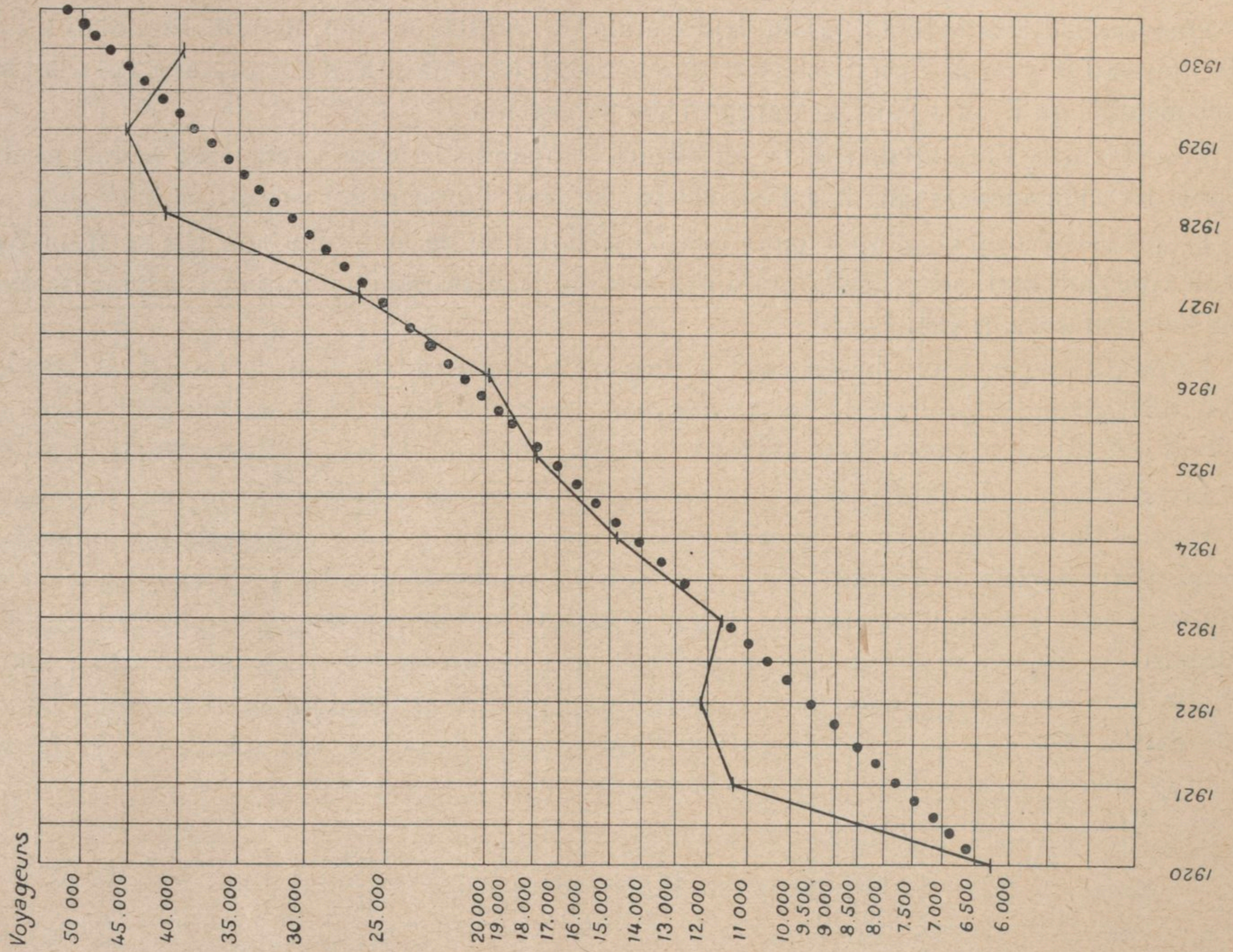
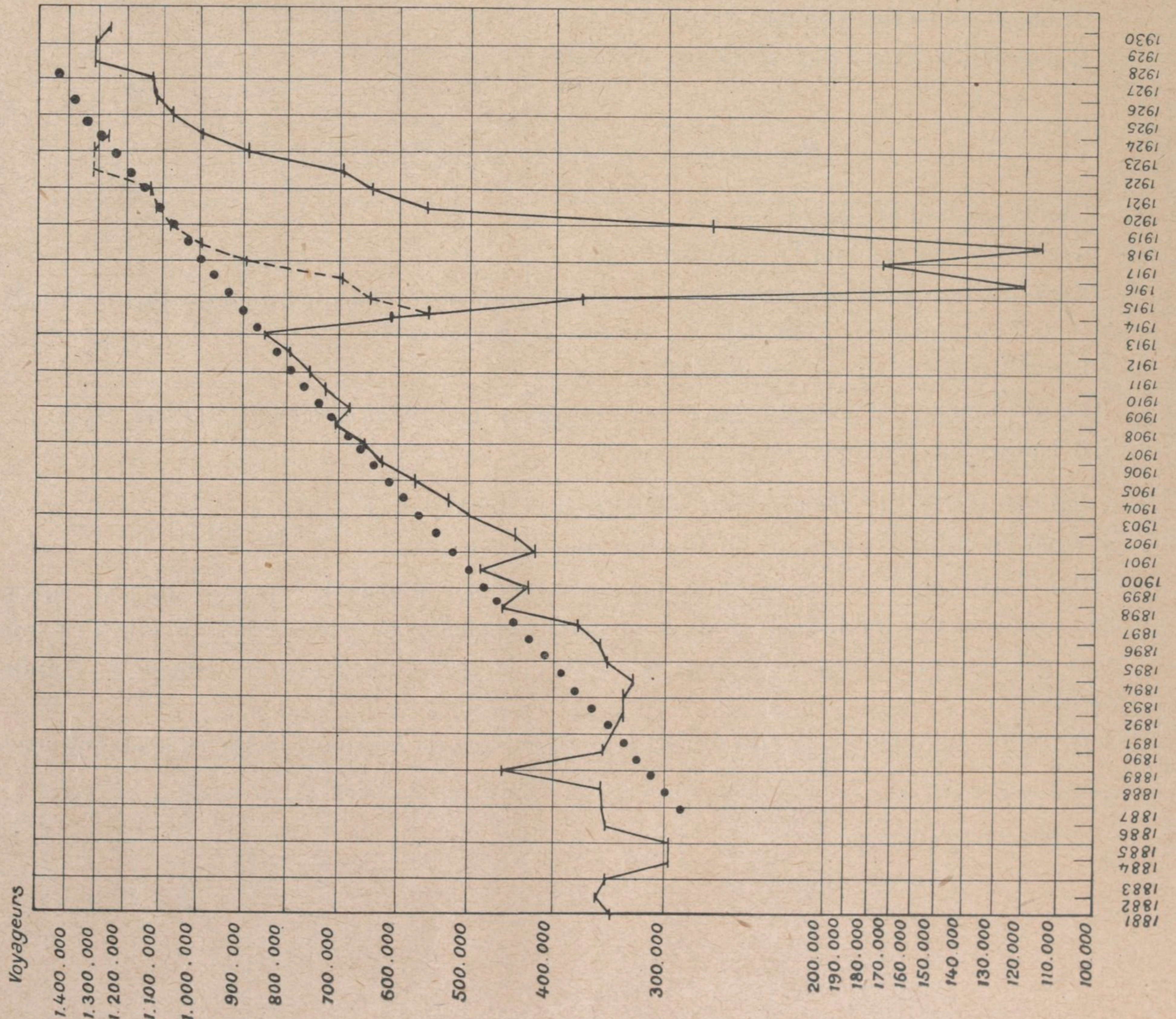


Fig. 3. — MOUVEMENT TOTAL DES VOYAGEURS DE OU POUR L'ANGLETERRE
AVANT TRAVERSÉ LE DÉTROIT PAR BOULOGNE, CALAIS ET DUNKERQUE.



tout le trafic, on perd les facilités et les économies dont on peut profiter quand on est libre de n'accepter que certains transports particuliers.

Mais il est deux desiderata, semble-t-il, auxquels tous les moyens de transport doivent satisfaire d'une manière aussi parfaite que possible : la *régularité* et la *sécurité* et leur importance est telle que je remercie tout particulièrement M. Nicolle de m'avoir permis d'exposer ici la manière dont le chemin de fer a rempli son devoir en ce qui les concerne.

L'indulgence dont j'ai besoin dans l'exposé parfois aride et forcément incomplet que je vais avoir à vous faire, je puis d'ailleurs espérer que vous voudrez bien me l'accorder en raison de l'intérêt que présente pour vous la sécurité et la régularité d'un chemin de fer dont vous êtes tous les usagers.

Mais je vous demanderai même plus : que votre bienveillance veuille bien oublier pour une heure la désaffection habituelle du public pour le chemin de fer : séduit par de nouveaux modes de transport, le Français, comme un homme qu'une jeune, mais coûteuse maîtresse détourne un instant d'une compagne fidèle, a voulu oublier l'économie réelle, la valeur certaine, la sécurité unique de son fidèle chemin de fer. Mais les événements des derniers mois ont prouvé, dans l'industrie, dans le commerce, dans la finance, que le solide et le sérieux avaient leurs avantages. Pourquoi la sagesse ne triompherait-elle pas également dans le domaine des transports ?

D'autres pourraient vous montrer comment, par des impôts et des sujétions de toute sorte, on a donné l'apparence coûteuse à l'outil économique qu'est le Chemin de fer. Mon ambition, à moi, est de vous faire regretter les entraves à l'aide desquelles on a su parfois rendre incommode un outil de transport qui vous offre, mérite qui a sa valeur pourtant, une sécurité supérieure à celle de tous les autres.

C'est cette supériorité que je veux d'abord établir sans conteste, à l'aide de quelques chiffres.

I. — QUELQUES CHIFFRES SUR LA RÉGULARITÉ DES TRANSPORTS

Certes, en matière de sécurité, un seul chiffre serait vraiment satisfaisant : c'est le zéro. Un seul accident, un seul tué, un seul blessé, c'est encore trop.

Mais, hélas, l'homme comme la matière, n'est jamais infaillible. Ce qu'on est en droit d'exiger cependant de nous, c'est de toujours nous améliorer ; ce qu'on est en droit de nous interdire, c'est de faire moins bien que les autres : c'est pourquoi, pour établir notre situation présente au point de vue sécurité, je la comparerai avec le passé et avec les autres modes de transport.

Je ferai d'abord cette comparaison en rapportant le nombre de voyageurs tués ou blessés à cent millions de voyageurs transportés (Fig. 5).

L'ancêtre, les Messageries Françaises, de 1846 à 1855, époque de leur disparition, avaient une moyenne de 300 tués et 3.369 blessés.

Déjà à cette époque, de 1839 à 1875, le chemin de fer, à ses débuts, n'a que 19 tués et 175 blessés.

Mais il fera mieux ; de 1904 à 1913, il ne compte plus que 5,7 tués et 86,9 blessés et de 1922 à 1930, la moyenne des tués n'est plus que de 3,1, celle des blessés 33. C'est ainsi que pour les deux dernières années 1929 et 1930, elle n'est plus que de 2,2 pour les tués et 13 pour les blessés.

Comparons maintenant le chemin de fer aux autres modes de transport.

Pour ne pas désavantager l'avion pour lequel la distance de parcours est beaucoup plus grande, et l'auto où, comme pour l'avion, le conducteur est souvent l'un des voyageurs, je

crois préférable de vous donner ici le rapport du nombre d'occupants tués, au nombre de dix millions d'occupants/km.

Pour les dernières années, ces rapports s'établissent ainsi (Fig. 6) :

Avion.....	0,8
Auto.....	0,2
Bateau.....	0,015
Chemin de fer.....	0,003

Ces chiffres vous surprendront peut-être un peu, surtout pour les chemins de fer, car vous vous rappelez les catastrophes qui fournissent, lorsqu'elles se produisent, une si abondante matière aux colonnes de journaux.

Etant donné le nombre des occupants d'un train, un grave accident de chemin de fer fait, en effet, souvent à lui seul un grand nombre de victimes.

Mais, additionnez un lendemain de fête, un Mardi de Pentecôte, par exemple, le tableau des accidents d'automobiles épars dans les colonnes de journaux, vous serez justement édifiés.

Vous trouverez facilement, pour chacune de ces fêtes, 30 à 40 tués, 100 à 150 blessés, alors que, dans toute l'année 1929, il n'y a pas eu de voyageurs tués dans un accident de chemin de fer sur les grands Réseaux français, et qu'il y en a eu 35 en 1930 (Fig. 7).

Il serait d'ailleurs cruel d'insister plus longtemps : mais, quand on critique nos prix et nos méthodes, ne faudrait-il pas d'abord comparer notre régularité et notre sécurité ?

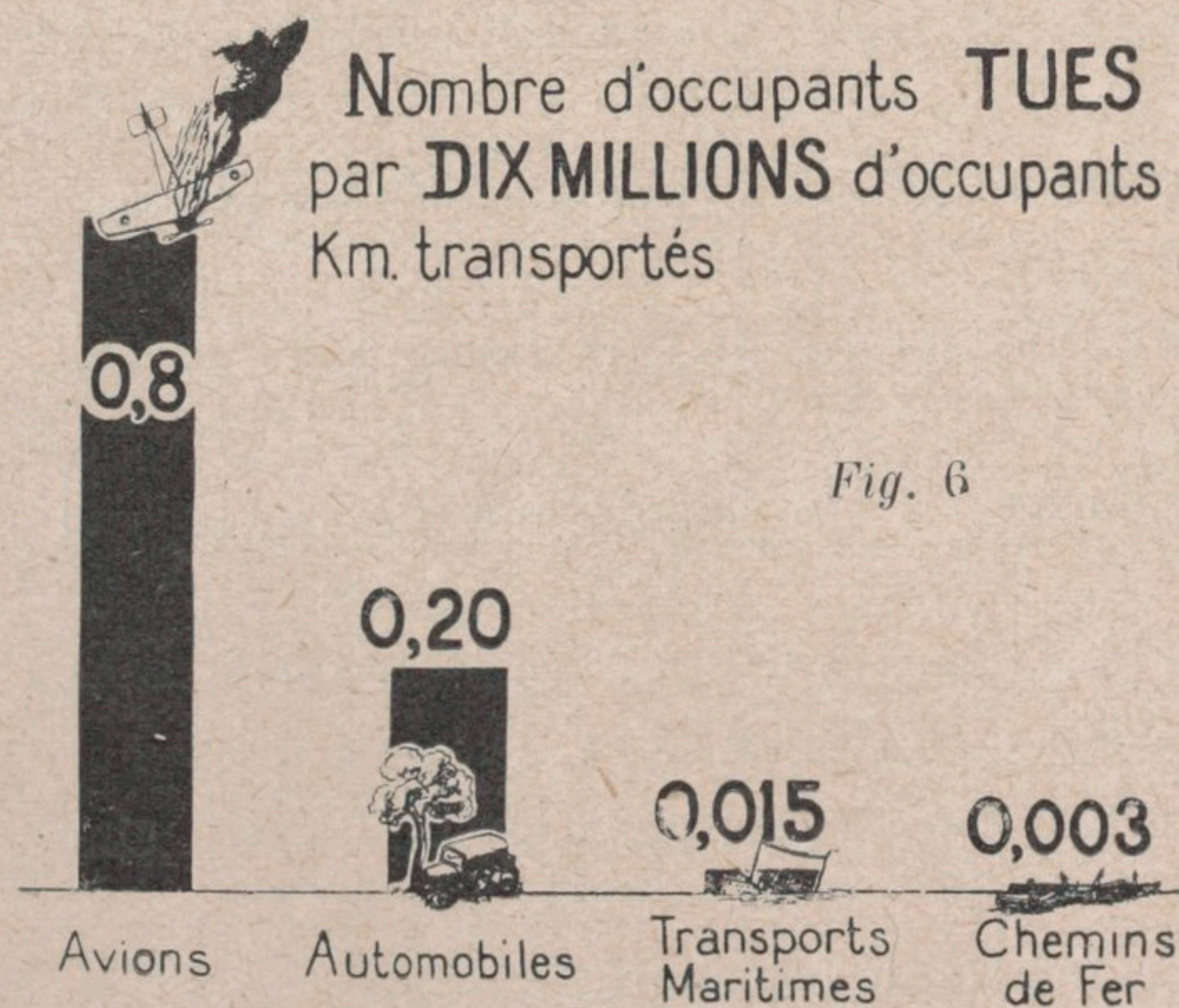
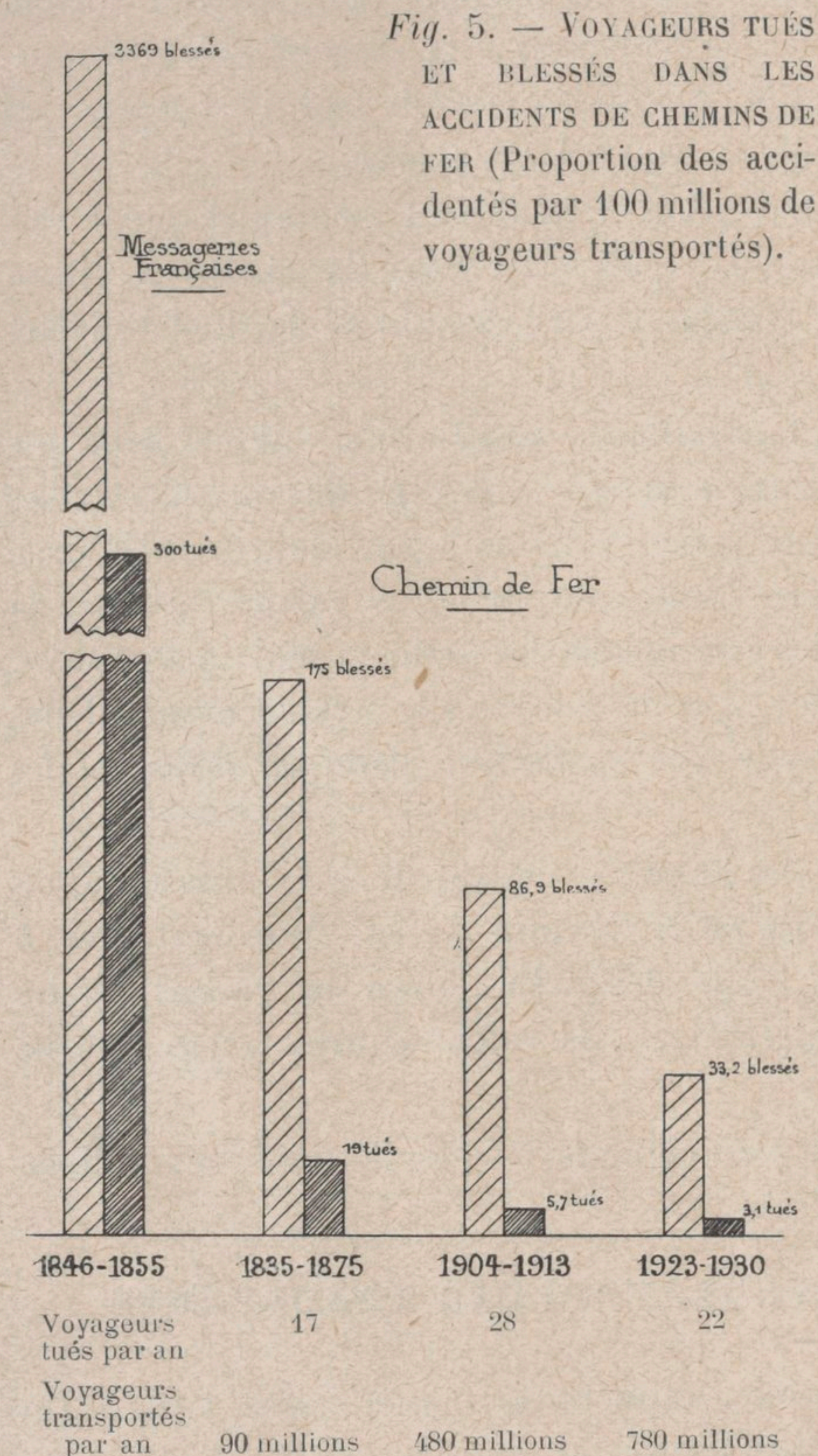
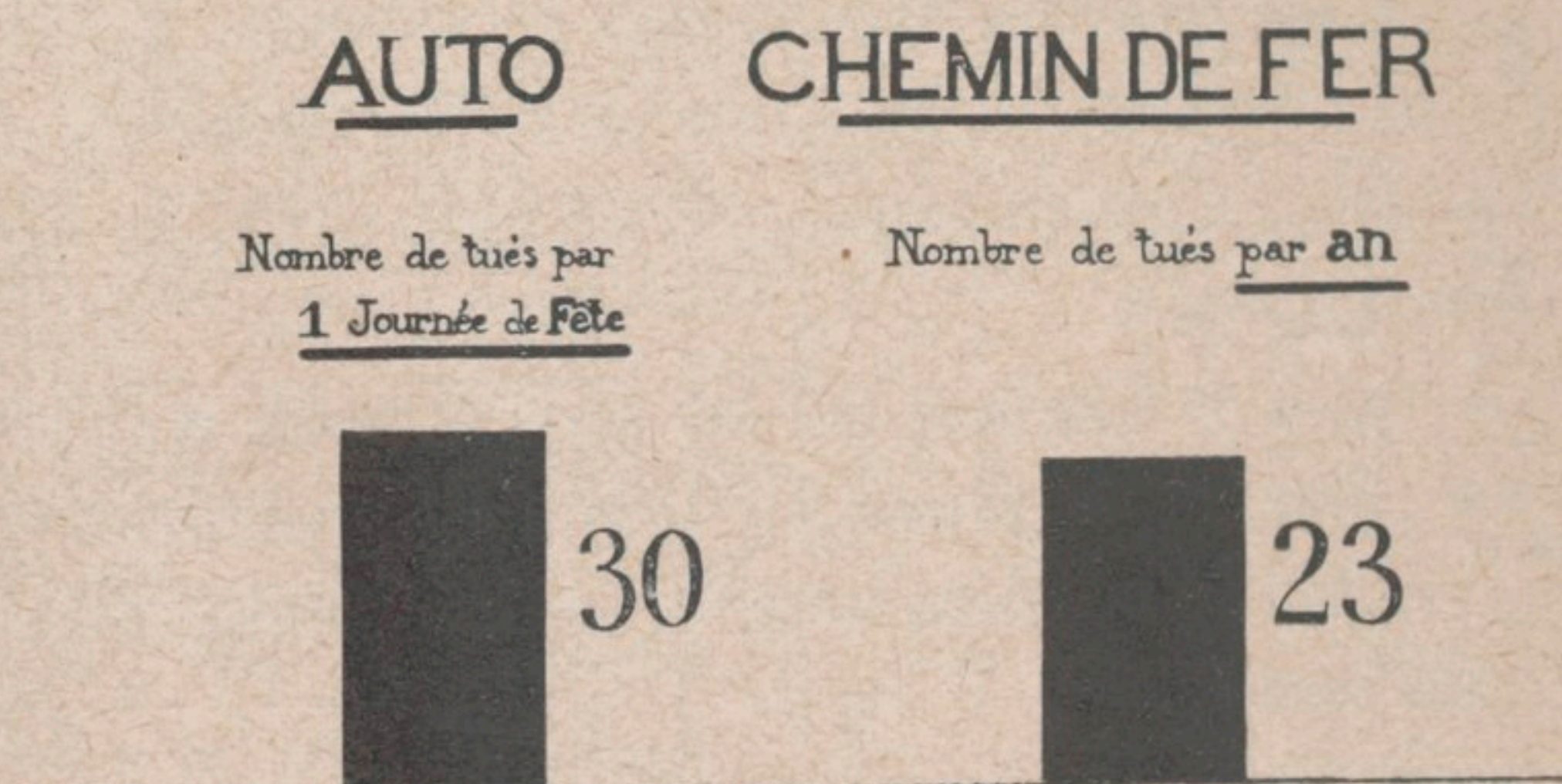


Fig. 7. — NOMBRE DE TUÉS EN AUTO PAR JOURNÉE DE FÊTE, COMPARÉ AU NOMBRE DE TUÉS EN CHEMIN DE FER PAR ANNÉE.



Je ne puis pas, en effet, séparer la régularité de la sécurité, dont elle est souvent une condition essentielle et dont elle représente en tout cas une bonne mesure.

Etant donnée, en effet, l'importance capitale que nous attachons à la sécurité de notre exploitation, nous tenons à la surveiller de près, à lui tâter le pouls en quelque sorte. C'est par la surveillance de la régularité que nous le faisons, une cause de retard étant en général une occasion d'accident manquée, et un accident ne survenant que par la coexistence fortuite de petites causes qui, prises isolément, n'auraient provoqué qu'un simple retard.

Sur le Réseau du Nord, 83 % de nos trains rapides et express sont arrivés à l'heure exacte en 1930. 84,5 % en 1931.

Les retards supérieurs à 5 mn sont de moins de 9 %.

Nos lignes sont d'ailleurs assez diversement influencées :

Paris-Bruxelles... 85 % (arrivées à l'heure exacte) à cause des correspondances déjà un peu lointaines.

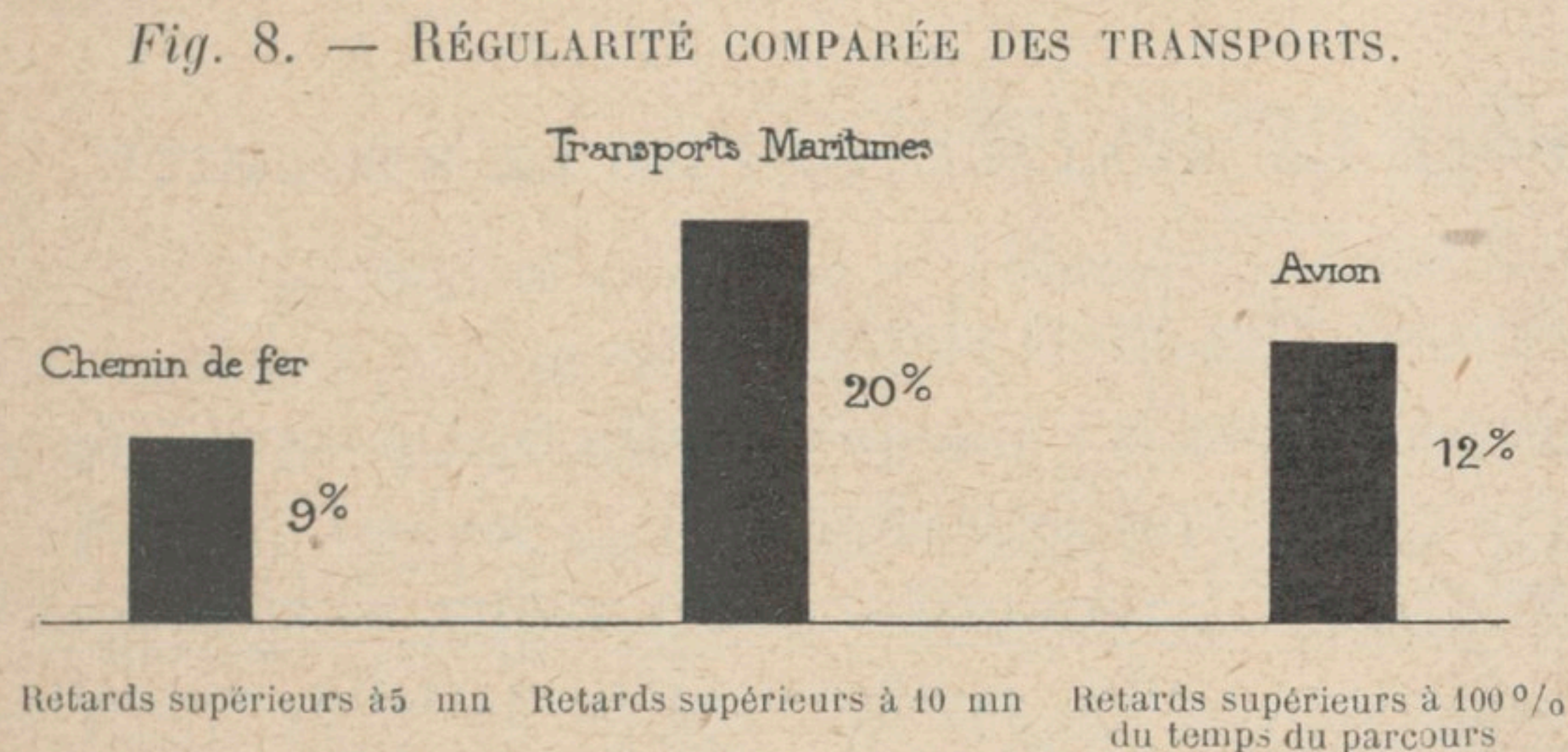
Paris-Lille 90 % : nous sommes chez nous.

Paris-Calais { 60 % en hiver... } vous voyez l'influence des correspondances avec
 { 82 % en été..... } des services maritimes.

La situation des services maritimes est déjà moins bonne que la nôtre : mettons à part, si vous le voulez bien, les services transocéaniques dont la régularité de marche n'a pas besoin

d'une précision rigoureuse ; mais, sur les services maritimes qui traversent le détroit, la proportion des retards supérieurs à 10 mn est de 20 %, au lieu de 7 % sur le chemin de fer (Fig. 8).

Pour l'auto, la comparaison est difficile, car le voyageur, en autocar, se contente en général d'une exactitude bien moins stricte ; toujours le Monsieur qui tempête si sa femme est en retard pour achever de mettre



son chapeau, mais qui sait sourire galamment de l'inexactitude légendaire de Mademoiselle...

Et encore je ne parle pas de l'auto particulière dont vous entendez souvent dire : « L'avantage, c'est qu'avec elle, il n'y a pas d'heure » !

Mais, par exemple, sur une ligne d'autobus établie en remplacement de certains trains, la moyenne des retards par mouvement, qui était, en Août 1930, de 0 mn 35 pour les trains, est en Août 1931 (saison cependant favorable à la circulation sur route) de 1 mn pour l'autobus.

Et l'avion, direz-vous ?

Voici quelques chiffres, pour l'année 1930, et qui s'appliquent aux lignes françaises :

Paris-Londres.....	90 %
Paris-Amsterdam.....	95 %
Paris-Marseille.....	95 %
Paris-Berlin.....	86 %
Paris-Constantinople.....	85 %
Marseille-Alger.....	84 %
France-Tunisie.....	83 %

La moyenne est de 88 %

88 % d'avions en retard, direz-vous, car chacun sait que l'avion a bien des causes de retard que n'a pas le train.

Mais non, 88 % d'avions à l'heure : c'est magnifique n'est-ce pas, et vite, mon avion pour Londres, puisqu'il est aussi souvent à l'heure que le train et va beaucoup plus vite ;

Pour la vitesse, je vous le concède, c'est exact, pour Londres, par exemple, où il met 3 h 30 et le train 7 h 15 ; il est vrai que le bateau y est pour quelque chose. Avec le tunnel ce serait 5 h et sans mal de mer ni d'air.

Pour Bruxelles, l'avion est, au contraire, handicapé par les trajets de Paris au Bourget et de Schaerbeck à Bruxelles.

— Train : 3 h 30 à 3 h 40.

— Avion : 0 h 50 + 1 h 40 (trajet aérien) + 0 h 30 = 3 h.

Car le triomphe de l'aviation, c'est la lutte contre le bateau :

aujourd'hui.....	{	Paris-Londres.....	3 h 50 au lieu de 7 h 15.
		Marseille-Alger.....	7 h » 30 h.
demain.....		Paris-New York....	30 h au lieu de 120 h (Bremen).

Et avec une si belle régularité, n'est-ce pas ? C'est merveilleux !

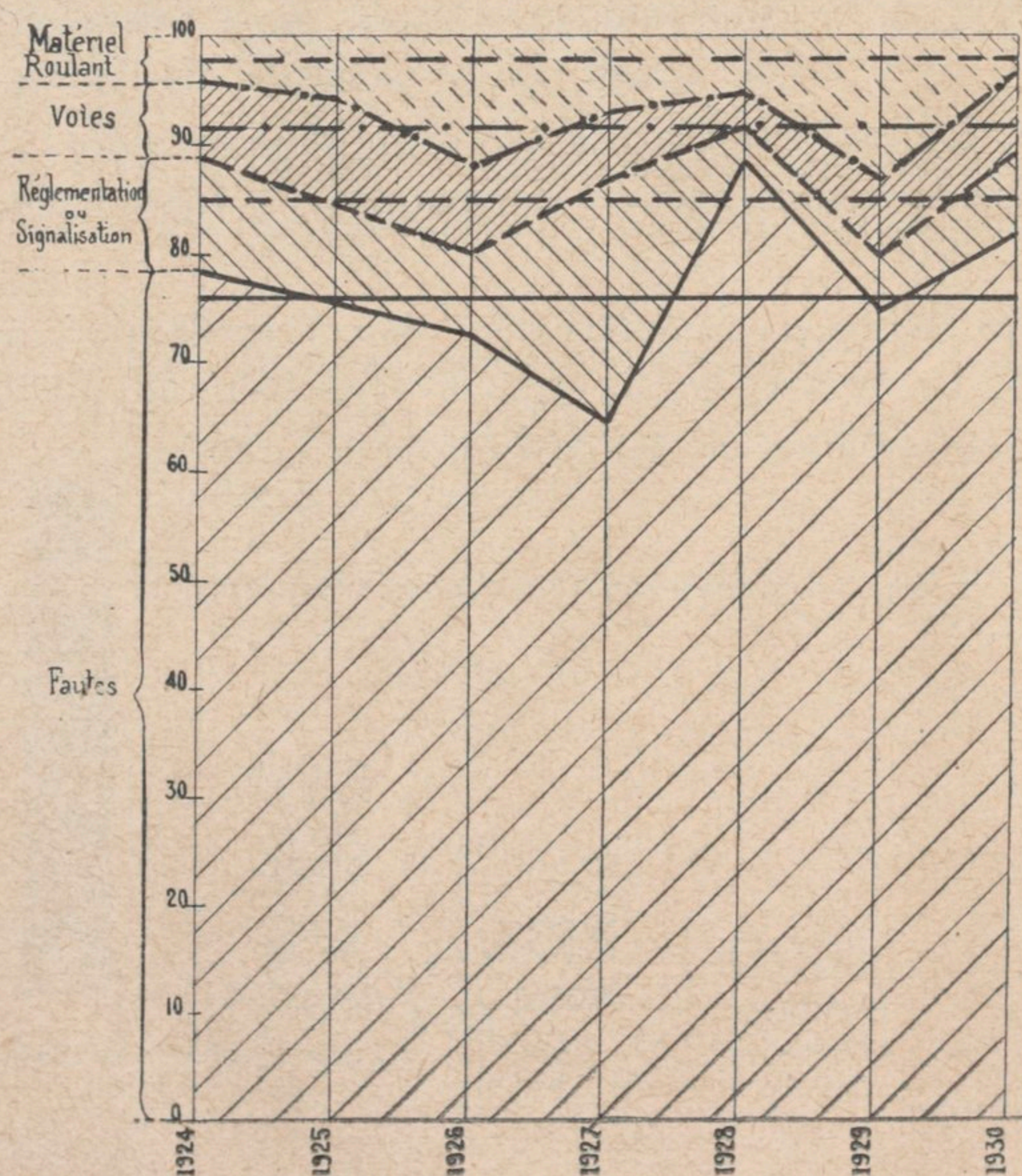
Mais je m'aperçois que j'ai oublié de vous dire que les aviateurs, gens prudents, disent qu'un avion est en retard, lorsqu'il a mis, pour faire le trajet, deux fois plus de temps que le temps prévu, ou lorsqu'il n'est pas arrivé...

II. — LES PROBLÈMES QUE POSE LA RÉALISATION DE LA SÉCURITÉ.

Reprenons le train, voulez-vous, c'est encore plus sûr et plus prudent :

Mais, quand vous le prenez, avez-vous parfois réfléchi à ce qu'il a fallu faire pour obtenir la

Fig. 9. — CLASSIFICATION PAR CAUSES DES ACCIDENTS DE CHEMIN DE FER.



sécurité dont vous y jouissez, vous êtes-vous parfois rendu compte de la difficulté des problèmes qu'il a fallu résoudre, de l'ingéniosité qu'il a fallu pour en trouver les solutions, du soin que tous les cheminots ont dû prendre pour les appliquer.

C'est cette face de la question que je voudrais maintenant examiner avec vous, en empruntant mes exemples généralement au Réseau du Nord, pour le motif bien simple que je le connais mieux que les autres.

Pour nous guider dans cet examen et choisir l'ordre de mon exposé, le plus clair me semble de partir des accidents qui se produisent, en en classant les causes : sécurité, en effet, cela veut dire dangers possibles et moyens de les éviter.

Le dépouillement fait par le Contrôle

de l'Etat des accidents de trains survenus, de 1924 à 1930, sur les Grands Chemins de fer français, donne la répartition suivante (Fig. 9) :

<i>Causes matérielles</i>	Voie.....	7 %
	Matériel roulant.....	7 %
<i>Causes Exploitation</i>	Insuffisance ou erreur de réglementation ou de la signalisation.....	9 %
<i>Causes humaines</i>	Fautes, erreurs, défaillances inattendues du personnel	77 %.

dont 47 % sont imputables au personnel sédentaire et 30 % sont dus à l'inobservation des signaux par le personnel des trains et machines.

Je suivrai dans mon exposé le même ordre, car c'est également celui de la difficulté croissante des problèmes à résoudre :

— problèmes de matériel sur lesquels je serai bref; non que leur importance ne soit pas grande, mais parce que, devant me limiter, je préfère m'étendre sur des questions plus spéciales au chemin de fer ;

— problèmes d'exploitation ;

— problèmes humains ;

et je terminerai, si je n'ai pas trop abusé de votre temps, par l'examen de quelques problèmes d'avenir.

1° Problèmes purement matériels.

Abordons donc d'abord les problèmes purement techniques. Les conditions premières de la sécurité en chemin de fer sont évidemment d'avoir une bonne voie pour ne pas dérailler, un bon matériel pour résister aux chocs.

A. — Prenons la voie. Que faut-il ? Une voie apte à supporter le poids et les vitesses nécessaires. Quelques chiffres donneront une signification à cette double condition.

Aujourd'hui, en France, les wagons les plus lourds pèsent 80 t chargés, les locomotives plus de 120 t, les trains de marchandises pèsent 1 800 t, demain 2 000 t. Pour mettre en marche une telle masse, les machines déploient un effort à la jante qui peut aller jusqu'à 24 t.

L'effort de freinage appliqué à un train rapide de 600 t lancé à 120 km à l'heure, lui permet de s'arrêter en 900 m sur une voie en palier.

Supporter de tels poids, résister à de tels efforts, autoriser de telles vitesses, voilà ce qu'on demande à la voie.

Avant tout, il faudra donc, dans la construction de la voie, faire choix de matériaux de première qualité :

— *le ballast* qui est la fondation de la voie et qui doit être perméable, robuste, stable toutes qualités qui ne sont particulièrement bien remplies que par des matériaux de choix ;

— *les traverses* qui maintiennent les rails sur les voies et qui sont le plus souvent encore en bois créosoté, l'emploi du métal (acier) ou du béton n'ayant pas donné de résultats définitivement satisfaisants.

— *les rails* en acier laminé dont la résistance, jamais inférieure à 65 kg par mm², atteint, grâce à un traitement ou une composition spéciale de l'acier, une valeur beaucoup plus grande sur certains rails spéciaux qui subissent une fatigue particulière, tels que ceux des courbes de faible rayon et des alignements droits soumis au freinage ou au patinage. Pesant 46 kg au

mètre courant, 55 dans les tunnels, les rails atteignent 24 m de longueur, ce qui permet de réduire au minimum le nombre des joints qui sont des points faibles de la voie, au point de vue résistance et confort.

— *les appareils de voie*, robustes et sûrs, dont la technique de fabrication s'est améliorée dernièrement par l'emploi d'aciers spéciaux (acier au manganèse) et de blocs moulés d'une seule pièce, qui, en supprimant l'ajustage et l'entretien délicat d'autrefois, suppriment en même temps deux causes d'accident.

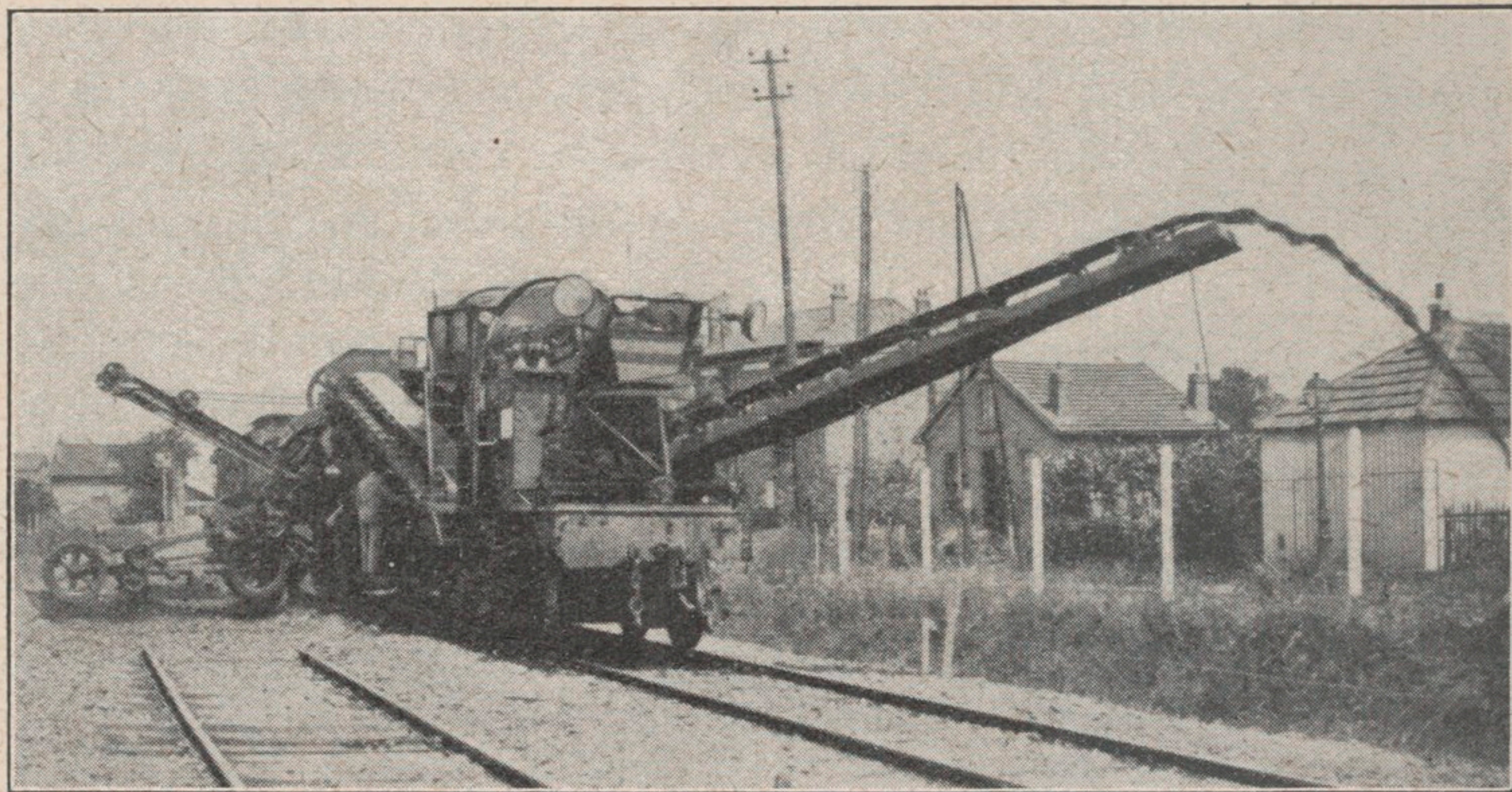
Malheureusement, tout luxe se paie et si les matériaux modernes font de la voie ferrée un chemin de roulement impeccable, le prix du mètre courant atteint le taux élevé de 860 f, alors qu'en regard le coût du mètre courant de route nationale n'est que de 540 f (revêtement en tarmacadam).

Cette différence entre les prix de revient nous la retrouvons dans le tracé des deux voies, car si les problèmes des pentes et des courbes se posent pour les 2 modes de circulation, ils y conduisent à des réalisations différentes, les limites admissibles pour la voie de fer et pour la route étant très dissemblables.

Comme sur beaucoup de points, au point de vue de la sécurité, la voie ferrée est ici plus exigeante que la route et c'est la rançon du problème qu'elle s'est posé de transporter sans danger des poids plus lourds à des vitesses plus grandes.

Pour le faire sans dépense exagérée d'énergie motrice, elle a choisi une surface de roulement, le rail, à faible résistance, mais, par suite, à faible adhérence, ce qui limite les pentes qu'elle peut normalement accepter sans risque de patinage, à moins de recourir à la crémaillère, solution peut satisfaisante.

Fig. 10. — DÉGARNISEUR-CRIBLEUR (Entreprise Drouart).



Par ailleurs et malgré la correction qu'on apporte aux courbes par le surhaussement du grand rayon de la voie, comme sur un autodrome, l'existence de rayons inférieurs à 800 m commande, par mesure de confort et de sécurité, une marche ralentie ⁽¹⁾ et le chemin de fer qui veut aller vite sans danger, n'accepte ces limitations de vitesse que contraint et forcé.

(1) 120 km/h pour un rayon de 800 m
60 km/h pour un rayon de 500 m

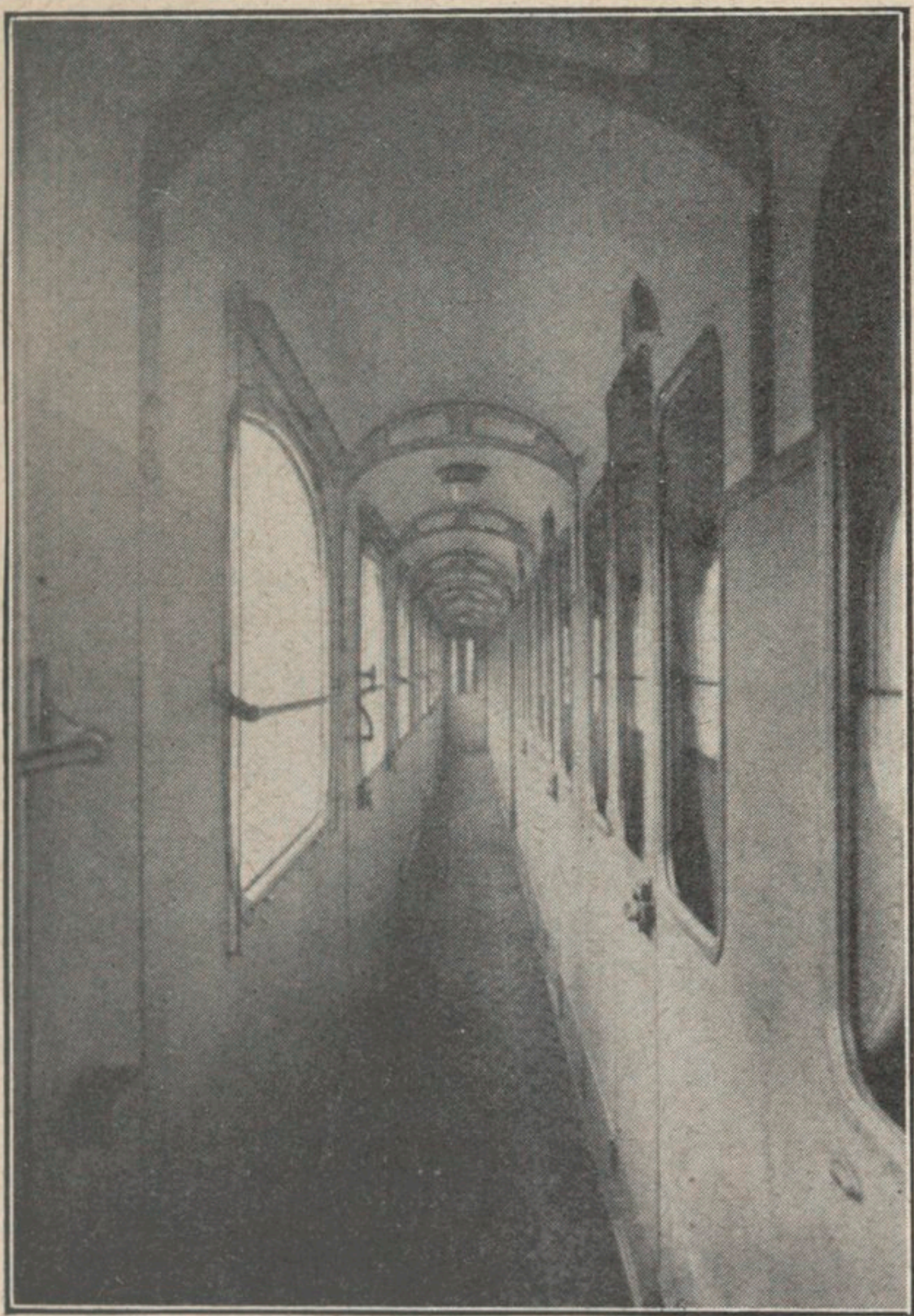
La route, elle, a pu consentir à ces restrictions. C'est pourquoi, il a fallu, pour donner au chemin de fer un profil plus doux et ne comportant pas de courbes de faibles rayons, réaliser (toutes autres conditions égales) plus de travaux de terrassements (remblais, tranchées) ou d'ouvrages d'art (tunnels, viaducs) pour une ligne de chemin de fer que pour une route partant du même point pour aboutir au même point : à dire vrai, à mesure du développement de la circulation routière et de ses exigences croissantes, vous voyez partout les travaux qu'il faut maintenant faire pour réduire les pentes et améliorer les courbes : ce que le chemin de fer a fait ici depuis longtemps, la route doit le faire aujourd'hui. La sécurité de la route ne peut qu'y gagner et, à ce point de vue, nous ne pouvons que nous en féliciter, mais gare à la note à payer !

Pris par le temps, je ne puis entrer dans le détail des mesures prises pour assurer l'entretien parfait d'une voie si chère : je ne puis cependant passer sous silence le progrès fait à ce point de vue par l'utilisation d'engins mécaniques ⁽¹⁾ : appareillage de substitution (Fig. 10), bourreuse pneumatique, tirefonneuse pneumatique, etc. . . : je mentionnerai comme tout récent progrès, dû à l'initiative d'un Ingénieur du Nord, M. Lemaire, une méthode d'organisation nouvelle du travail, connue sous le nom de « soufflage mesuré » ; elle consiste à déterminer rigoureusement, au moyen d'appareils de mesure simples, la quantité de ballast nécessaire pour obtenir un bon nivellement de la voie. La généralisation de cette méthode a fait réaliser de grands progrès dans l'entretien courant des voies.

B. — Et le matériel roulant : Que lui demande-t-on ?

— d'une part, la solidité, point capital en chemin de fer, étant donnée l'importance des forces vives mises en œuvre ;

Fig. 11. — COULOIR DES NOUVELLES VOITURES MÉTALLIQUES (Nord).



— d'autre part, le confort des voyageurs, qui n'est d'ailleurs obtenu d'une façon parfaite que lorsque toutes les conditions de sécurité sont satisfaites.

Jusqu'à la guerre, le matériel « voyageurs », en service sur les chemins de fer, comportait un châssis en acier très résistant sur lequel reposait une caisse en bois, beaucoup moins résistante.

En cas d'accident, il arrivait fréquemment que le châssis d'une voiture pénétrait profondément dans la caisse moins résistante de la voiture voisine.

Les éclats de bois consécutifs au choc n'étaient pas, en outre, sans causer un grand nombre de blessures.

Pour remédier à ce danger et pour supprimer, d'autre part, toutes chances d'incendie, les réseaux français ont décidé de ne plus construire que du matériel entièrement métallique.

Les voitures métalliques modernes sont conçues sous forme de poutres englobant à la fois la caisse et le châssis et reposant sur deux bogies : ce procédé présente le double avantage d'éviter

(1) Voir *Revue Générale*, N^{os} d'Octobre 1929, p. 295 et Mars 1931, p. 303.

une élévation exagérée du poids mort des véhicules et d'assurer une égale résistance à la caisse et au châssis ⁽¹⁾.

La poutre métallique a été traitée diversement suivant les réseaux : soit sous forme de partie en treillis, soit sous forme de partie tubulaire : la voiture métallique Nord dont vous voyez plus haut une vue en bout (Fig. 11) est un véritable tube d'acier nervuré par des anneaux ou cloisonnements entre les compartiments.

Et vous pouvez constater que le souci de la sécurité n'a pas nui à l'élégance de la voiture.

Je ne peux hélas pas mieux vous démontrer les avantages du matériel métallique en cas d'accident qu'en vous montrant maintenant la photographie d'une voiture métallique

tamponnée (Fig. 12) : toute la poutre a résisté au choc : vous pouvez comparer à la voiture en bois que je vous représente, où vous voyez comment le châssis de la voiture a abattu la caisse en bois (Fig. 13).

Fig. 12. — VOITURE MÉTALLIQUE
APRÈS COLLISION A LA VITESSE DE 60 KM/H.

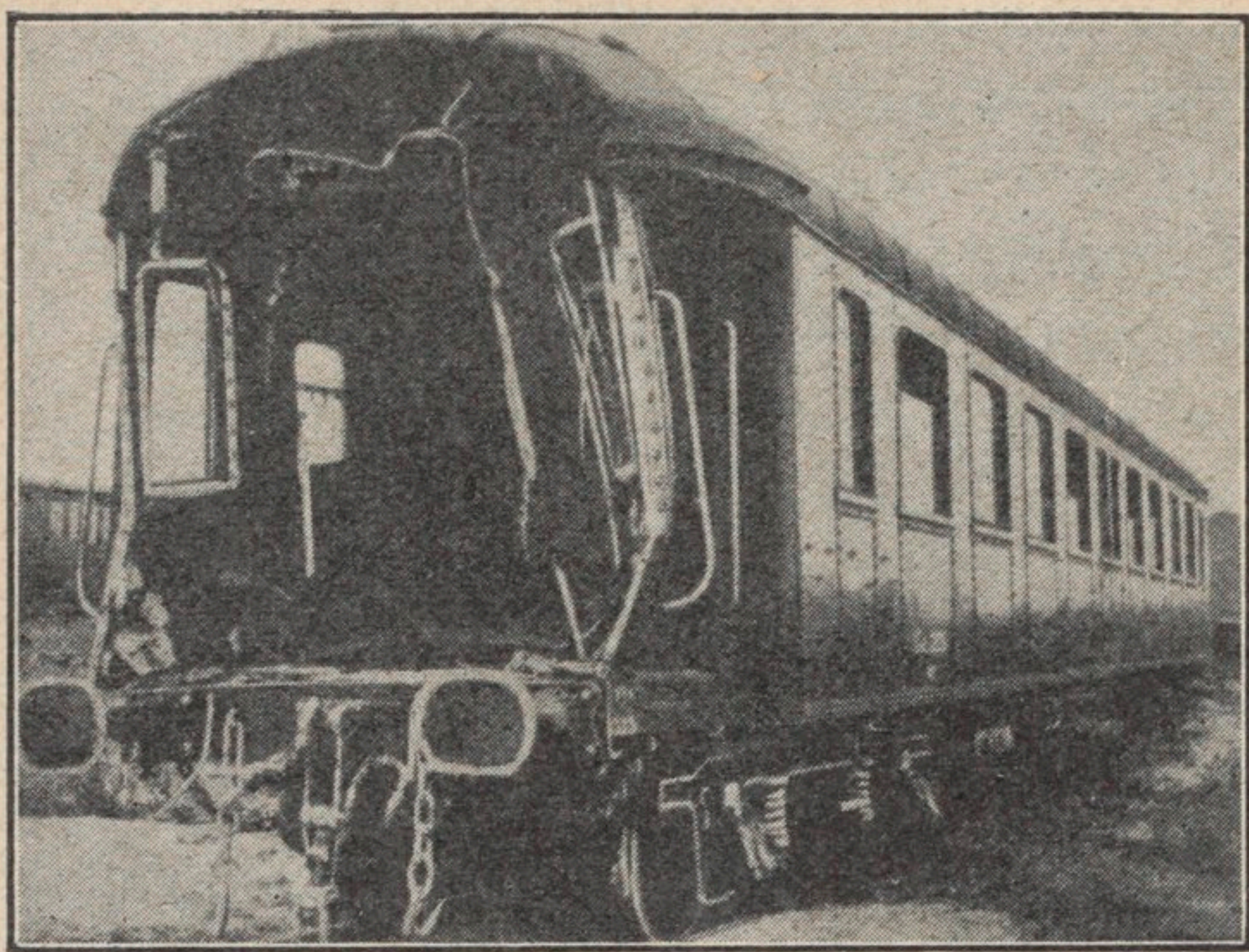
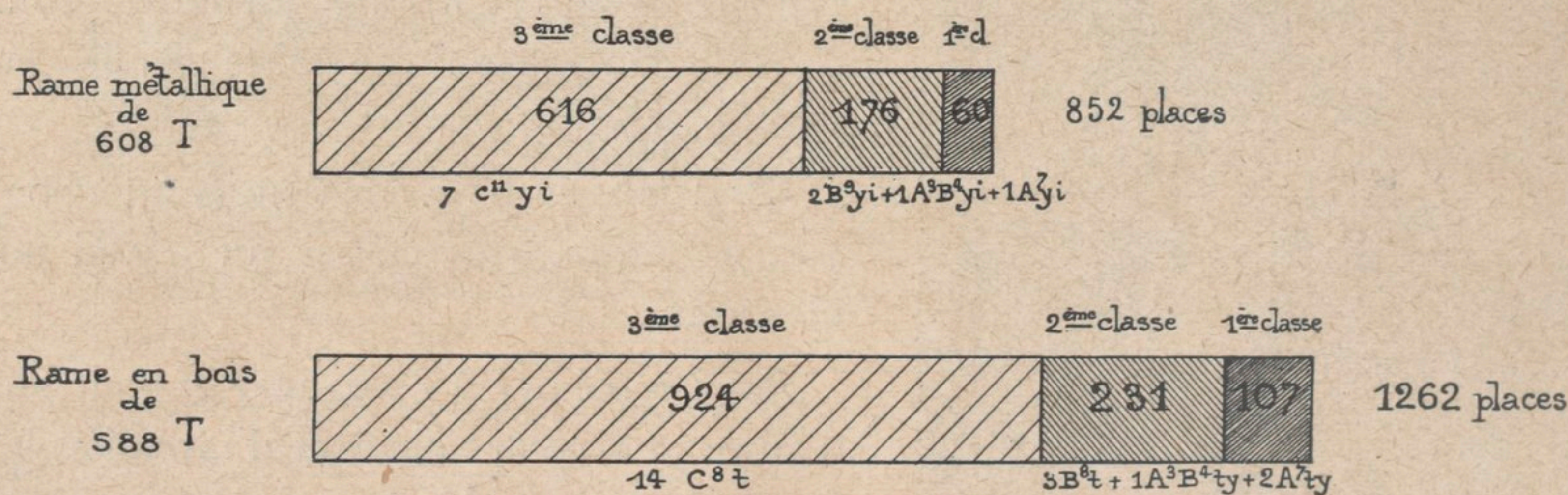


Fig. 13. — COLLISION DE VOITURES EN BOIS.



En contrepartie, ce nouveau matériel est plus lourd. Pour un tonnage de 600 tonnes, qui est celui des rames d'express actuellement en circulation sur le Nord, le matériel en bois offre 1262 places, alors que le matériel métallique n'en offre que 852 (Fig. 14).

Fig. 14. — NOMBRE DE PLACES OFFERTES DANS UN TRAIN EXPRESS DE COMPOSITION NORMALE
(Comparaison du nombre de places offertes dans un train composé, soit d'une rame métallique, soit d'une rame en bois).

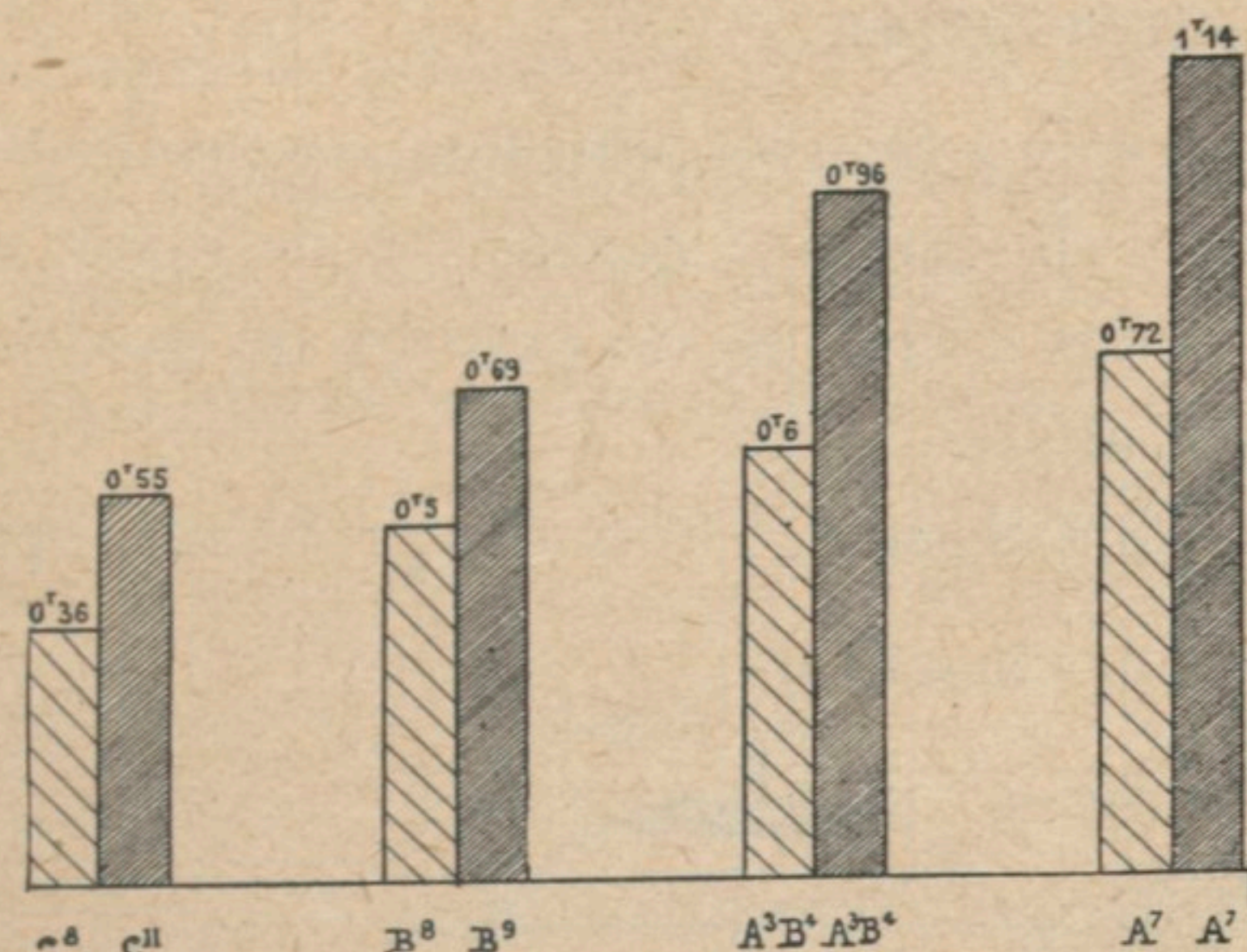


Ainsi, pour transporter 5 000 voyageurs, il faut 6 rames métalliques au lieu de 4 rames en bois : c'est un encombrement supplémentaire des lignes à forte densité de circulation voyageurs, et c'est une dépense de traction supplémentaire qui n'est pas négligeable (Fig. 15).

(1) Voir *Revue Générale* N° de Février 1928, p. 117 et Janvier 1930, p. 3.

Il s'y ajoute la différence de prix du matériel : une voiture métallique moderne coûte 600 000 f environ, prix supérieur de 25 % au prix d'une voiture de même type en bois. Ce

Fig. 15. — COMPARAISON DU POIDS MORT PAR PLACE OFFERTE DANS LES VOITURES EXPRESS EN BOIS ET EN MÉTAL.



n'est certes pas payer trop cher l'accroissement de sécurité et de confort qu'elle procure, mais il en résulte une majoration de prix de revient qu'il ne faut pas oublier.

Mais la construction de la voiture n'est pas tout : L'amélioration des organes de roulement et de graissage du matériel roulant a fait presque entièrement disparaître les incidents de chauffage de fusées, générateurs de rupture (4 % du nombre des accidents) ; on le doit principalement aux boîtes isothermes et aux boîtes à rouleaux utilisées sur certaines voitures de rapides.

La fermeture des portières dont le mauvais fonctionnement fut la cause d'un grand nombre d'accidents d'enfants ; les serrures actuelles (Fig. 16 et 17) d'un fonctionnement sûr, d'un maniement simple et parfaitement intelligible pour tous ont diminué ces risques : vous voyez comment l'écartement des deux leviers, dont la manœuvre simultanée est nécessaire pour ouvrir, exige une action volontaire dont est capable une main d'adulte, mais ne l'est pas une

Fig. 16. — SERRURE BIRLÉ : UNE MAIN D'ENFANT NE PEUT L'OUVRIR.

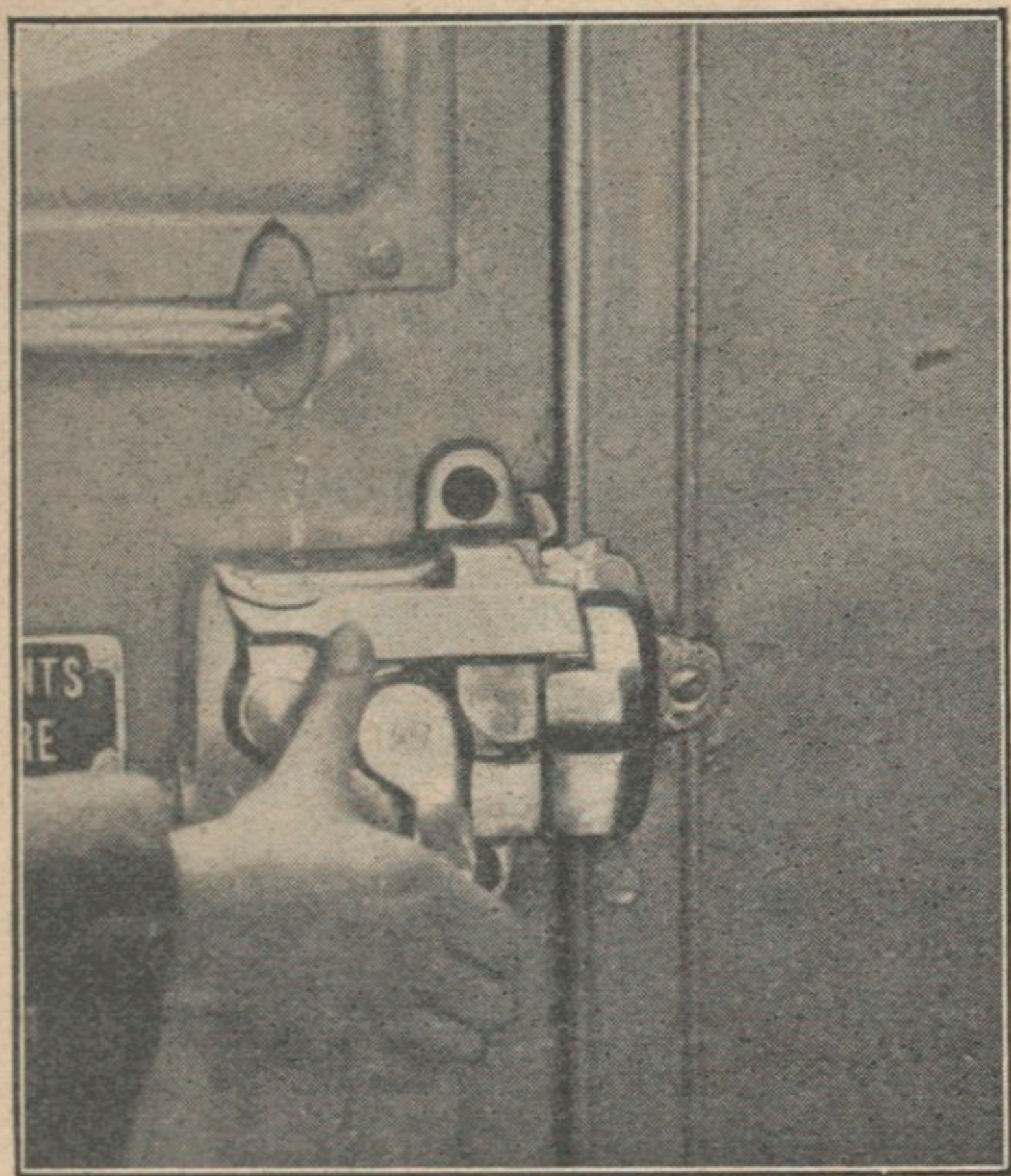
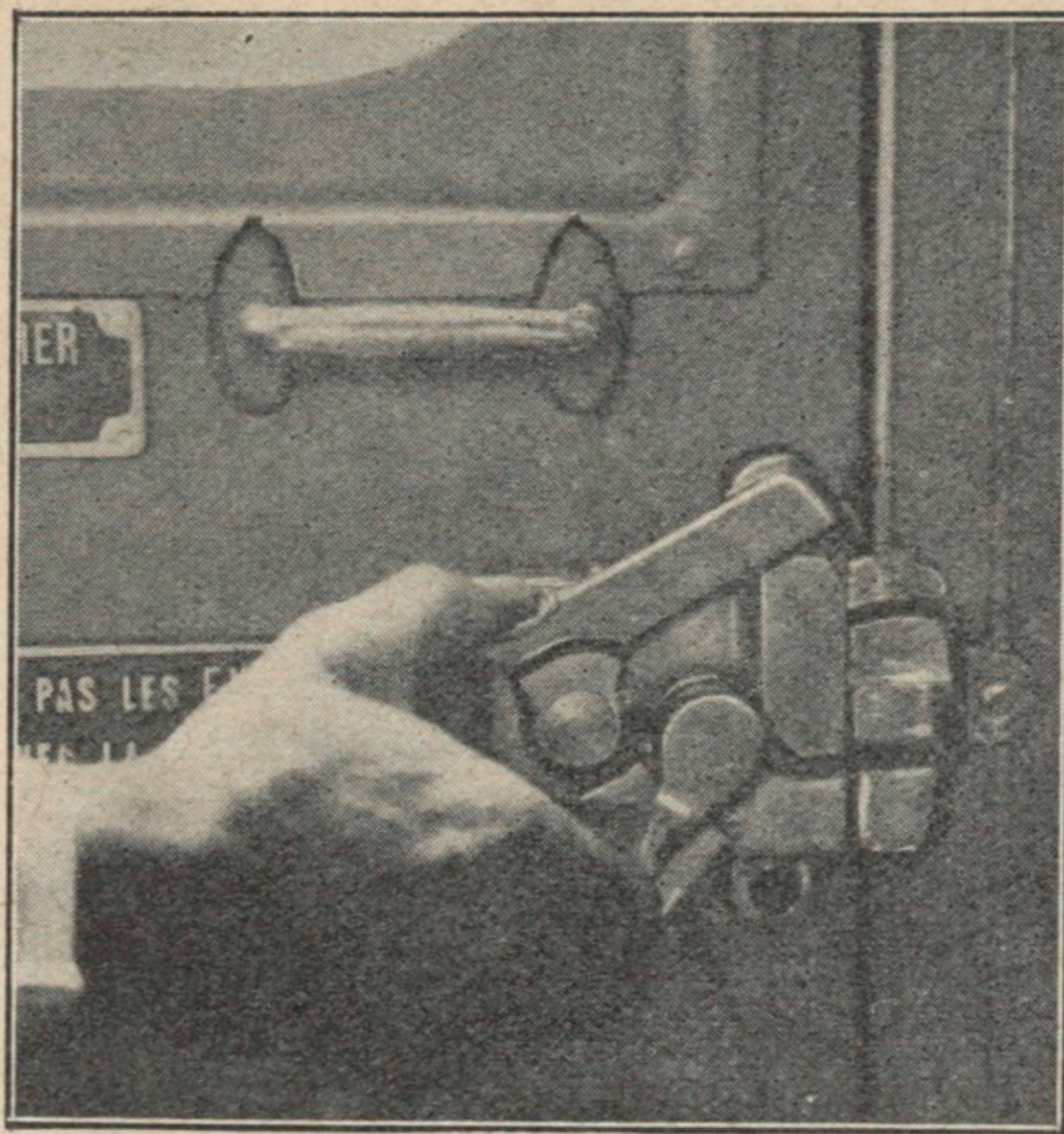


Fig. 17. — UNE MAIN DE GRANDE PERSONNE PEUT L'OUVRIR.



main d'enfant. C'est, certes, plus sûr que d'afficher seulement, comme nous le faisons auparavant, les heptapodes qui firent le bonheur de Franc-Nohain :

« Ne laissez pas les enfants
jouer avec la serrure ».

Je finirai en vous signalant le gros effort fourni pour le remplacement de l'éclairage au gaz par l'éclairage électrique. Point n'est besoin de vous rappeler les dangers de l'ancien mode

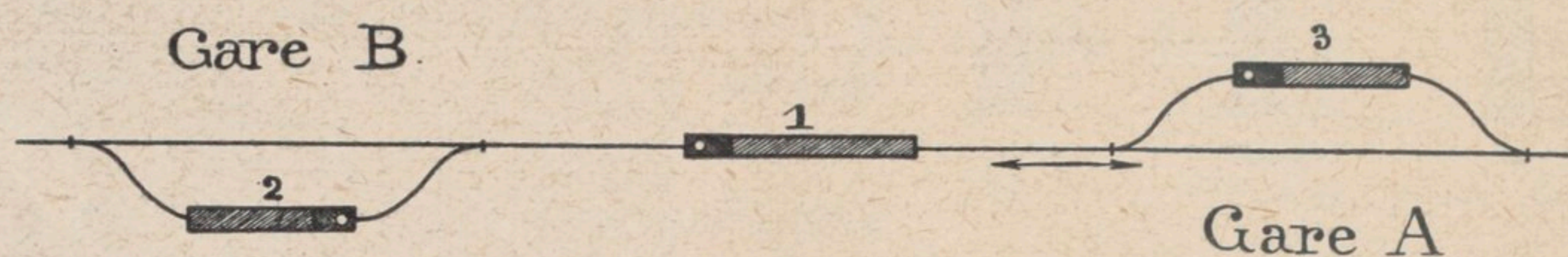
d'éclairage : un accident d'un caractère bénin a pu, par l'inflammation du gaz des réservoirs, se transformer en une catastrophe : l'incendie des Batignolles est présent à vos mémoires et, certes, nous ne devons pas regretter les 20 millions d'équipement des locomotives, 35 millions d'équipement des voitures, 8 millions d'entretien annuel supplémentaire qui résultent pour le seul réseau du Nord de la substitution de l'électricité à l'ancien éclairage au gaz.

2° Les problèmes de la circulation

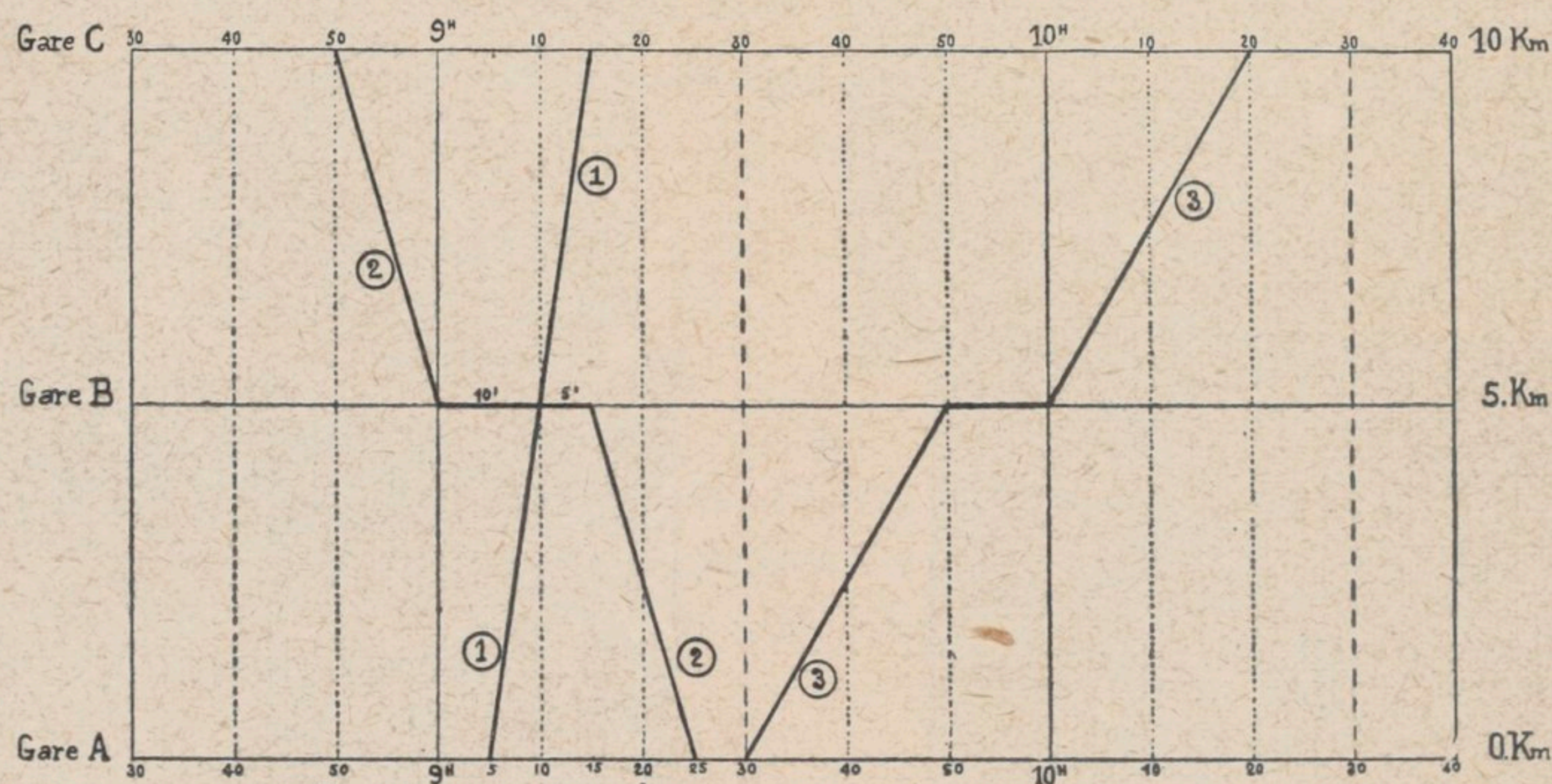
S'il est inutile d'insister sur les difficultés qu'il a pu y avoir à trouver pour tous ces problèmes de voie et de matériel des solutions simples et élégantes, il importe cependant de noter un caractère qui leur est commun : à condition de consentir les sacrifices nécessaires de poids et d'argent, on savait bien qu'on pourrait toujours se tirer d'affaire.

Je vais maintenant, au contraire, aborder un terrain plus délicat, celui des problèmes que

Fig. 18. — CIRCULATION SUR VOIE UNIQUE.



Le train omnibus 2 se gare à la gare A pour le train rapide 1.
Le train de marchandises 3 ne quitte la gare A qu'après l'arrivée du train 2.



pose la sécurité de la circulation même des trains : ici le poids et l'argent ne suffisent plus, en admettant même qu'on consente à les gaspiller.

Il ne faut plus seulement parer aux défaillances de la matière, il faut aussi prévoir et prévenir les défaillances humaines.

Les solutions intervenues ne relèvent plus d'ailleurs de la technique courante de l'industrie ou de la construction ; elles ont un caractère plus « transports », plus « chemin de fer », auquel vous êtes certainement moins habitués. C'est pourquoi je vais m'aider de nombreux dessins pour vous les exposer :

a) LA CIRCULATION SUR VOIE COURANTE

Le premier dessin (en haut de la Fig. 18) représente une ligne à *voie unique*.

Le train 1 express est en marche entre les gares A et B.

La voie étant unique, le train 3 marchandises a dû être garé à la gare A pour laisser passer le train 1 et attendre le train 2 omnibus ; celui-ci, garé en B, attend le passage de 1 pour aller en A : après son passage seulement 3 pourra partir de A.

Pour améliorer la situation on a utilisé la double voie.

Le deuxième dessin (en haut de la Fig. 19) vous montre une ligne à *double voie* entre A et B : vous voyez que le train 2 peut continuer sa marche sans perte de temps et sans danger, pendant que 1 passe et que 3 a quitté A, derrière 1, sans attendre 2, et sans risque de le tamponner.

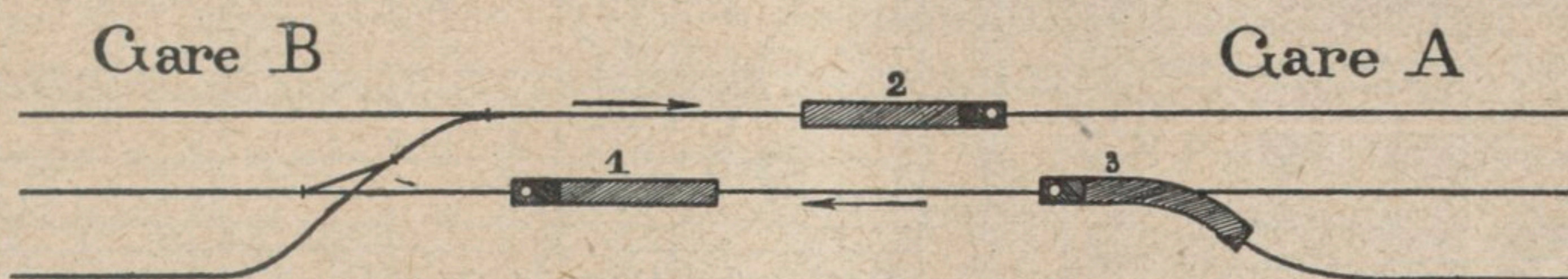
Comment les Ingénieurs du Chemin de fer étudient-ils leurs horaires pour que tous ces mouvements se fassent sans danger ? A l'aide de graphiques.

Voyez le schéma (en bas de la Fig. 18) du graphique de la voie unique :

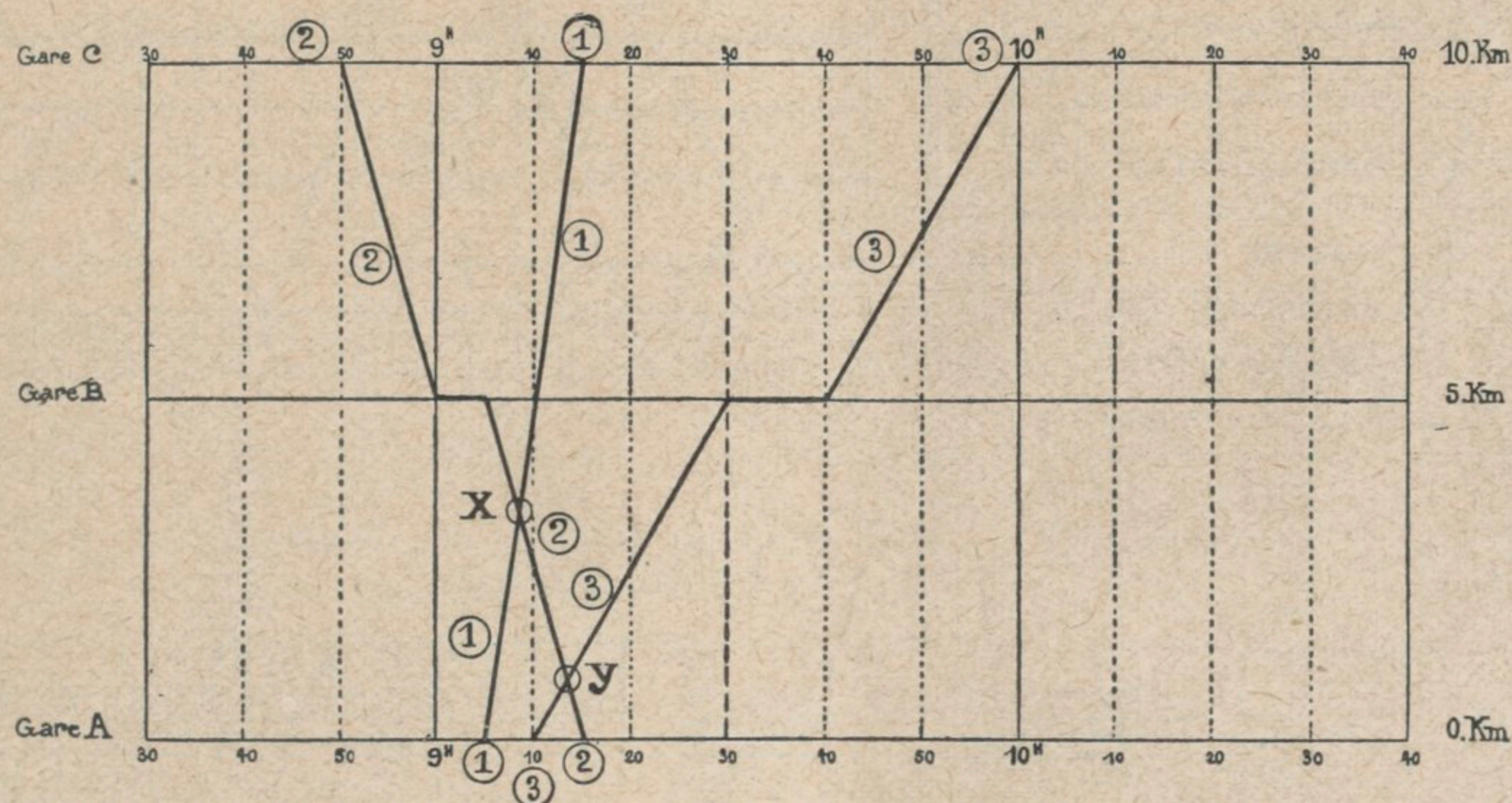
sur l'échelle horizontale les temps, sur l'échelle verticale les distances : une ligne horizontale représente les gares, un trait incliné la marche d'un train ;

si 3 partait trop tôt de A, ou si 2 ne s'arrêtait pas en B, il y aurait un accident.

Fig. 19. — CIRCULATION SUR DOUBLE VOIE.



Le train omnibus 2 croise le train rapide 1 en X entre les gares A et B.
Le train de marchandises 3 croise le train 2 en Y entre les gares A et B.



Au contraire, en double voie (en bas de la Fig. 19) les trains peuvent passer plus vite, et il n'y a plus crainte d'accident de ce fait.

2 a gagné 10 mn.

3 a gagné 20 mn.

et ni en X, ni en Y, il n'y a eu de danger de tamponnement.

Ceci, bien entendu, n'est qu'un schéma, mais voici deux graphiques réels. Un premier, simple (Fig. 20) :

Creil-Gournay de 11 à 14 heures

En voie unique : le 6726 se gare à St-Germer pour se laisser dépasser par le 1010 et laisser passer le 6709 ; le 6709 attend le passage du 1010 pour quitter St-Germer.

Fig. 20. — GRAPHIQUE DE MARCHÉ DES TRAINS
SUR LA LIGNE DE GOURNAY A ST-PAUL ET DE ST-PAUL A CREIL.

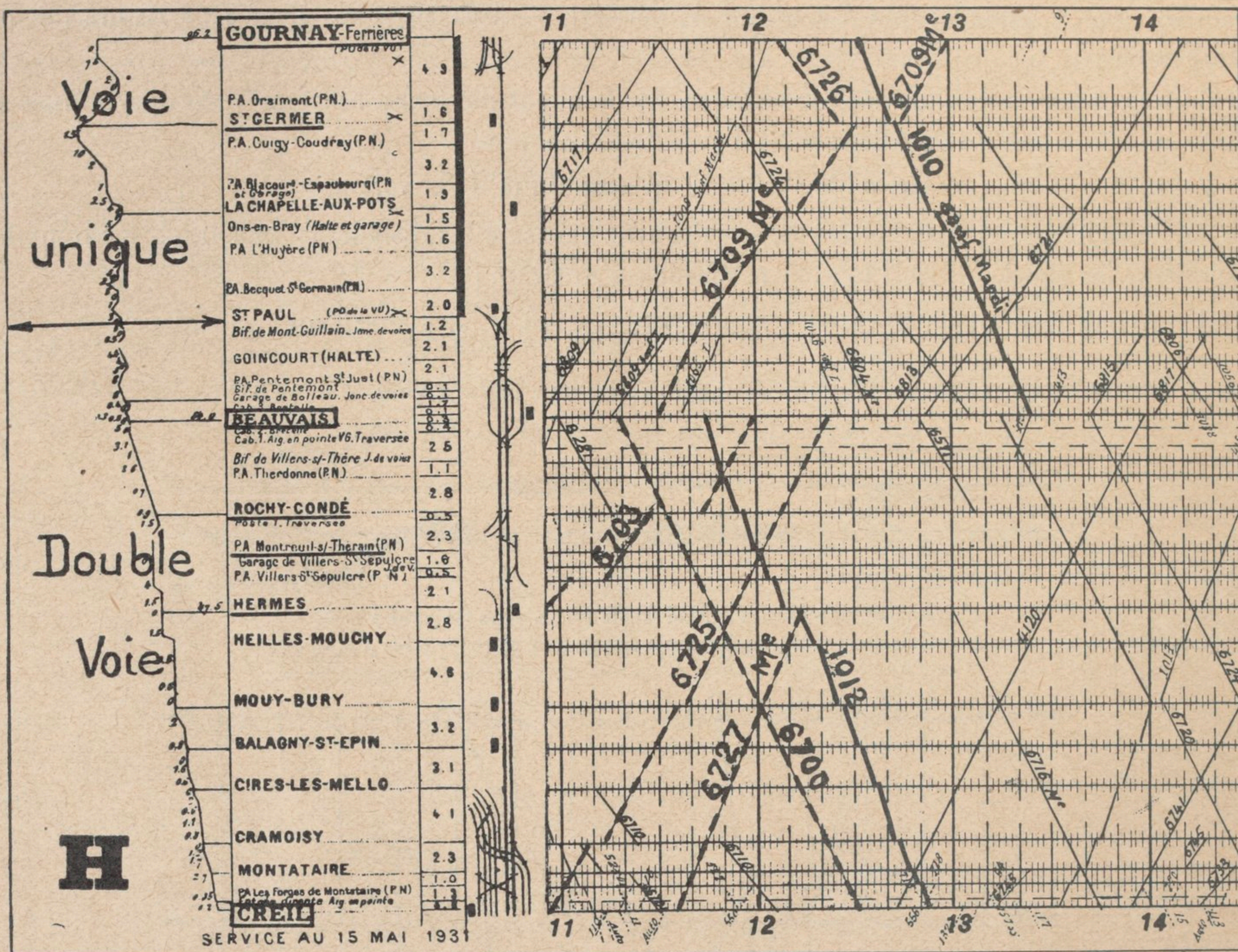
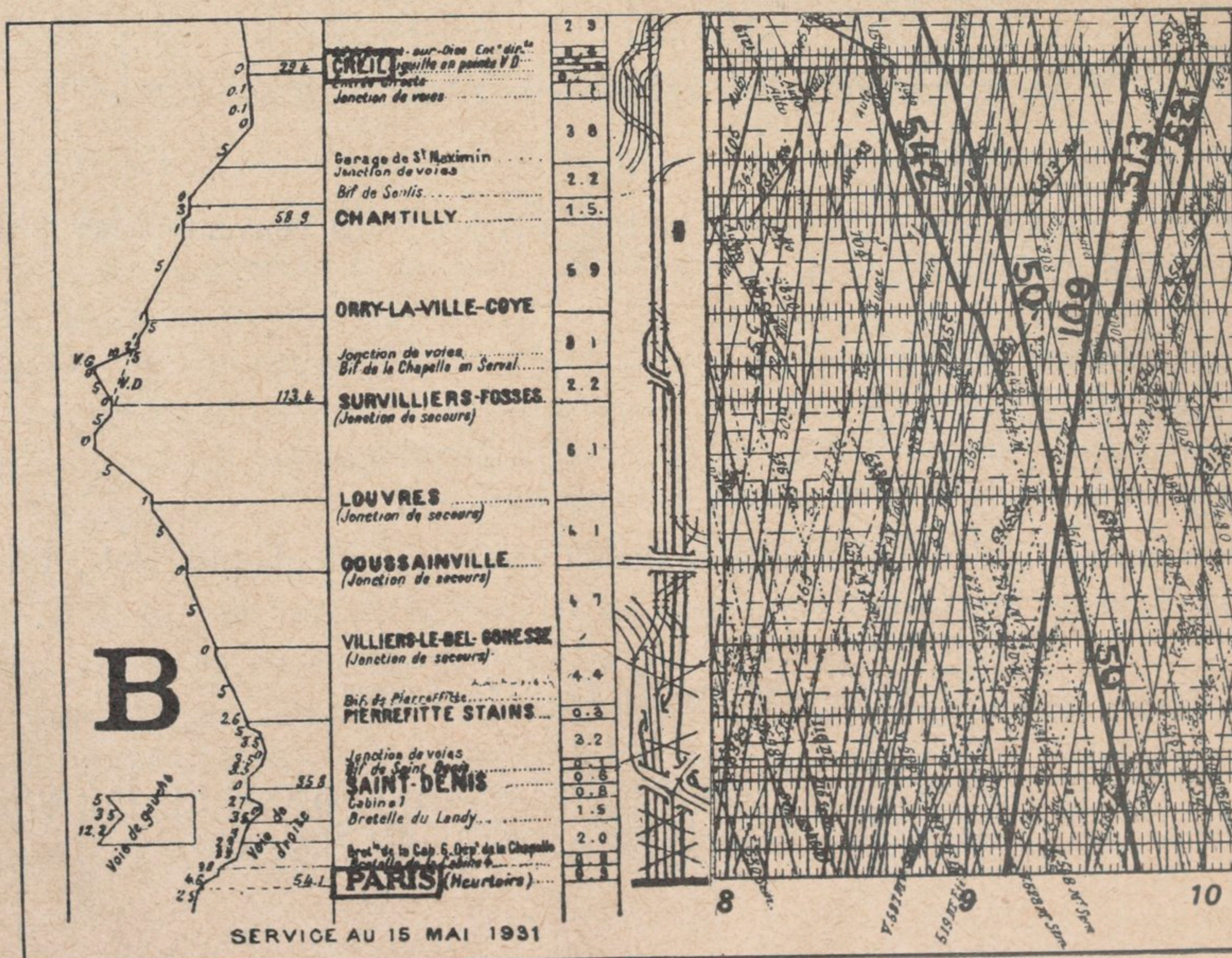


Fig. 21. — GRAPHIQUE DE MARCHÉ DES TRAINS
SUR LA LIGNE DE CREIL A PARIS.



En double voie : le 1012 et le 6703 se coupent à Rochy-Condé sans perte de temps.

le 1012 et le 6725 se coupent à Montreuil-sur-Thérain où il n'y pas de voie de garage.

le 1012 et le 6727 se coupent à Hermes sans que le 6725 ait été gêné par le 6700.

Voici un second graphique, très compliqué (Fig. 21) :

Paris-Creil de 8 à 10 heures.

De Paris à Survilliers, il y a quatre voies.

Les trains des voies des directs sont en plein, ceux des voies des locaux en pointillé.

Vous voyez le très intense courant des express et rapides du matin au départ de Paris, en plein et, en pointillé, vers Paris, les trains de banlieue. Les express vers Paris prennent les voies des rapides. C'est ainsi que le 542 a laissé la place libre au train 50, et le 513 et le 521 prennent leur place derrière le 109, le rapide de Bruxelles.

b) L'ESPACEMENT DES TRAINS

Grâce à ces graphiques, on peut établir les horaires des trains de manière à éviter tout accident, s'ils sont rigoureusement suivis. Mais comment empêcher les trains allant dans le même sens de *se rattraper* si l'un d'eux, pour un motif quelconque, doit ralentir.

Fig. 22. — SÉMAPHORE DE
DOUBLE VOIE EN POSITION
DE VOIE LIBRE.

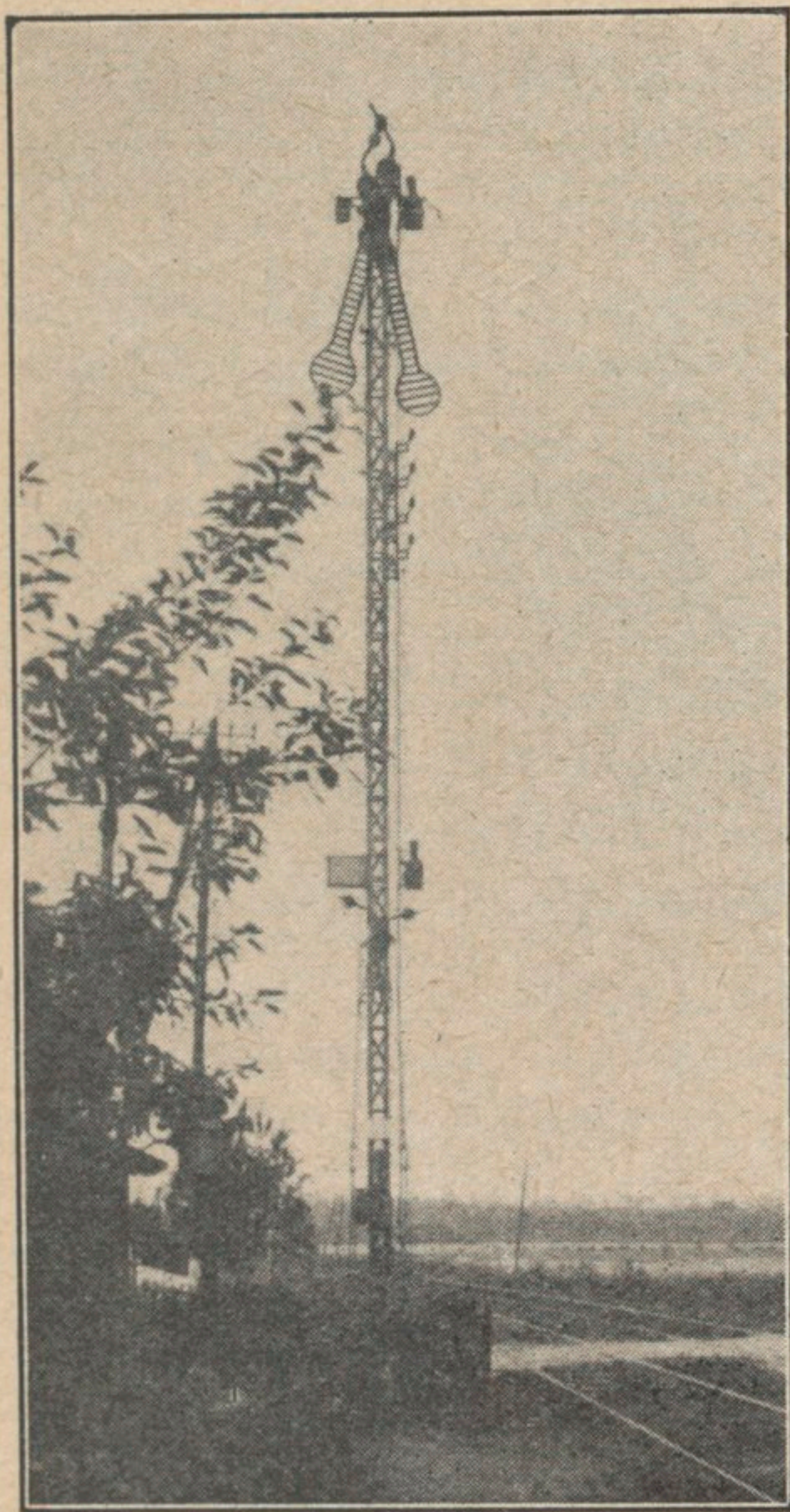
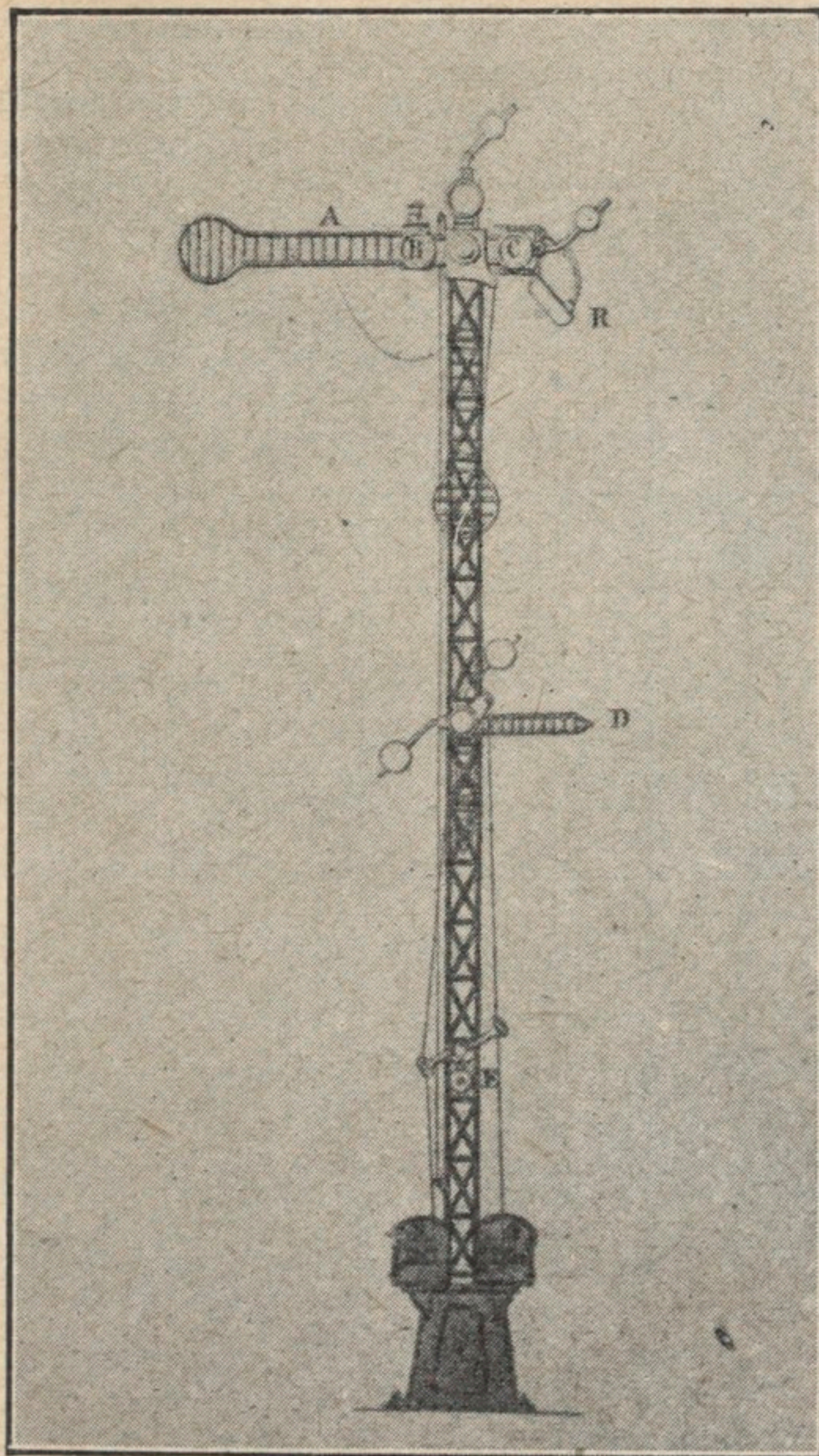


Fig. 23. — SÉMAPHORE DE
DOUBLE VOIE EN POSITION D'ARRÊT.



La figure 22 vous montre le signal employé à cet effet : c'est le sémaphore. Ici, il est à voie libre, quand aucun train n'est passé ; la grande aile est abattue et, la nuit, donne deux feux blancs.

Le train vient de passer, le garde a déployé la grande aile horizontalement qui présente, la nuit, un feu vert et un feu rouge (Fig. 23).

Vous revoyez ce train sur la figure 24 : il a dépassé le sémaphore C.

Fig. 24. — ESPACEMENT DES TRAINS SUR LA VOIE.
FONCTIONNEMENT DU BLOCK-SYSTÈME.

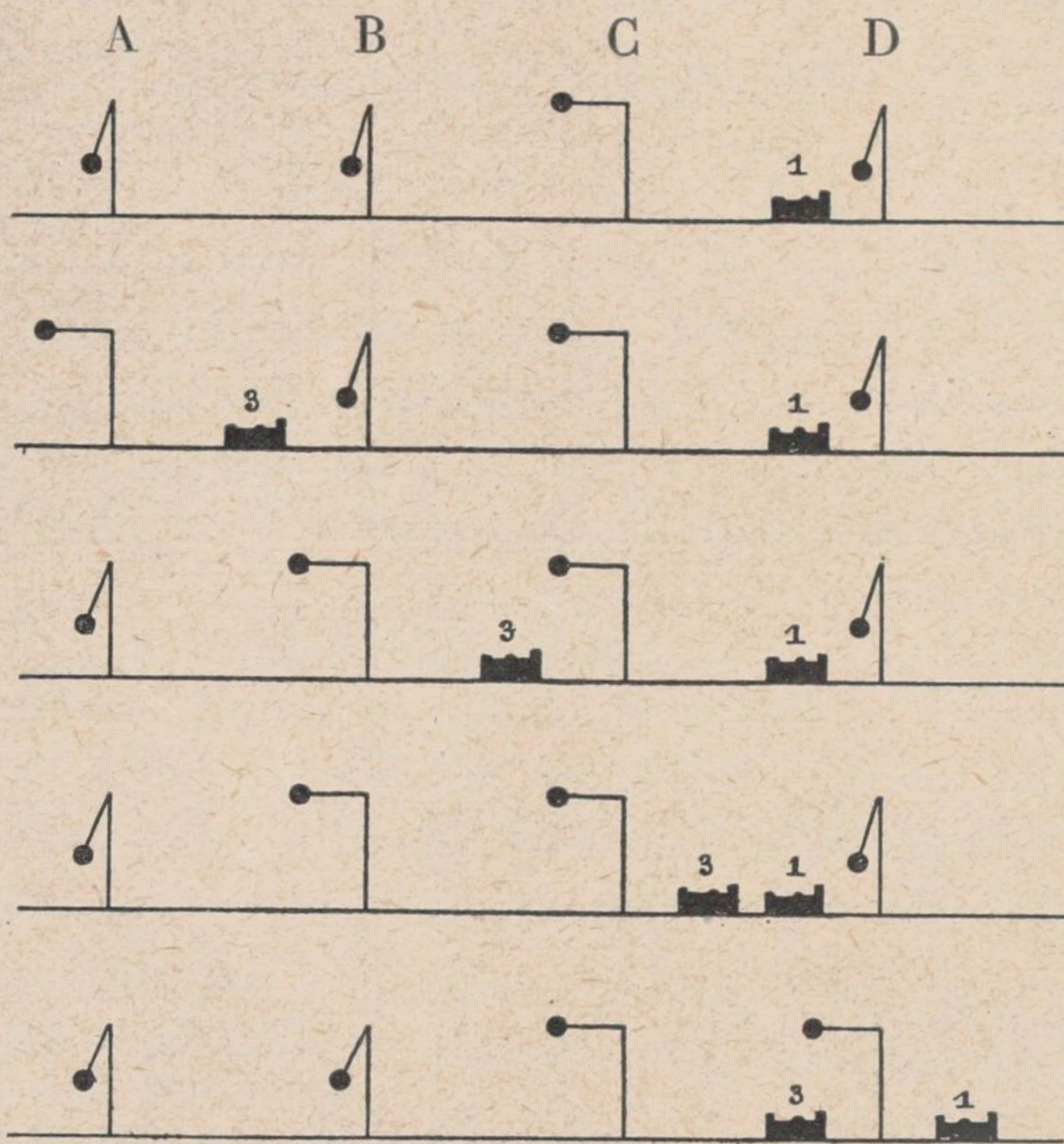
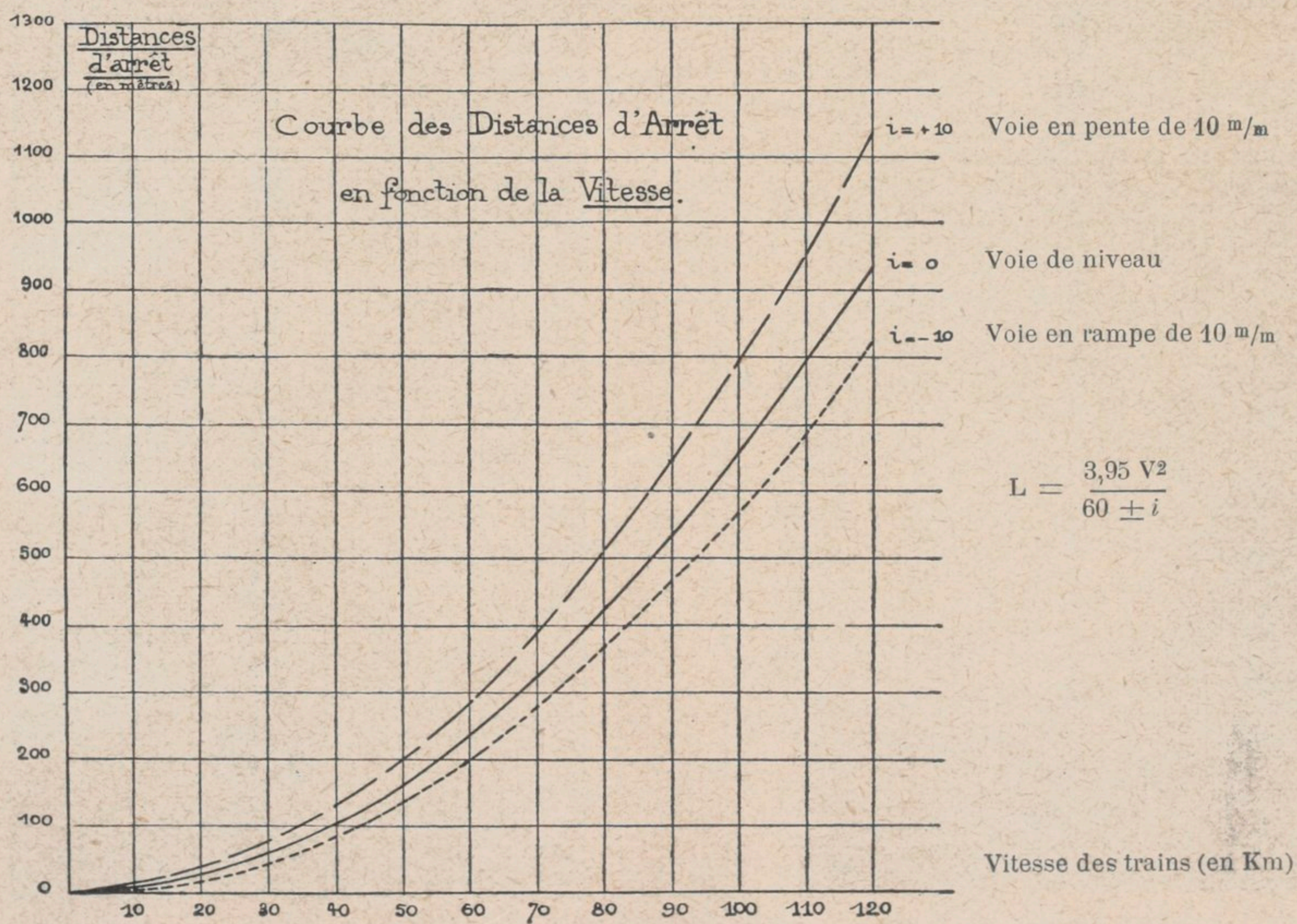


Fig. 25. — GRAPHIQUE DE LA COURBE DES DISTANCES
D'ARRÊT EN FONCTION DE LA VITESSE.



Si un deuxième train 3 survient, il s'arrêtera devant cette grande aile C qui restera horizontale, tant que le train 1 sera dans le canton C. D.

Ce n'est qu'au moment où ce train 1 dépassera D, quelques kilomètres plus loin, que le garde qui s'y tient déploiera D et, à l'aide d'un courant électrique, fera tomber C : nous disons dans notre jargon que D couvre le train 1 et débloque le sémaphore C ⁽¹⁾.

Vous voyez bien comment, par ce moyen, on évite que 3 rattrape 1. Mais, si D oubliait de débloquer C, ou si les fils électriques étaient coupés, 3 attendrait indéfiniment de pouvoir passer : ce n'est pas admissible, et c'est pourquoi le sémaphore n'est pas un signal d'arrêt *absolu*, mais un signal d'arrêt *franchissable* : 3, après s'y être arrêté, a le droit de repartir, le mécanicien ayant reçu un bulletin lui prescrivant de continuer sa marche avec prudence jusqu'en D (on dit que 3 pénètre en section bloquée) : il s'arrêtera à nouveau s'il rattrape 1 ou trouve D à l'arrêt : il reprendra sa marche si D est à voie libre, le train 1 ayant pris du large ⁽²⁾.

En théorie, ainsi, c'est très simple : en pratique, il y a de nombreuses difficultés, mais une surtout sur laquelle je veux insister : pour qu'un train en pleine vitesse puisse s'arrêter devant un sémaphore fermé, il faut qu'il soit *prévenu à temps*.

La distance nécessaire dépend de la vitesse du train (Fig. 25).

Voici le barème d'arrêt pour un train muni du frein continu, sur une voie en palier, en rampe de 10 mm et en pente de 10 mm. : à 120 km/h, la distance d'arrêt est, dans les trois cas de : 950 m, 800 m, 1 150 m.

Vous voyez que c'est considérable, certainement plus que vous ne le pensiez, et vous comprendrez qu'on ne peut, pour arrêter un train, se contenter de la distance de visibilité du signal. Il faut *l'annoncer* par un autre signal : A cet effet, on le fait précéder d'une palette placée à une distance égale à la distance d'arrêt :

Quand le train voit cette palette, il est renseigné sur la position du sémaphore suivant et peut freiner à temps si c'est nécessaire. Cette palette est inclinée vers le bas et donne, la nuit,

(1) Les dispositions précitées présentent toutefois une lacune au point de vue de la sécurité, car elles laissent toute liberté au garde en ce qui concerne le déblocage.

On peut donc craindre qu'au Poste D par exemple, le garde ayant reçu une annonce, manœuvre par inattention les appareils qui provoquent le déblocage à l'arrière et remette de ce fait à voie libre le Poste précédent C, bien que le train 1 n'ait pas franchi son Poste D, de telle sorte que 1 ne serait plus protégé par aucun sémaphore.

On a remédié à cette lacune en réalisant l'enclenchement dit « de dépendance ». Cet enclenchement a pour but de subordonner la manœuvre des appareils qui provoquent le déblocage d'un poste, à la manœuvre préalable des appareils qui provoquent le blocage, c'est-à-dire la mise à l'arrêt de la grande aile du sémaphore.

De cette façon, le garde ne peut débloquer intempestivement, car il lui faut, au préalable, mettre sa grande aile à l'arrêt, ce qui l'oblige à attendre que le train annoncé ait atteint son poste.

(2) 3, après s'être arrêté en C, pénètre dans la section bloquée C. D. où se trouve encore 1.

Du fait de l'enclenchement de dépendance, C dont la grande aile est à l'arrêt ne peut manœuvrer ses appareils de blocage au passage de 3 et, par suite, ne peut débloquer le poste arrière B : B reste donc à l'arrêt bien qu'il n'y ait plus de train dans la section B. C.

Il y a donc deux grandes ailes à l'arrêt B et C derrière les deux trains 1 et 3 qui se trouvent dans la section C. D.

(D'une façon générale, le jeu des enclenchements de dépendance est tel que derrière n trains se trouvant dans une section, il y a toujours n grandes ailes à l'arrêt).

Lorsque 1 sort de la section C. D., D met sa grande aile à l'arrêt pour couvrir 1 déblocage C. — A ce moment, C manœuvre ses appareils de blocage pour couvrir 3. Il peut alors débloquer B qui se remet à voie libre.

Ces opérations de couverture et de déblocage effectuées, après le passage du train qui a pénétré en section bloquée, constituent ce qu'on appelle le rattrapage des manœuvres en retard ou l'amortissement des trains pénétrés en section bloquée (Pour n trains entrés dans la section, il y aurait n manœuvres de blocage et de déblocage).

une ligne de feux blancs quand le sémaphore qu'elle annonce est à voie libre (Fig. 26) et est horizontale avec une ligne de feux verts la nuit (Fig. 27) quand ce sémaphore est à l'arrêt.

Fig. 26. — PALETTE SEM EN POSITION DE VOIE LIBRE.

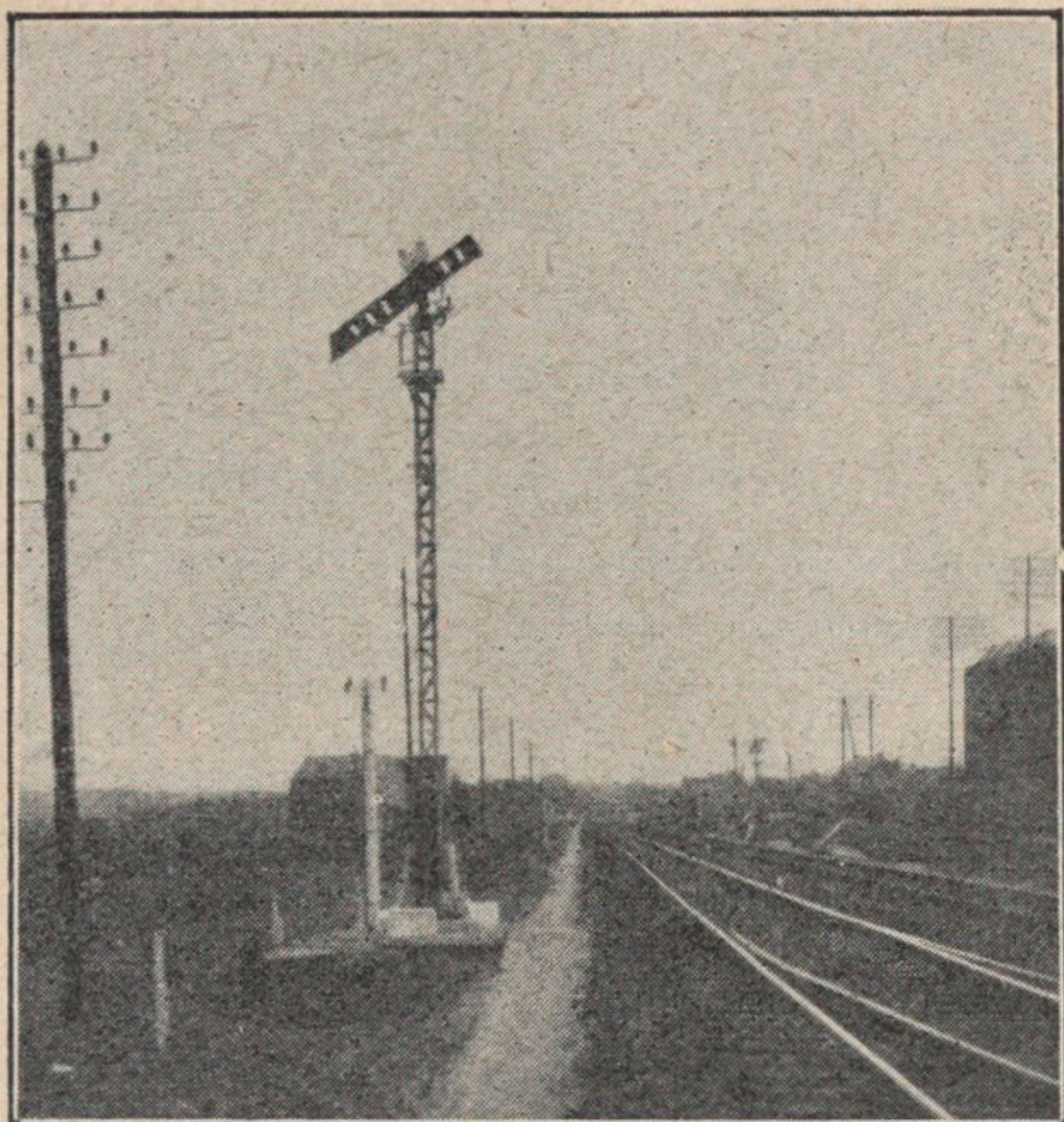
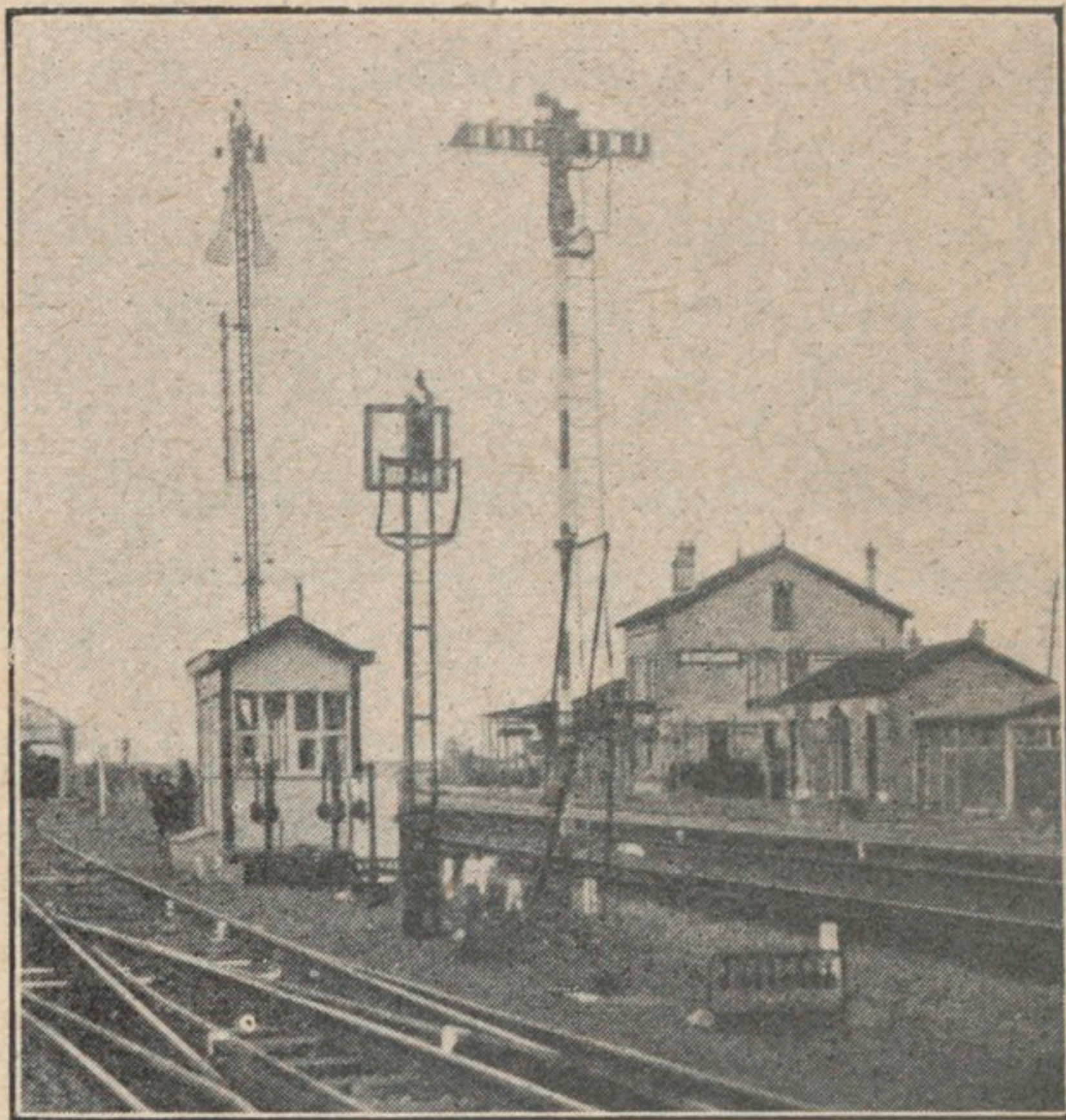


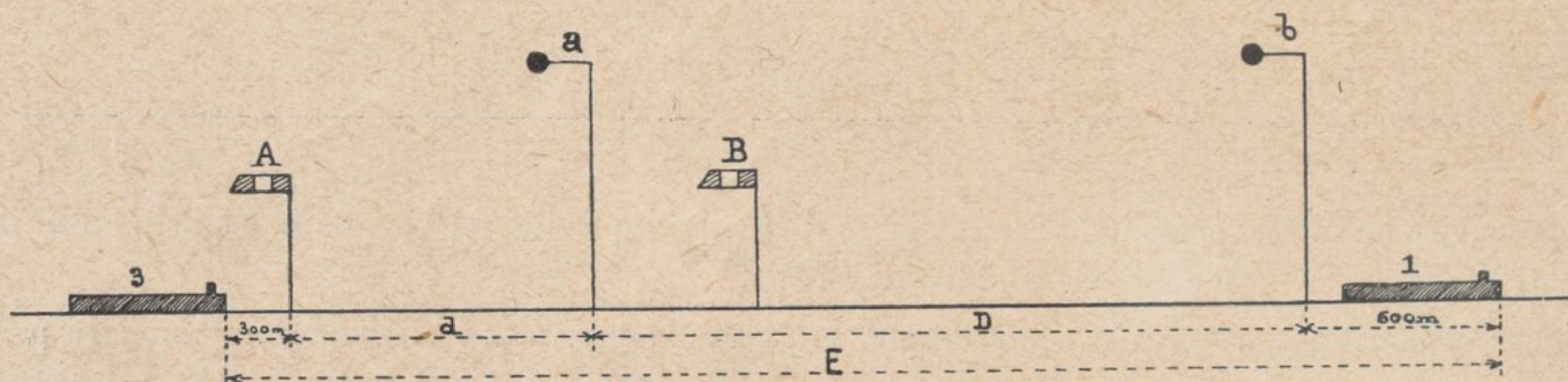
Fig. 27. — PALETTE SEM EN POSITION D'ARRÊT.



L'importance de ce signal est considérable, puisque, faute de l'observer, le mécanicien risquerait de ne pas pouvoir arrêter son train en temps utile.

Sans parler des dépenses qu'ils causent, il faut noter que la présence de ces signaux impose

Fig. 28. — INTERVALLE MINIMUM ENTRE DEUX TRAINS.



L'espacement de deux trains est

$$E = D + d + 300 \text{ m} + 600 \text{ m}$$

D = longueur d'un canton de block

$$d = \text{distance de freinage} \quad d = \frac{3,95 V^2}{60 - 2}$$

300 m = distance de sécurité (manœuvre des appareils)

600 m = longueur du plus long train

aux trains un espacement minimum, si on veut qu'ils ne soient jamais ralentis dans leur marche, c'est-à-dire qu'ils voient normalement tous les signaux à voie libre.

NOTA. — Les sémaphores étant destinés essentiellement à assurer l'espacement des trains, on doit les implanter de manière qu'ils ne soient en aucune façon une gêne pour la circulation de deux trains successifs ; autrement dit, il faut qu'au moment où un train franchit un sémaphore et y est débloqué à l'arrière, le train suivant n'ait pas encore abordé la palette annonciatrice du poste précédent.

On voit donc que l'espacement minimum entre deux trains est égal à la distance « D » qui sépare deux sémaphores consécutifs, augmentée de la longueur d'un train (600 m) et de la distance « d » entre chaque sémaphore et la palette correspondante ; mais il convient de laisser une marge pour tenir compte du temps mort correspondant aux opérations de déblocage, marge que l'on prend en général de l'ordre de 300 m.

En résumé, l'espacement entre deux trains est de : $E = D + d + 300 \text{ m} + 600 \text{ m}$.

Inversement, si on donne la vitesse V de deux trains successifs en km/h et l'intervalle de temps t en minutes prévu au graphique entre deux trains, on en déduit l'espacement maximum entre deux sémaphores consécutifs qui est de :

$$D = \frac{100 V t}{6} - (d + 900)$$

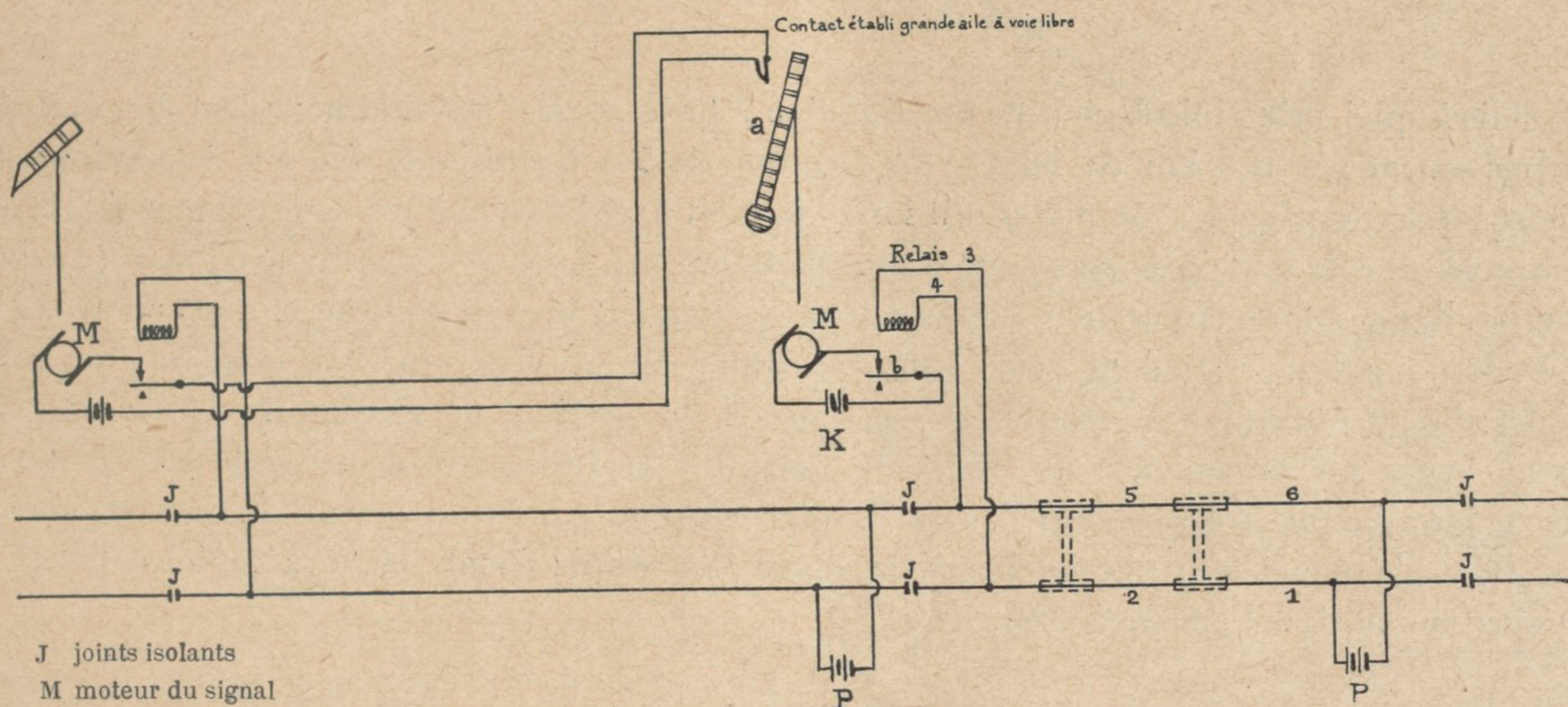
C'est ce que vous montre la figure 28 : sans entrer dans plus de détails, il vous suffira de savoir que sur une ligne en palier on ne peut tomber pratiquement à moins de 3 kilomètres d'espacement, c'est-à-dire 5 à 6' pour des trains de marchandises et encore au prix d'un très grand nombre de sémaphores et de palettes et surtout d'une grande dépense de personnel pour leur manœuvre, conséquence inévitable de la sécurité désirée.

c) LE BLOCK AUTOMATIQUE.

× Heureusement, une invention ingénieuse, le block automatique, a permis de multiplier les signaux sans dépense de personnel, tout en accroissant les garanties de sécurité.

Le figure 29 vous en explique le principe.

Fig. 29. — BLOCK AUTOMATIQUE PAR GRANDES AILES.



La pile P envoie du courant qui suit le circuit 1, 2, 3, 4, 5, 6, grâce au fait que la section de voie 1-2-5-6 est isolée des autres files de rails par des joints en fibre J et du sol par ses traverses en bois.

Tant que le courant passe dans le relais 3-4, il y soulève, grâce à un électro-aimant une palette *b*, qui maintient le courant de la pile K dans le moteur M manœuvrant la grande aile *a* : celle-ci reste à voie libre.

Lorsqu'un train arrive en 2-5, l'essieu en métal du train livre passage au courant de P, qui ne passe plus dans 3-4, l'armature *b* tombe, le courant de K ne passe plus dans le moteur, la grande aile *a* se relève en position horizontale, grâce à son équilibrage par un contrepoids.

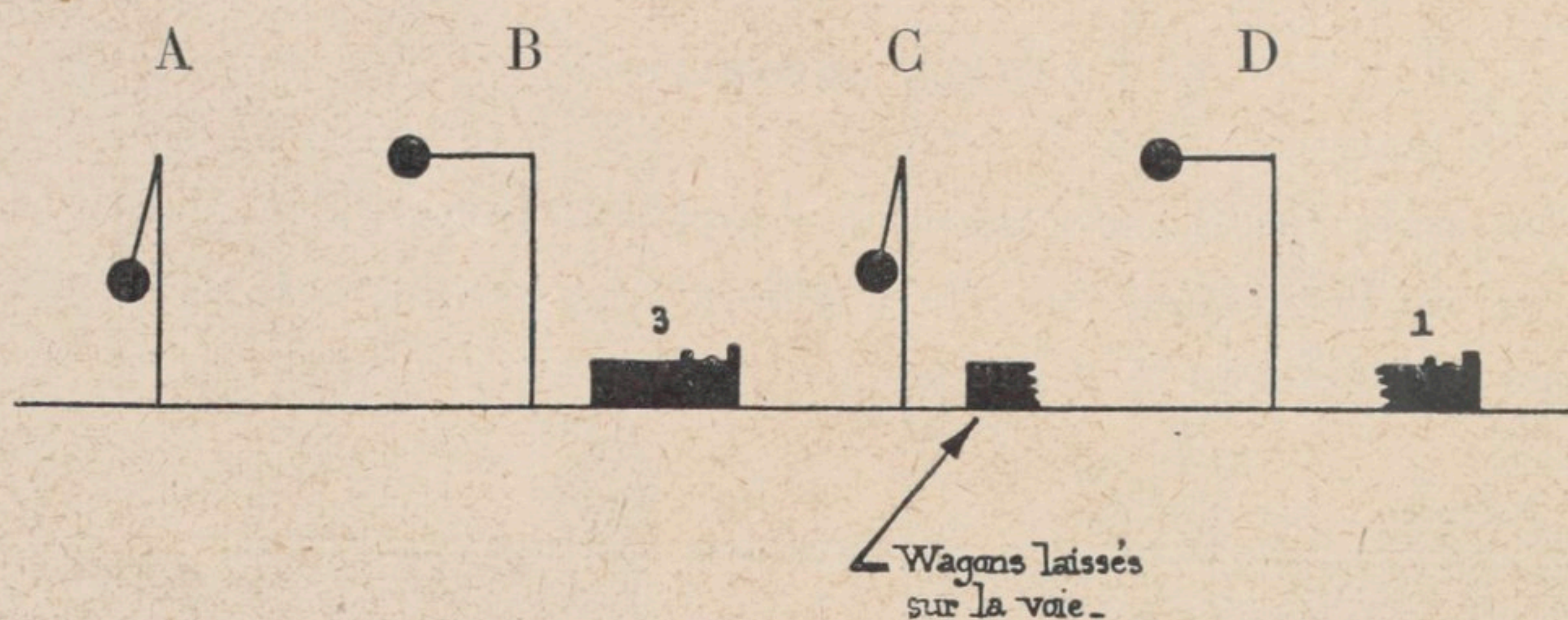
— En même temps, elle actionne un autre relais qui joue le même rôle pour sa palette annonciatrice A que 3-4/6 pour elle.

La manœuvre inverse se produit quand le train quitte la section. ×

Ainsi d'une part, les signaux se fermant et s'ouvrant tout seuls, il n'y a plus besoin de personnel à pied d'œuvre ; d'autre part, on n'a pas à craindre d'oubli : dans le block ordinaire, par exemple (Fig. 30) le sémaphoriste D débloque le sémaphore C précédent, je vous l'ai dit, lorsqu'il a vu le train 1 passer, mais si ce train a, par suite d'une rupture d'attelage, laissé un

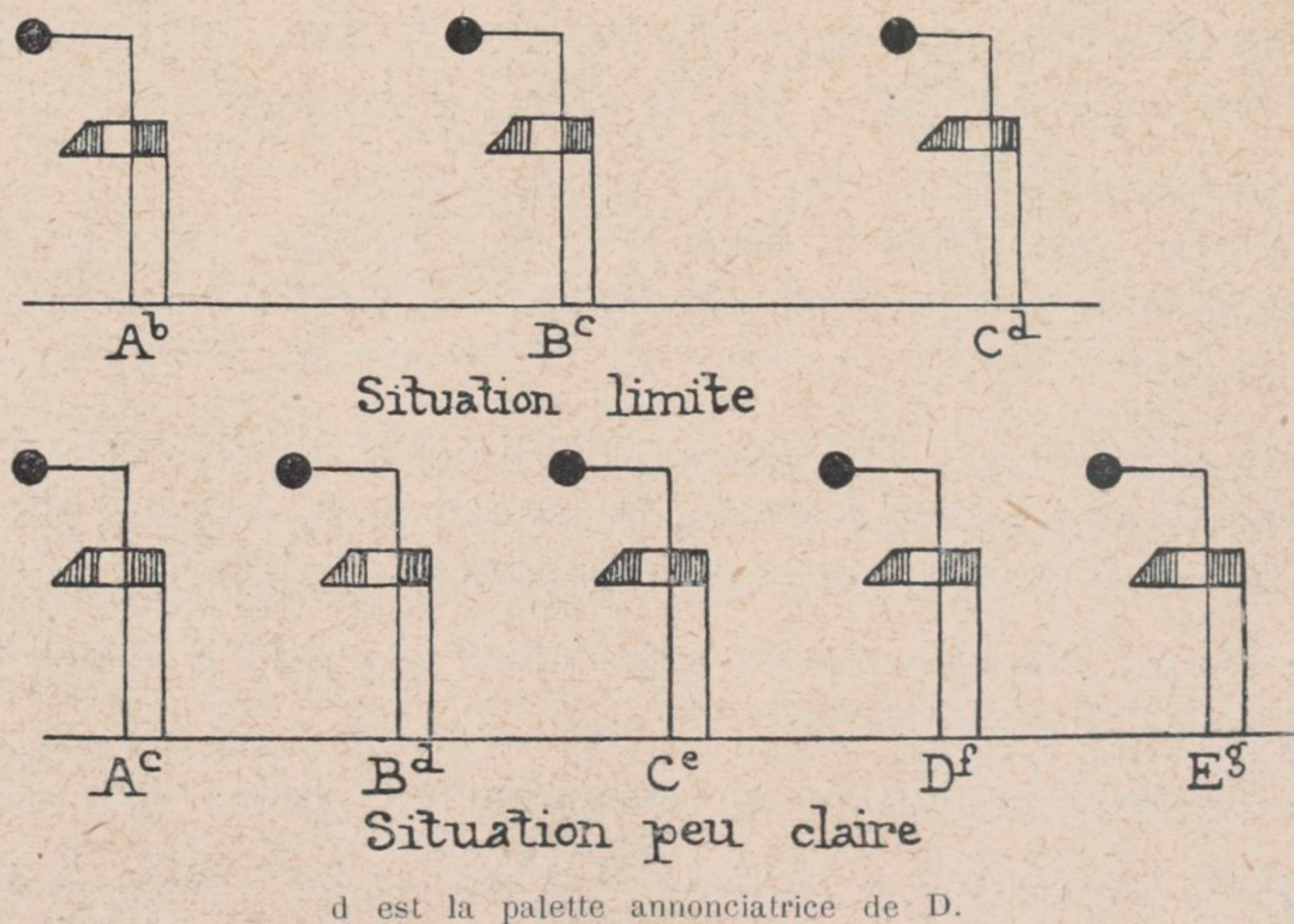
wagon sur la voie, le sémaphoriste peut ne pas s'en apercevoir et débloquer quand même : le train suivant 3 passera en *c* sans s'arrêter et tamponnera ce wagon ; c'est un accident qui s'est déjà produit et que le block automatique rend impossible.

Fig. 30. — RUPTURE D'ATTELAGE.



Mais à quel prix obtient-on cette amélioration ? La dépense d'établissement peut être évaluée actuellement par 100 km de ligne à une somme de 5 à 6 millions, s'il y a 30 sections de block sur cette distance, de 8 à 9 millions s'il y en a 70. Ces chiffres sont compensés, il est vrai, par une économie de personnel qui peut atteindre 1 million à 1 million 1/2 par 100 km sur les lignes à forte circulation. Ce sera donc de l'argent bien placé lorsque nous pourrons le dépenser ; notez, cependant, car cette remarque me servira plus tard, qu'on ne peut indéfiniment multiplier le nombre des signaux et des sections de voie qu'ils délimitent, car pour éviter au mécanicien un effort de mémoire inadmissible, il ne faut pas, sauf cas exceptionnels, placer les signaux d'arrêt à une distance inférieure à leur cote d'annonce : sinon, en effet, l'annonceur chevaucherait le signal d'arrêt précédent, et le mécanicien pourrait hésiter sur le signal annoncé (Fig. 31).

Fig. 31.



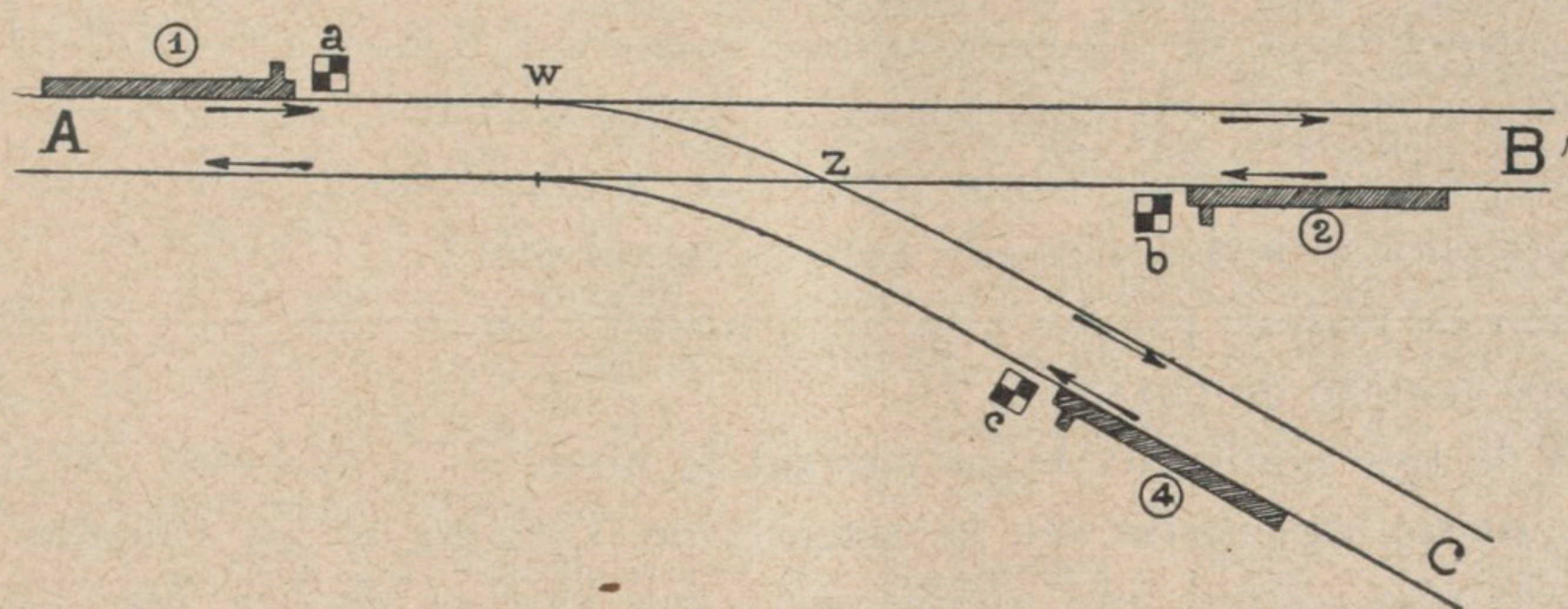
La palette *d*, dans l'exemple du bas de cette figure, annonce le sémaphore D et non pas le sémaphore C qui la suit.

d) LA BIFURCATION.

Abordons maintenant un autre problème : il ne suffit pas que les trains se suivent sans se rattraper, il faut encore qu'aux croisements ils ne se rencontrent pas : c'est le problème de la Bifurcation.

Voici une Bifurcation (Fig. 32) : de A, on peut, *en pointe*, aller vers B ou vers C, de B et de C on va *en talon* vers A.

Fig. 32. — SCHÉMA D'UNE BIFURCATION DE DOUBLE VOIE.



Un train venant de A peut aller vers B sans crainte. Vers C, il n'en est pas de même. Si, en effet, au même moment un train 2 vient de B vers A, il faut, soit arrêter le train 1 devant la bifurcation par un signal *a* annoncé à la distance d'arrêt bien entendu, ou bien arrêter 2 par le signal *b*.

De même, si un train 4 vient de C, il faut, ou bien arrêter 2 par *b* ou arrêter 4 par *c*.

Cela est réalisé à l'aide de signaux : carré à damier rouge et blanc pour l'arrêt, présentant,

Fig. 33. — SIGNAL CARRÉ
EN POSITION D'ARRÊT.

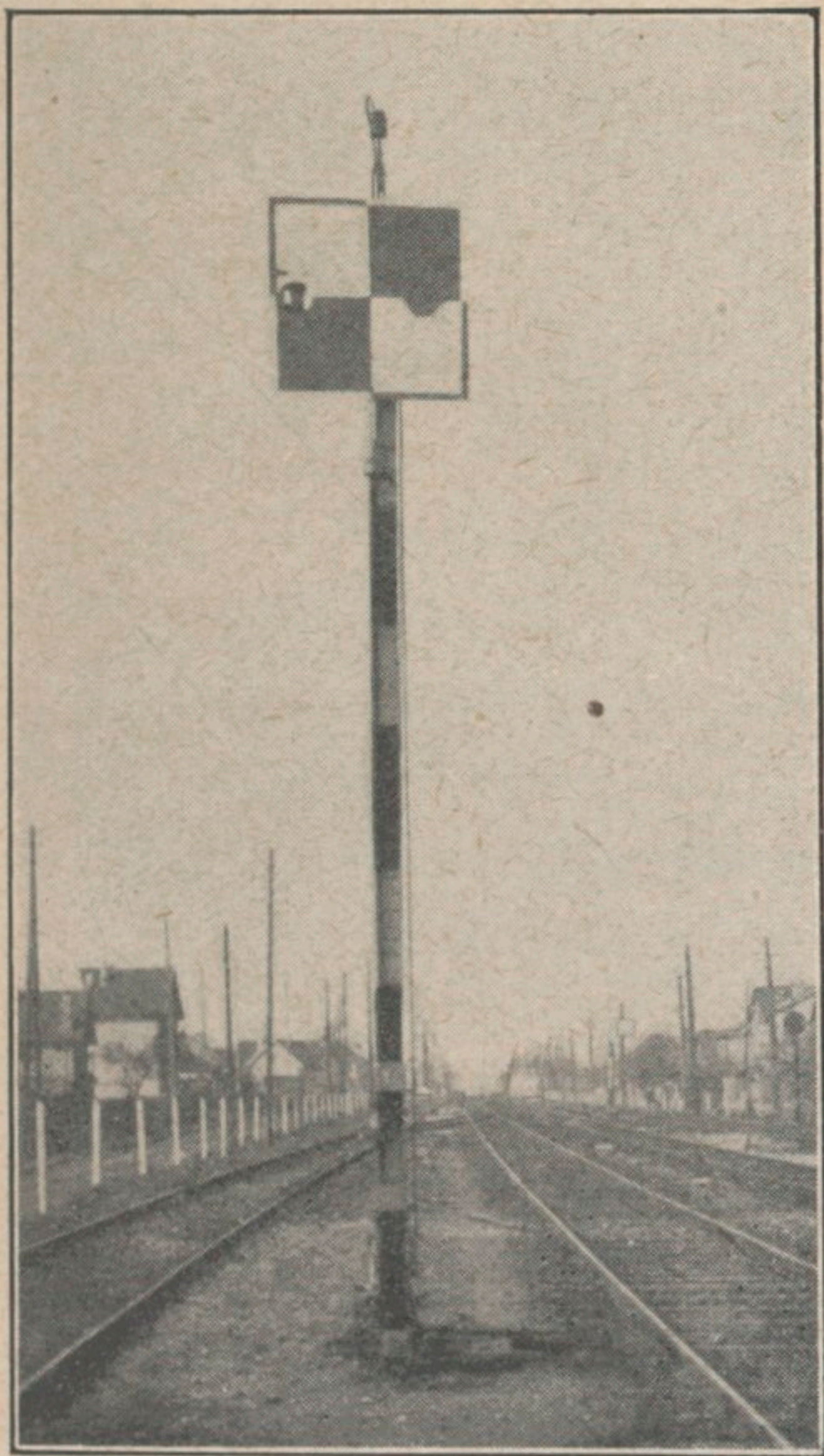
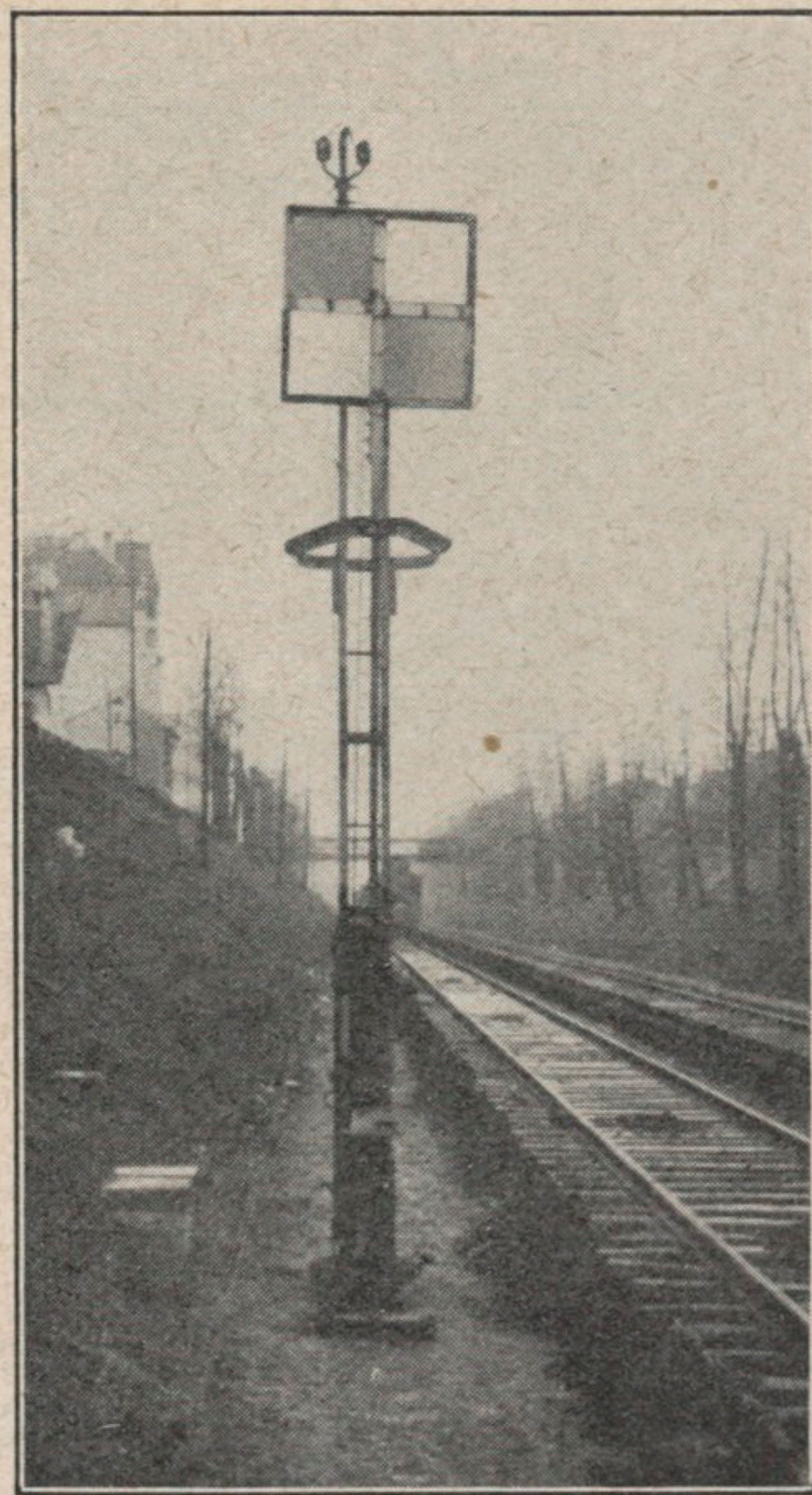


Fig. 34. — SIGNAL CARRÉ
EN POSITION DE VOIE LIBRE.



Fig. 35. — INDICATEUR A DAMIER
EN POSITION D'ARRÊT.



la nuit, deux feux rouges (Fig. 33); de jour, effacé, et, la nuit, par un feu blanc, il indique la voie libre (Fig. 34);

Annonciateur à damier vert et blanc pour l'annonce, présentant, la nuit deux feux verts (Fig. 35).

Notez bien que, ici, le signal d'arrêt est d'un type différent du sémaphore parce qu'il est *infranchissable* dans sa position d'arrêt par opposition au sémaphore qui l'était : pour le sémaphore, en effet, le mécanicien une fois prévenu il n'y a plus de danger ; à la bifurcation, au contraire, il y a toujours danger de prise d'écharpe sur la cisaille Z (Fig. 32).

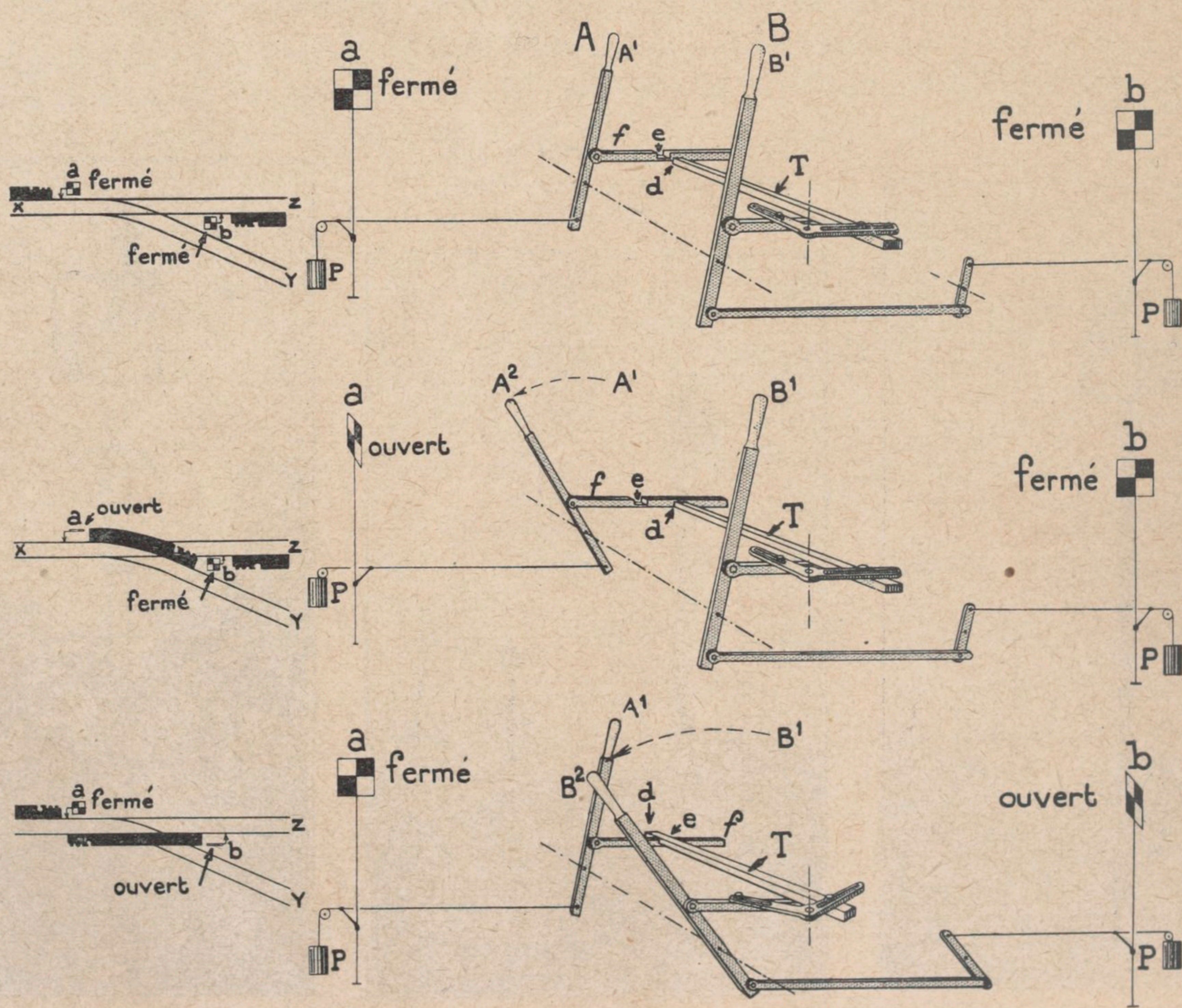
C'est simple, en principe, mais, en pratique, le problème est plus compliqué parce que, étant donné ce grave danger, on n'a pas voulu se contenter de donner à l'aiguilleur qui manœuvre les leviers de commande des signaux l'ordre de ne pas ouvrir *a*, par exemple, pour 1 vers C si le train 2 doit passer le premier : on a voulu que, *matériellement*, il ne puisse pas, lorsque *b* est ouvert, manœuvrer le levier *a* pour ouvrir ce signal vers C.

Cette condition est réalisée par des « enclenchements » un mot que vous verrez fréquemment revenir dans une bouche de cheminot.

Ceux-ci sont de très nombreux types suivant le mode de manœuvre des signaux et leur usage est une partie essentielle de la science de l'Ingénieur du Chemin de fer. C'est malheureusement une science très compliquée aussi bien en théorie pour prévoir tous les enclenchements nécessaires, sans en prévoir d'inutiles qui viendraient compliquer le problème de la circulation, qu'en pratique pour les réaliser *correctement* et *solidement*.

Sans entrer dans le détail de leur emploi, je voudrais seulement par un exemple simple, vous montrer leur principe (Fig. 36).

Fig. 36. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'ENCLENCHEMENTS RÉALISÉS ENTRE AIGUILLES ET SIGNAUX.



Le levier A manœuvre le signal *a* : s'il est en A^1 , le signal, tiré par le contrepoids P est fermé, s'il est en A^2 , le signal est ouvert pour aller de Z vers X.

Pour éviter tout accident, l'ouverture de *a* doit empêcher celle de *b* et réciproquement.

A cet effet, le levier B si on l'ouvre de B^1 en B^2 déplace vers la gauche la tringle T : cela est possible si A est en A^1 , c'est-à-dire si le signal *a* est fermé, car alors l'extrémité de la barre *d* peut entrer dans l'encoche *e*. Et une fois B en B^2 on ne peut plus ouvrir *a* car le doigt *d* entré dans l'encoche *e*, immobilise la barre *f*. Inversement, lorsque *b* est fermé, on peut ouvrir *a* puisque l'extrémité de la barre *d* n'est pas dans l'encoche, mais une fois *a* ouvert, *d* est devant une partie pleine de la barre *f* et on ne peut plus ouvrir *b*.

Ces enclenchements basés sur un principe analogue ou sur d'autres (Saxby par exemple) existent entre tous les signaux, entre les aiguilles et les signaux pour n'ouvrir ceux-ci que si les premières sont bien disposées, entre le signal d'arrêt et son annonciateur, pour que celui-ci soit bien fermé quand le premier l'est, etc..

La généralisation de ces enclenchements coïncide avec le groupement dans des cabines de concentration de l'ensemble des leviers de manœuvre des signaux et appareils de voie : cabines mécaniques d'abord, cabines à fluide pneumatique ou hydropneumatique, cabines électriques enfin, sur lesquelles nous reviendrons.

Ne pourrait-on cependant pas, dans le cas d'une bifurcation, éviter ces complications et, en particulier le risque de tamponnement au point Z entre 1 et 2, si l'un des deux trains *ne respecte pas le signal d'arrêt* ? C'est désirable, car cette crainte n'est pas vaine, plusieurs accidents l'ont démontré

C'est parfois possible à l'aide d'un « saut de mouton ».

Comparez les deux dessins ci-contre (Fig. 37 et 38) :

Vous voyez figure 32, la voie A vers C a joué à saut-de-mouton par-dessus les voies A vers B et B vers A : il n'y a plus de danger de tamponnement.

Fig. 37. — BIFURCATION AVEC TRAVERSÉE A NIVEAU

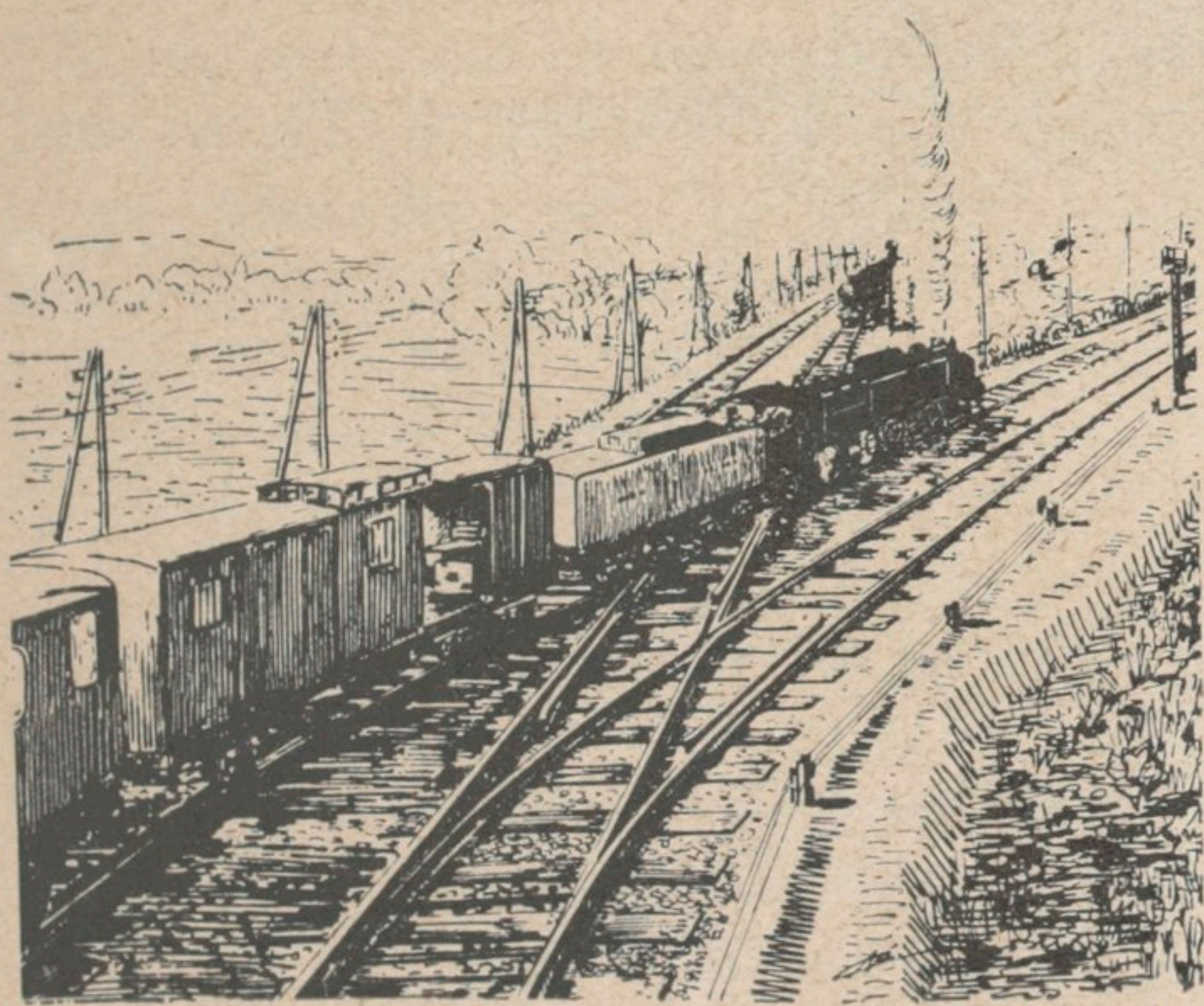
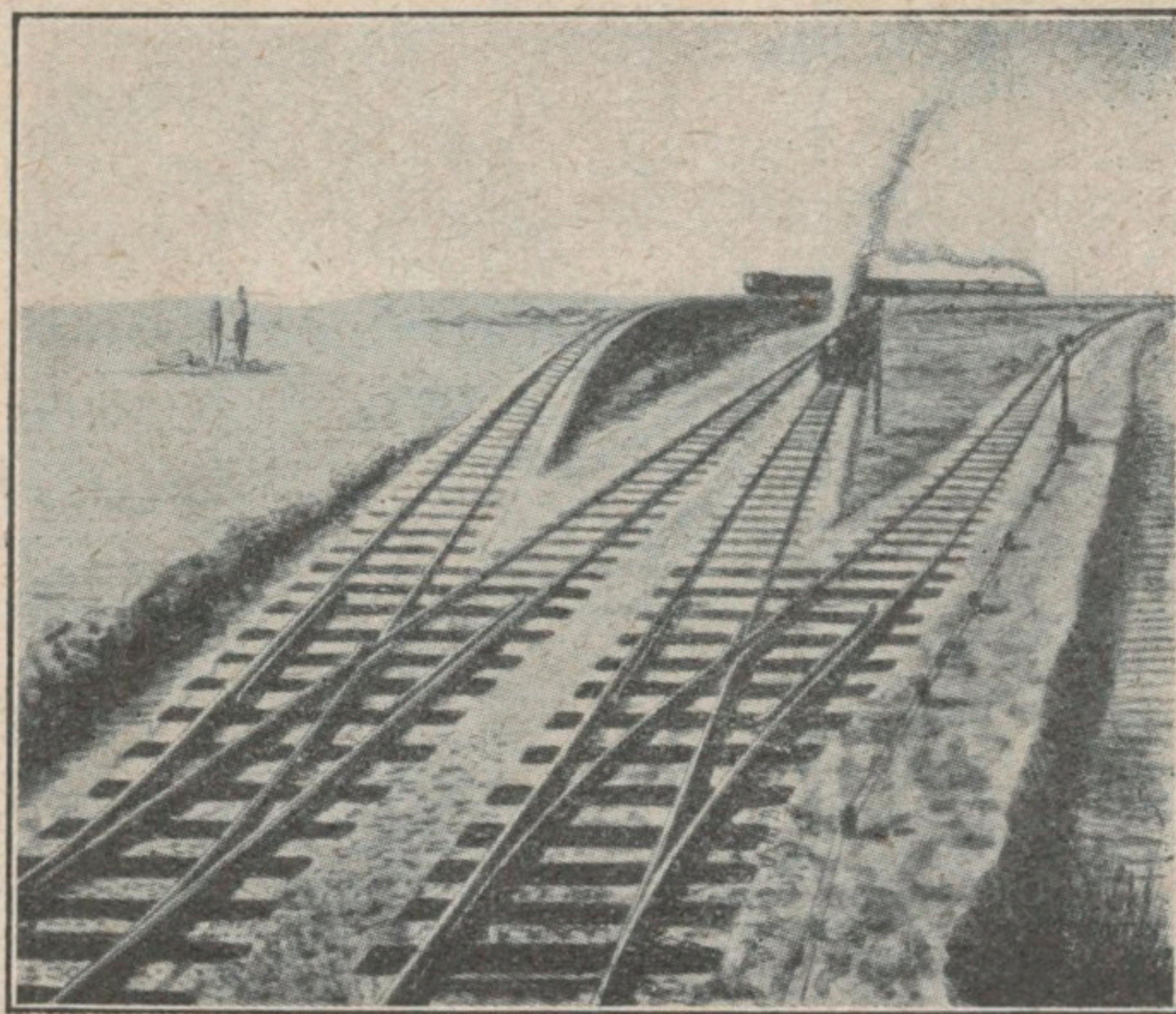


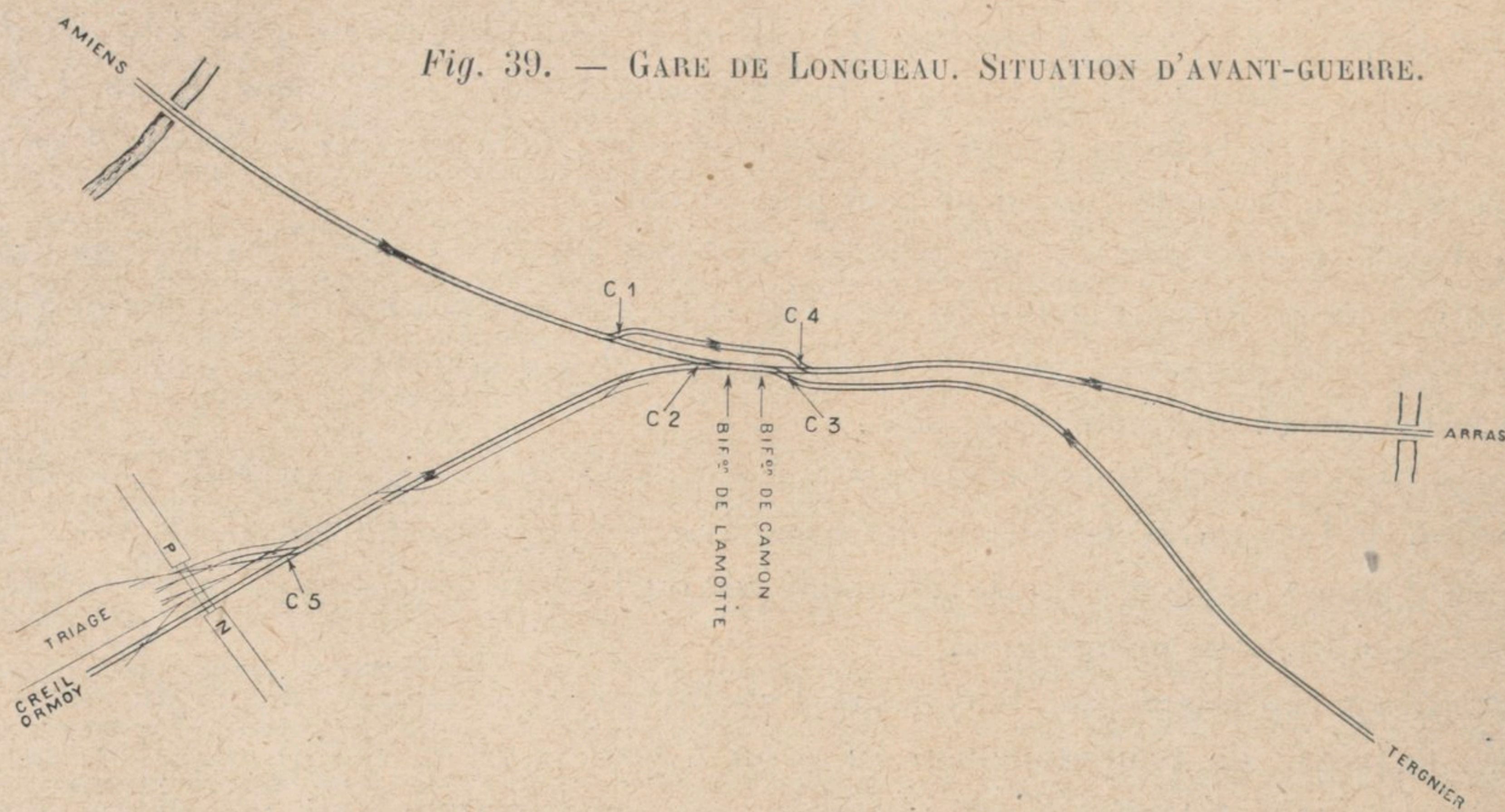
Fig. 38. — BIFURCATION AVEC SAUT DE MOUTON.



Partout où semblable travail a pu être réalisé, les Chemins de fer n'ont pas hésité à le décider, mais malheureusement, la traversée des voies principales ne peut pas être évitée partout, car il reste des relations indispensables entre les différentes voies : il faut bien en particulier que les

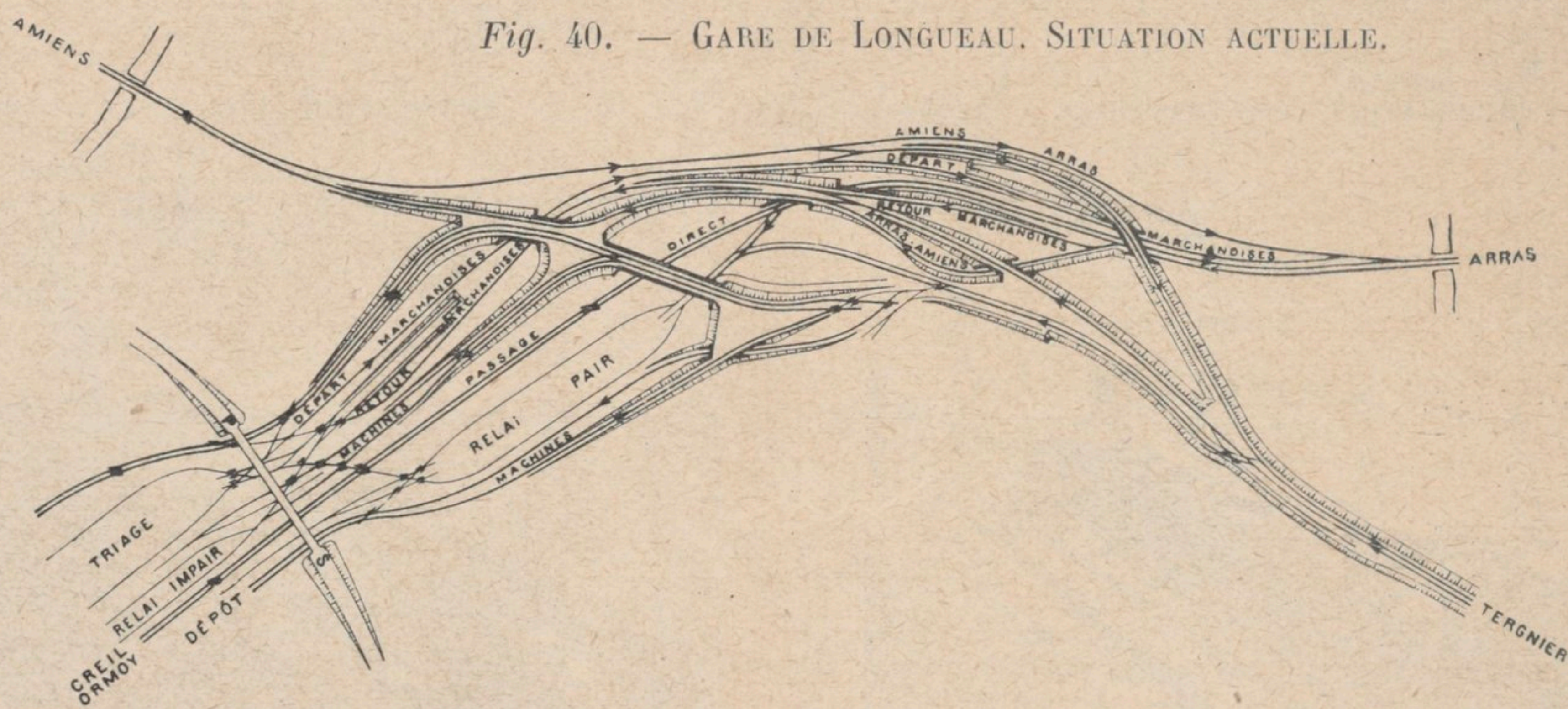
trains convergent sur la même voie quand ils abordent la bifurcation en talon, de B ou de C vers A.

En outre, sans parler des difficultés parfois très grandes d'établissement des sauts de mouton, par suite du terrain ou de la présence d'obstacles naturels ou autres, il ne peut être question de



généraliser sans discernement ces gros ouvrages aux bifurcations ou aux traversées peu fréquentées, car leur prix est presque prohibitif.

• Vous voyez par les figures 39 et 40 l'aspect des sauts de mouton à Longueau, qui représentent une des plus belles applications de la suppression complète des cisailles.



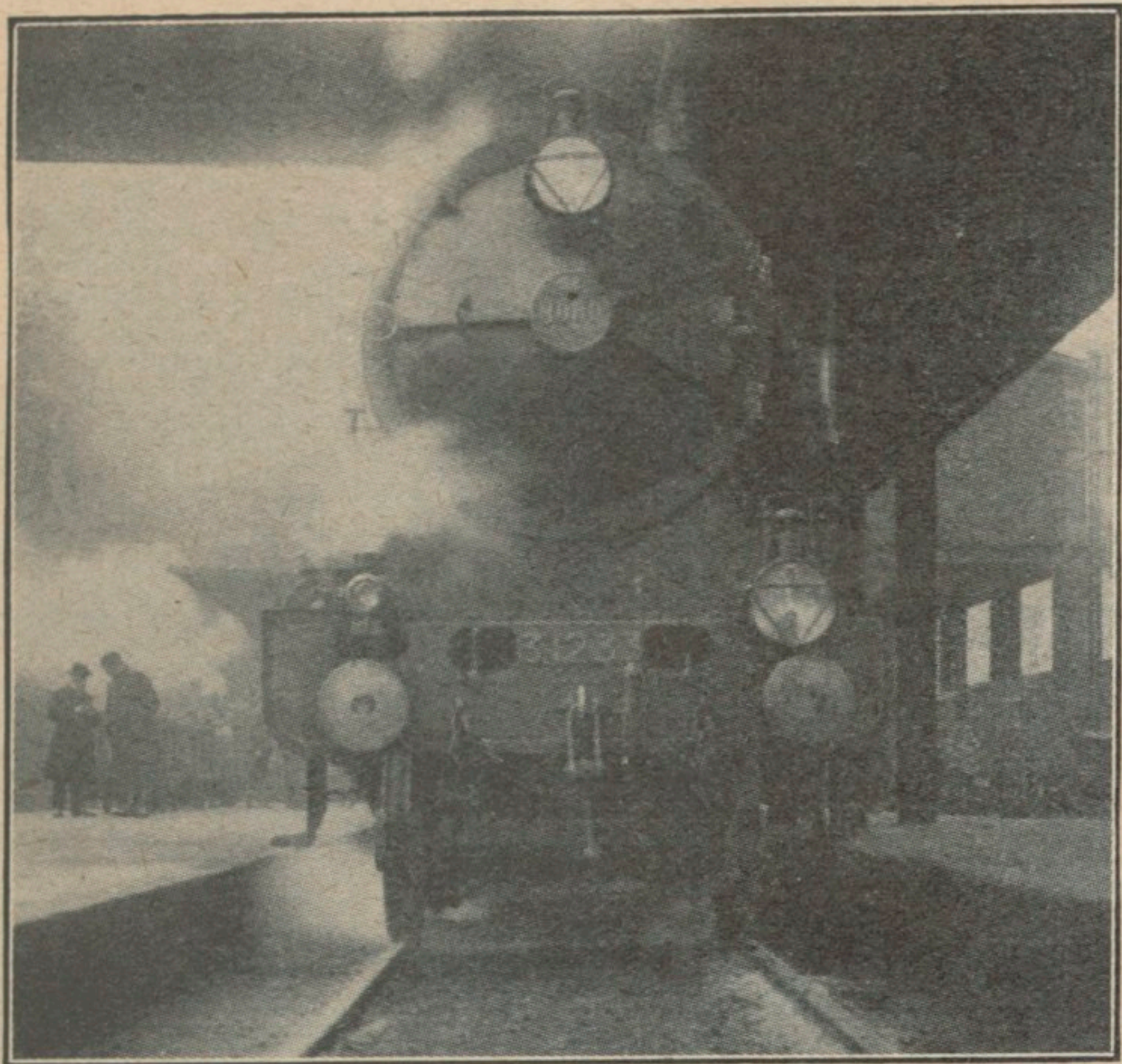
J'ajouterai seulement que ce travail a représenté une dépense de 28 millions d'un franc encore incomplètement dévalorisé.

e) L'AIGUILLE EN POINTE.

Il reste d'ailleurs encore un danger, même avec les sauts de mouton, et non négligeable, c'est celui de l'aiguille en pointe : reprenons sur la figure 32 le train 1 venant de A ; il peut aller, soit vers B, soit vers C. C'est l'aiguille en pointe *w* qui le décidera.

En effet, vous savez que si le mécanicien d'un train est maître de sa vitesse, il ne l'est pas de sa direction : celle-ci est assurée par le contact du boudin des roues sur les rails (Fig. 41).

Fig. 41. — GUIDAGE DU BOGIE AVANT D'UNE LOCOMOTIVE PAR LES RAILS.



Le train est tenu dans la direction des rails parce que le boudin *a* l'empêche d'aller à droite en frottant sur le rail A, le boudin *b* d'aller à gauche en frottant sur le rail B (Fig. 42).

A une bifurcation, les lames d'aiguille C et D (Fig. 42) se plaçant dans la position 1 pour aller à droite : C s'efface et D force le boudin *b* à prendre la droite et donc tout le train.

Pour aller à gauche dans la position 2, C force le boudin *a* à prendre la gauche.

Mais alors, deux dangers apparaissent :
— celui de la déviation inopinée ;
— celui des bi-voies.

Le premier est le suivant :

Lorsque des dispositions particulières n'ont pas été prises, l'une des deux branches de la bifurcation se trouve en général en courbe très prononcée obligeant

à ralentir : si le mécanicien n'est pas prévenu, en particulier s'il a, avec son train, l'habitude de prendre la branche directe à toute vitesse et si, inopinément, on le change d'itinéraire, il risque d'aborder trop vite la déviation et de dérailler.

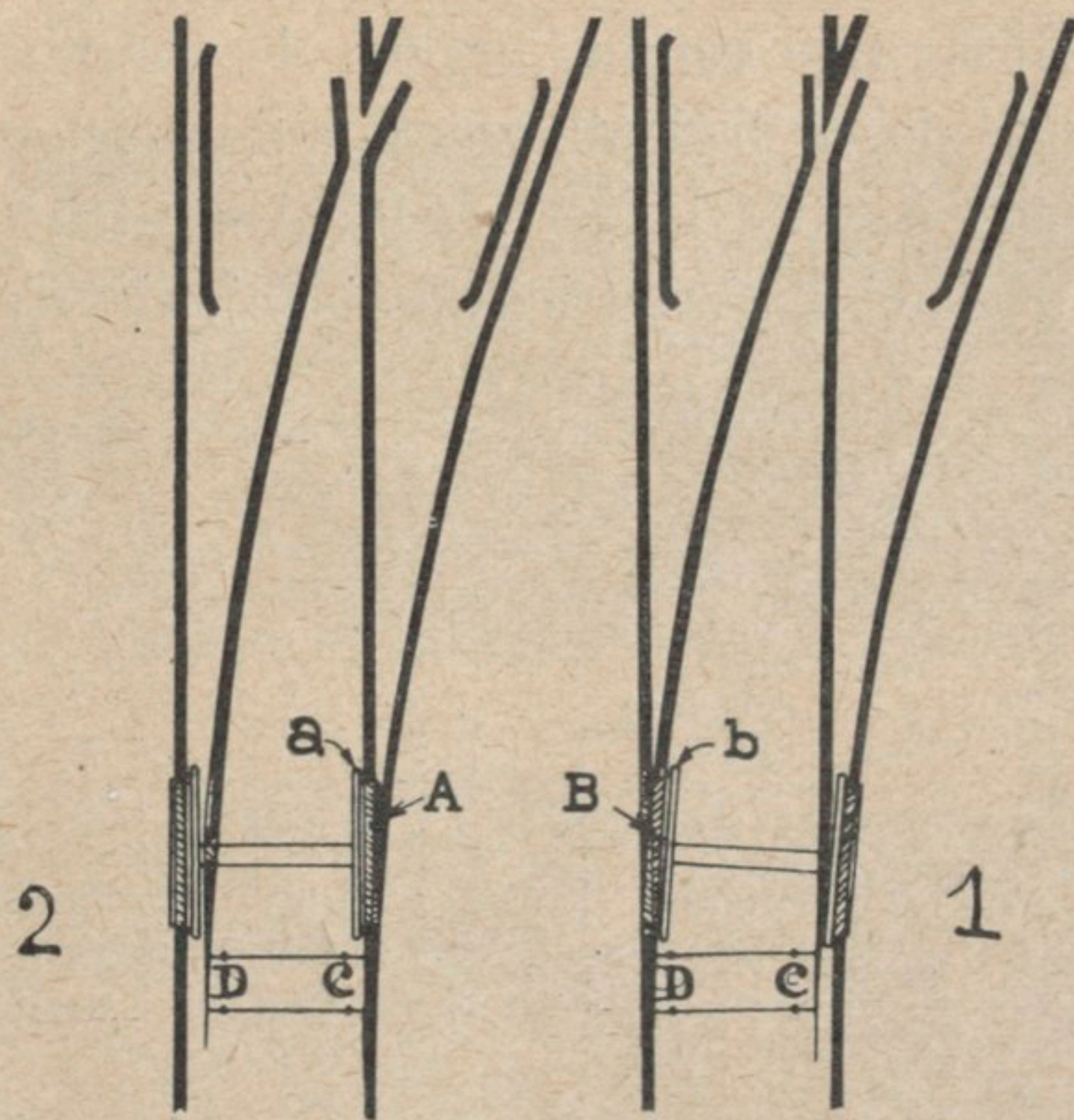
Cette crainte n'est pas théorique : parmi les dernières graves catastrophes, la plupart ont eu, de 1924 à 1926, une cause de cet ordre : le mécanicien, bien que dûment averti par les signaux de la déviation, n'a pas suffisamment ralenti et a déraillé :

- près de Lyon, à Collonges-Fontaine, le 10 Mars 1924 ; à Saint-Antoine-du-Rocher, le 30 Juillet 1925 ;
- à Amiens, le 13 Août 1925 ;
- à Achères, le 3 Juillet 1926 ;
- à Noisy-le-Sec, le 2 Août 1926.

Aussi les Réseaux, pour éviter les conséquences de cette inattention du mécanicien, ont-ils décidé de doubler le signal qui lui est donné : à distance, un avertisseur lui annonce le ralentissement et à 100 mètres de l'aiguille on lui rappelle le ralentissement. Sur le Nord, par exemple, l'avertisseur est le damier de la bifurcation, le rappel est un rond vert (Fig. 43).

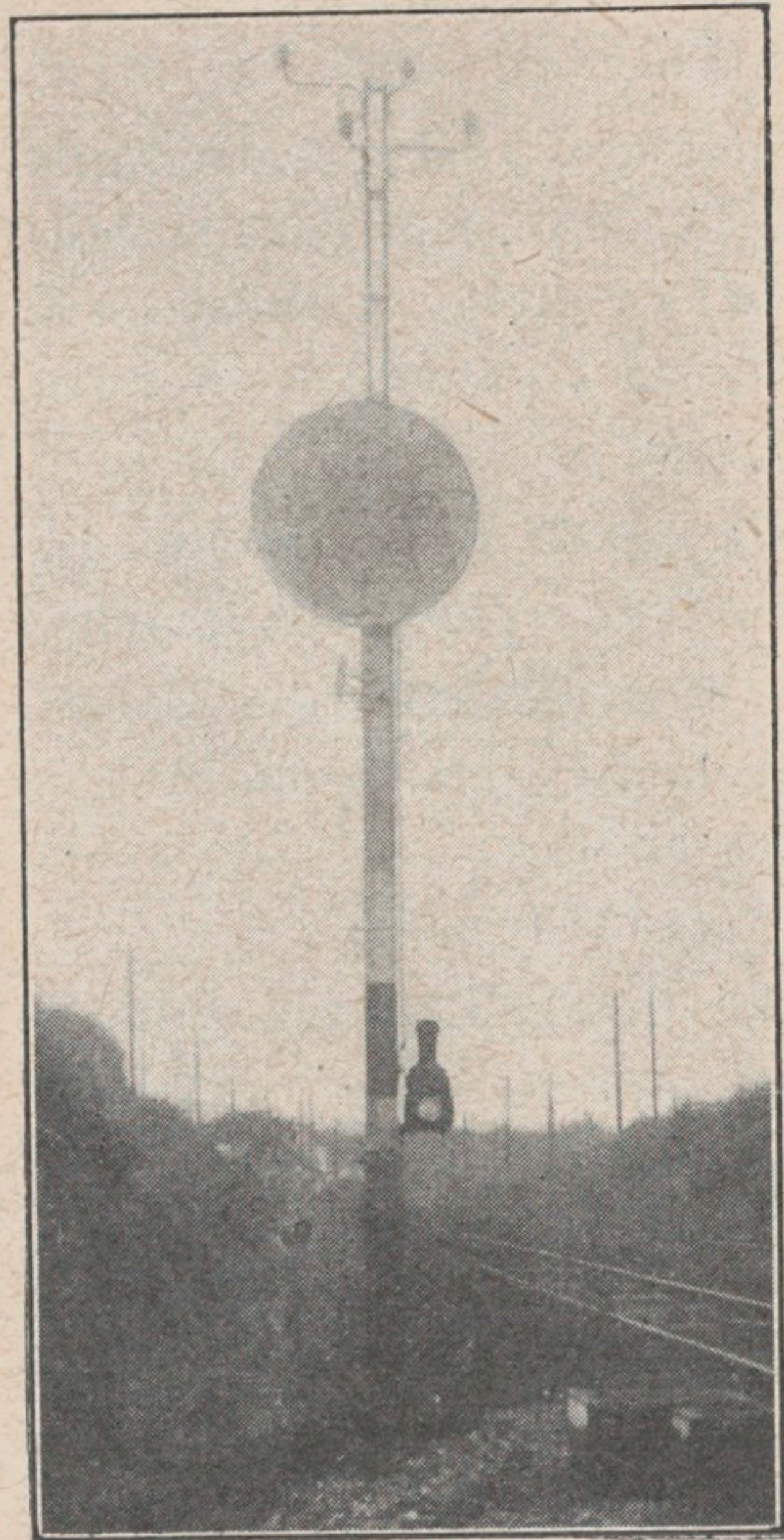
En attendant la généralisation de ces signaux, les Réseaux ont donné des ordres pour avertir les trains des déviations inopinées, ou, lorsque cela n'a pas été possible, pour les arrêter à la pointe de la Bifurcation.

Fig. 42. — GUIDAGE DES ESSIEUX SUR LES AIGUILLAGES.



Le second danger, celui des bi-voies, serait encore plus grave si les dispositions utiles n'avaient pas été prises depuis longtemps : ce danger est celui du déplacement de l'aiguille

Fig. 43. — DISQUE DE RALENTISSEMENT EN POSITION DE FERMETURE.



sous le train : la tête du train a pris une direction, mais une fois l'aiguille déplacée, la queue en prend une autre, il y a déraillement et renversement des wagons sollicités dans deux directions.

Pour l'éviter, il faut que le signal ne soit ouvert que lorsque l'aiguille a bien collé contre le rail : sinon une roue irait à droite et une à gauche : on s'en assure par un *contrôle*, en général électrique, de ce collage : tant qu'il n'est pas donné, on ne peut ouvrir le signal : un enclenchement s'y oppose.

Ensuite, un *verrou* est entré dans la tige de commande de l'aiguille et ce verrou l'immobilise pour éviter que des chocs ou des trépidations la fassent s'ouvrir.

Mais ce n'est pas suffisant encore : on a vu des aiguilleurs, dans leur désir de hâter le service en préparant rapidement l'itinéraire d'un autre train, retirer le verrou, refermer le signal, manœuvrer l'aiguille avant que le train ait fini de passer : d'où déraillement. Il a fallu alors ajouter une *pédale* qui, tant qu'elle est touchée par une roue de wagon, empêche toute manœuvre de l'aiguille.

Vous voyez sur la figure 44 : — le contrôle C de la pointe. — le verrou V. — la pédale P.

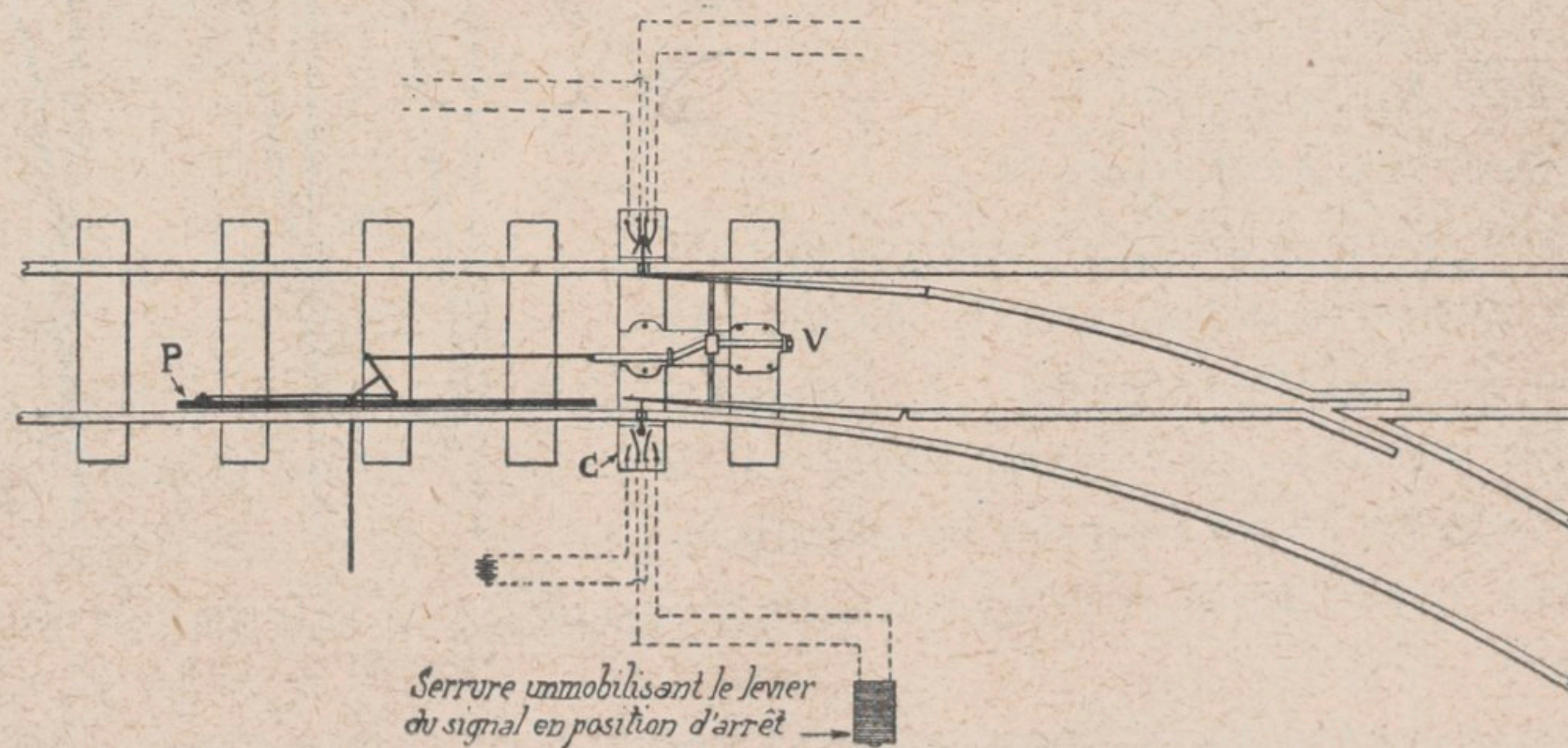
Vous devez être un peu effrayé de la complexité de ces diverses solutions ; elles sont cependant nécessaires et c'est grâce à elles que le chemin de fer est le seul moyen de transport qui ait atteint un niveau vraiment satisfaisant de sécurité, mais c'est

le moment de reconnaître qu'il a trouvé, à ce point de vue, une aide précieuse dans l'électricité utilisée, tant comme organe de commande des appareils de voie et de signaux, que comme agent de contrôle de bon fonctionnement de ces installations.

Je vous ai déjà montré les avantages du block automatique.

Mais c'est l'électricité qui a également permis de réaliser tout un faisceau de dispositifs de

Fig. 44. — VERROUILLAGE. PÉDALE. CONTRÔLE.

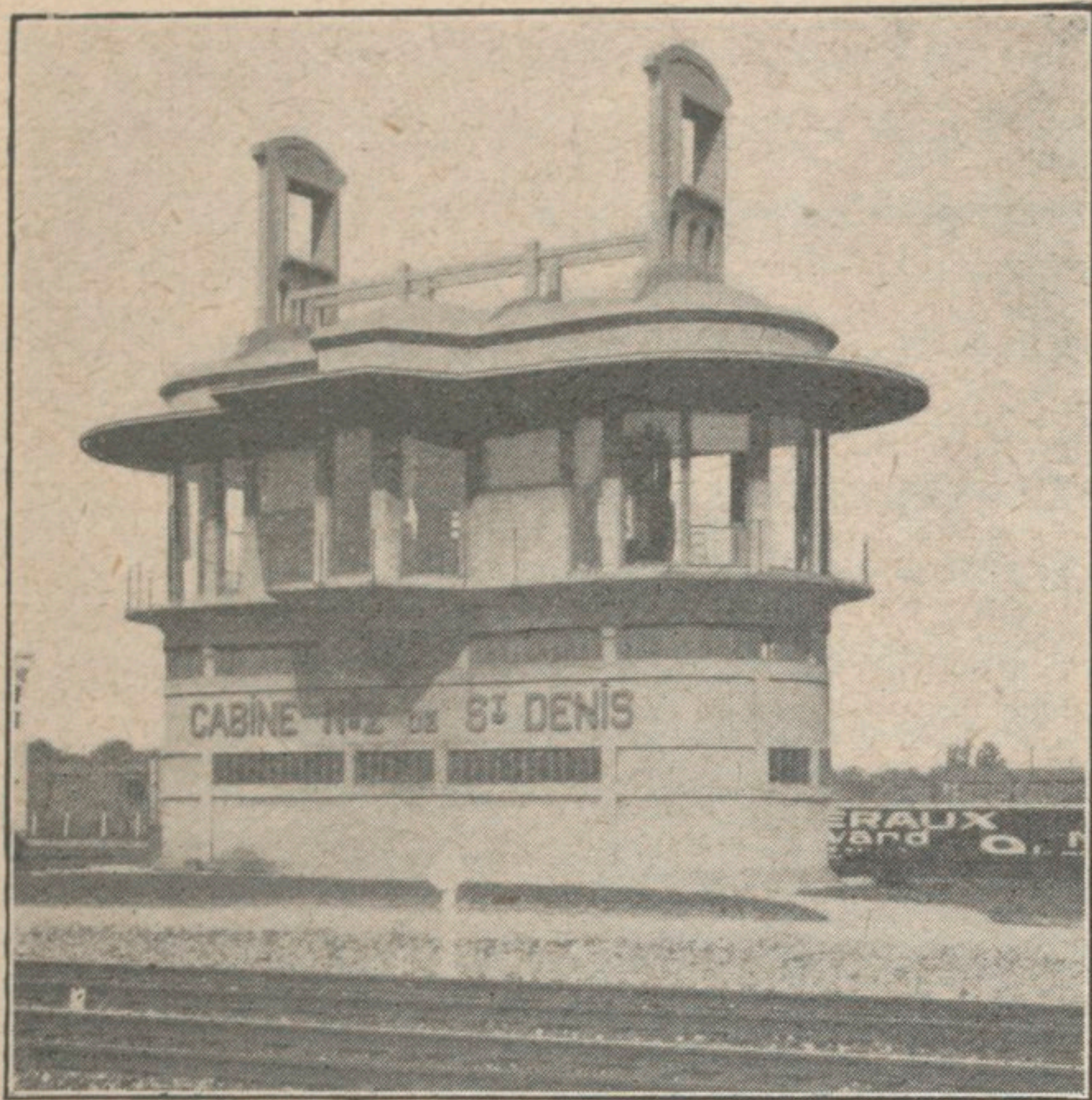


sécurité qui sont venus d'abord se greffer sur les installations des anciennes cabines d'enclenchements mécaniques. Tels sont les contrôles de position et d'allumage des signaux, contrôles

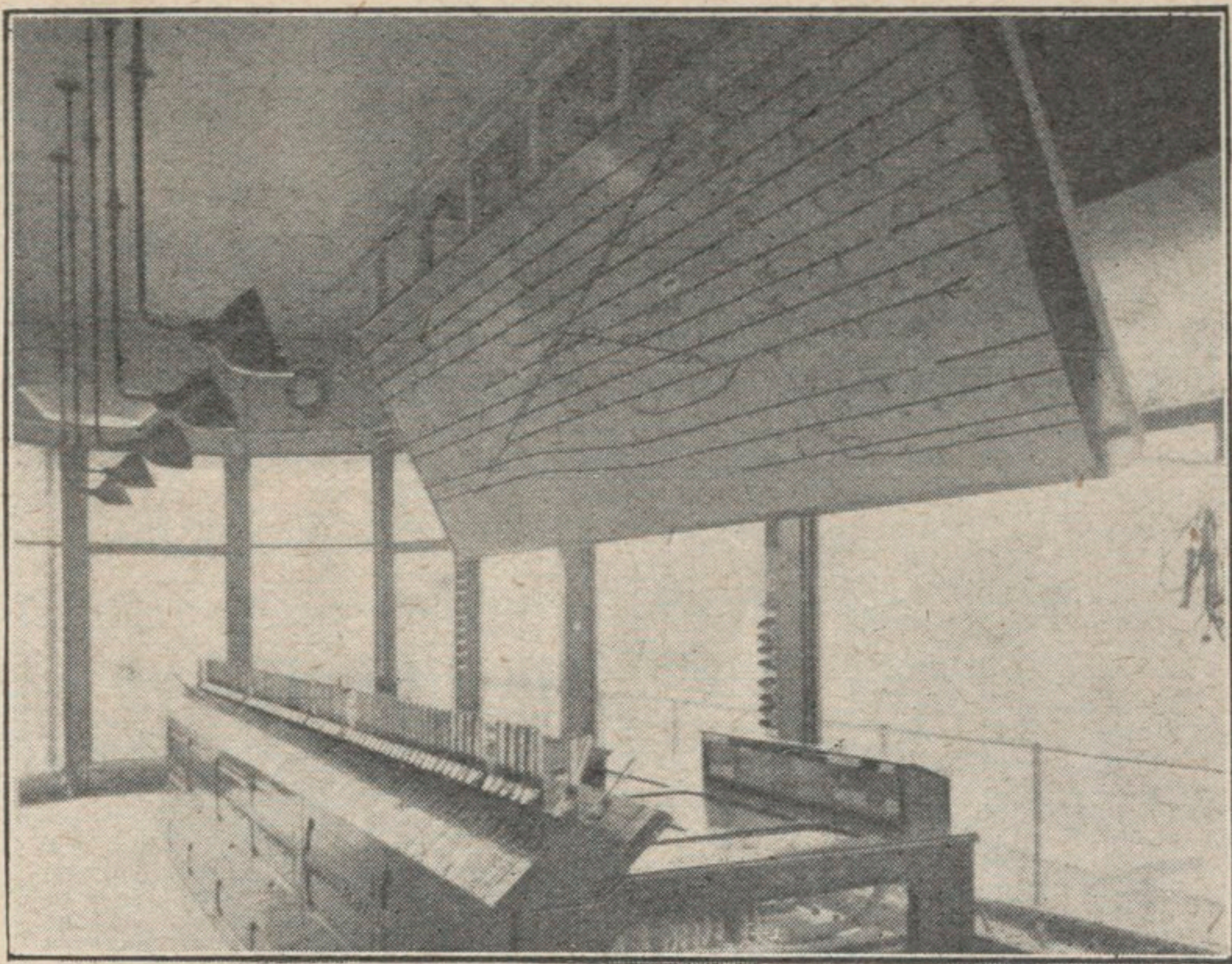
de bonne position et de bon collage des aiguilles, enclenchements complémentaires de pédale de protection des trains en stationnement, etc. .

Enfin, l'époque actuelle a vu naître et se développer, et avec quel succès, les cabines

*Fig. 45. — VUE EXTÉRIEURE
DE LA CABINE N° 2 DE ST-DENIS*



*Fig. 46. — CABINE N° 2 DE ST-DENIS
COMBINEUR (schéma mécanisé)*

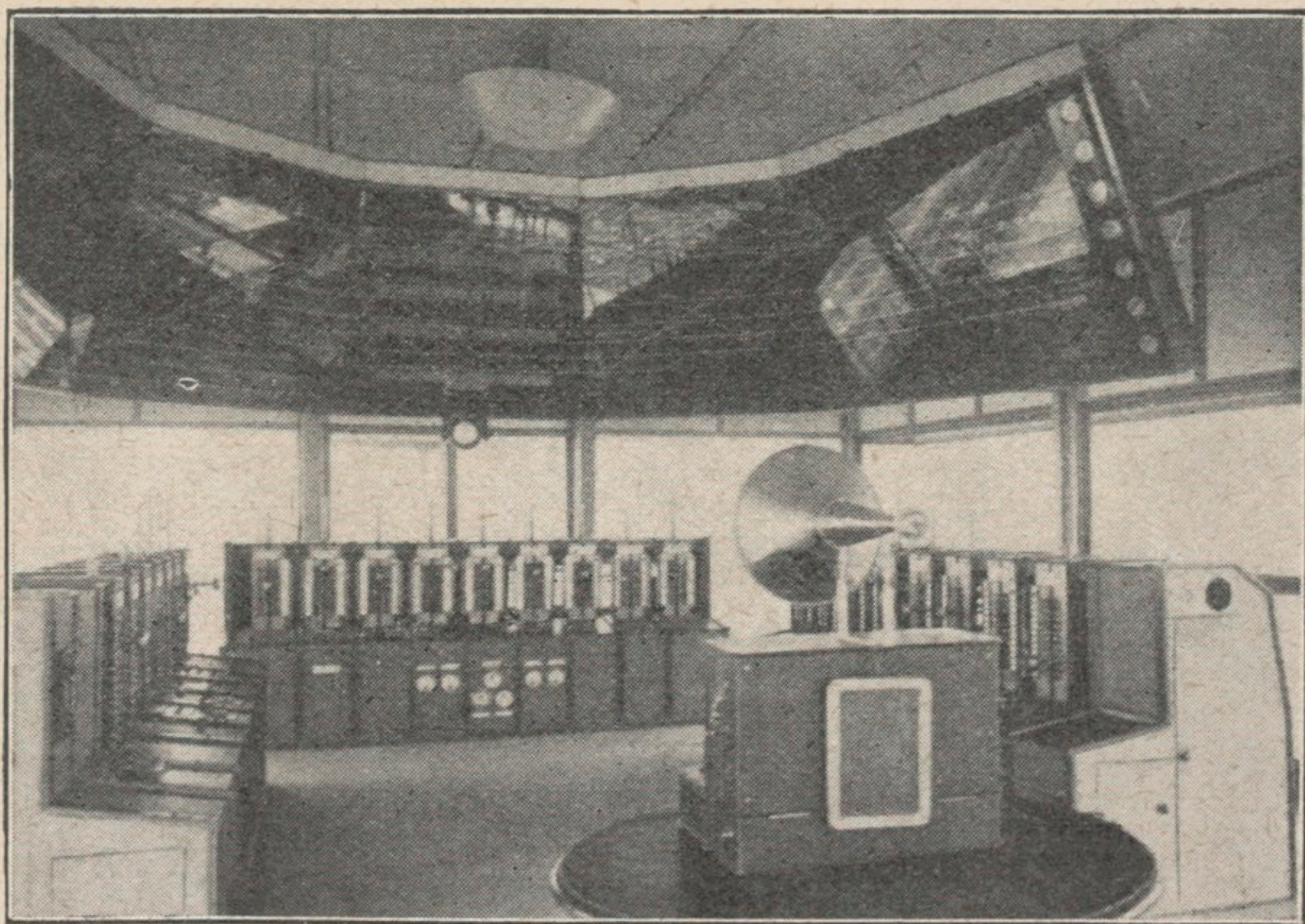


d'aiguillages électriques qui présentent entre autres avantages, celui de résoudre complètement et sûrement tous les problèmes que pose la sécurité, ceux que je vous ai exposés tout à l'heure et d'autres encore plus complexes (Fig. 45 à 48).

*Fig. 47. — VUE EXTÉRIEURE DE LA CABINE
DE LAON.*



Fig. 48. — CABINE DE LAON : COMBINEUR (schéma mécanisé).



Sans entrer dans le détail de ce vaste sujet, je vous présenterai quelques aspects des cabines électriques modernes dont la sûreté de fonctionnement n'a d'égale que l'élégance de la réalisation.

La seule ombre au tableau, c'est que ces superbes créations de la technique moderne coûtent fort cher.

Voici des exemples :

Laon.....	Cabine n° 5.....	5 millions.
St-Denis.....	» n° 1 et 2.....	6,8 millions.
Amiens.....	» n° 3.....	5 millions.

Encore une fois, tout pas fait en avant se paie.

f) VUE D'ENSEMBLE SUR LES BASES DE LA SÉCURITÉ DU CHEMIN DE FER.

Je viens de faire passer sous vos yeux des exemples simples de quelques-uns des problèmes que le chemin de fer a eu à résoudre.

Ces quelques exemples entre cent, vous ont montré qu'il ne suffisait pas d'avoir une bonne voie et un bon matériel ; il fallait encore savoir y tracer ses trains avec des horaires compatibles ;

- empêcher qu'ils se rattrapent s'ils ne suivent pas rigoureusement leur horaire ;
- éviter qu'ils se rencontrent aux croisements, si l'un d'eux n'y est pas à l'heure prévue ;
- les arrêter à temps si un obstacle l'exige ;
- leur faire bien prendre, à une bifurcation, la voie voulue.

Si tous ces problèmes ne sont pas tous spéciaux au chemin de fer, ils y ont cependant revêtu un intérêt particulier, d'une part, par la qualité des solutions qui leur ont été données, d'autre part, par la difficulté que le fait de la circulation sur rails a provoquée pour certains d'entre eux.

Ici, comme partout, le principe du chemin de fer et la sécurité qu'il offre ne peuvent être dissociés — permettez-moi donc d'interrompre un instant l'étude séparée des questions pour essayer de vous en tracer une esquisse d'ensemble.

Le principe du chemin de fer c'est de profiter de la faible adhérence de ses roues sur ses rails pour traîner à grande vitesse des poids énormes ; mais la rançon de cette possibilité est la lenteur

de mise en route et d'arrêt de ses convois, ce qui oblige à espacer les mouvements et à prévoir une signalisation complète et coûteuse à signaux échelonnés de place en place sur la voie.

Dans le tracé des trains qui se suivent, cela oblige, pour obtenir un grand débit, à faire suivre aux trains des marches aussi semblables que possible.

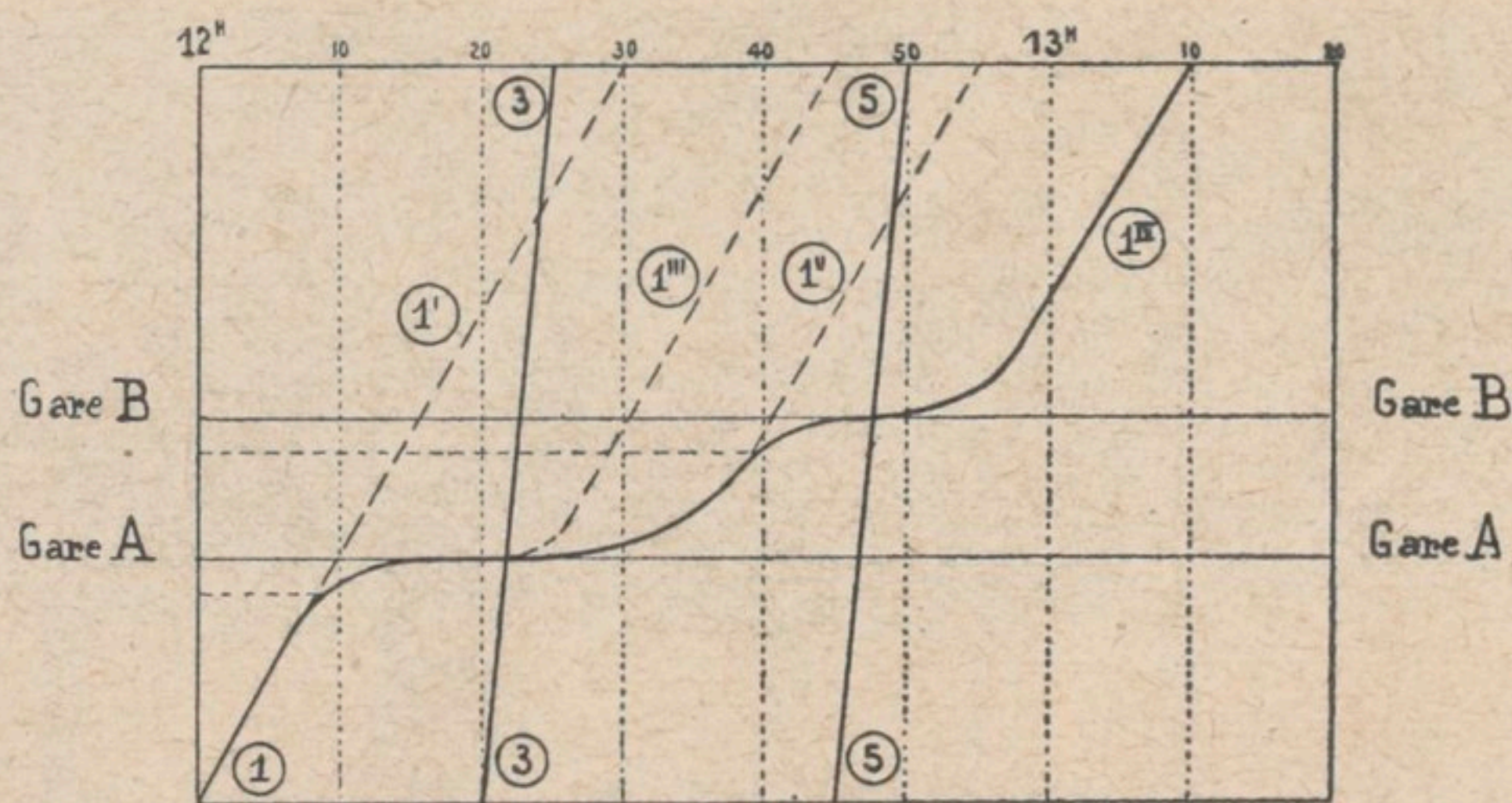
Dans le cas contraire (Fig. 49), en effet, le train lent 1 doit se garer en A pour le train rapide 3. Il perd suivant 1'' beaucoup plus de temps lorsque sa reprise de vitesse

est lente que s'il pouvait repartir suivant 1'''. Cela peut l'obliger à un deuxième garage en B pour un autre rapide 5 et chacun de ces garages, outre qu'il procure un retard, n'est pas exempt de risque.

D'autre part, la lenteur de l'arrêt empêche deux trains de se croiser à vue, l'un cédant la place à l'autre, ou bien conduit aux énormes dépenses des sauts de mouton.

On a la Micheline direz-vous : c'est vrai et c'est là le principal avantage de sa conception : elle démarre et s'arrête rapidement grâce à la bonne adhérence du caoutchouc sur le rail, mais

Fig. 49. — GRAPHIQUE DE MARCHE D'UN TRAIN LENT DEVANT UN TRAIN RAPIDE



avant de la généraliser, attendons d'avoir mis sa solidité et sa robustesse à l'épreuve. Elle a d'ailleurs jusqu'à présent et peut-être pour toujours étant donné son principe, un grave défaut, sa faible capacité qui en restreint les emplois possibles aux lignes à très faible trafic.

Une autre conséquence du roulement sur rails c'est qu'un *seul convoi* peut, à un moment donné, se trouver en un *point donné* de la voie : il en résulte, en voie unique, la nécessité, pour les trains, de s'attendre l'un l'autre aux points de croisement — en double voie, la nécessité pour les trains lents de se garer devant les rapides, à moins de quadrupler les voies, en en spécialisant deux aux trains lents, deux aux trains rapides.

Toute cette partie de la technique du chemin de fer est ainsi dominée par *l'emploi du signal avancé, palette ou damier*, qui annonce à temps, à grande distance, au mécanicien la position des signaux d'arrêt, c'est-à-dire si au delà la voie est libre ou non : dans la signalisation actuelle du chemin de fer, son rôle est essentiel.

Mais ce qui caractérise encore plus le Chemin de fer, c'est que sa *direction n'est assurée que par ses rails* ; ce caractère qui lui est bien spécial est cause du grave danger qui peut résulter d'une *déformation de la voie* et des précautions qu'il a fallu prendre pour les éviter ⁽¹⁾. De même c'est ce caractère qui a posé le problème de *l'aiguille en pointe*, et a obligé, comme je vous l'ai exposé à propos des bifurcations, à assurer la fixité de la lame d'aiguille prise en pointe pendant le passage des trains, et à prévenir le mécanicien de la direction qu'elle donne, car s'il ne s'arrête pas à temps, il est obligé de s'y conformer.

Ce caractère n'existe pas pour l'automobile : à une bifurcation, le conducteur de celle-ci est toujours libre de choisir la voie qu'il veut et peut ainsi éviter un tamponnement ou un renversement, si la courbe est trop brusque. Par contre, il court, sur tout son trajet, tous les risques qui découlent d'une inattention *même très courte* de sa part, ou de la *rupture d'un organe de direction* : ces organes, inexistants sur le train ne peuvent s'y rompre et une inattention courte du mécanicien n'y a aucune conséquence. *C'est là un point capital* qu'il ne faut pas perdre de vue lorsqu'on cherche à se rendre compte des motifs profonds de la différence de sécurité entre ces deux modes de transport.

Dans l'un, une seule et brève inattention provoque une catastrophe, dans l'autre on a pu réduire les mauvaises chances aux cas infiniment plus rares, *de superposition de plusieurs défaillances*.

Pour les autres éléments, au contraire, que je vous ai précédemment énumérés, il est bien certain que l'automobile, en se développant, se trouvera devant les mêmes problèmes et sera bien obligée, parce qu'on finira par exiger d'elle la même sécurité, de faire, pour l'assurer, les mêmes dépenses, à moins qu'on ne préfère utiliser la marge considérable de trafic qui reste au chemin de fer avant d'atteindre son point de saturation.

Mais, plutôt qu'au futur, n'est-ce pas au présent que je devrais parler ?

N'avons-nous déjà pas vu pendant la guerre les difficultés qu'il y avait à faire circuler sans à-coup une longue file de camions s'ils étaient proches l'un de l'autre ?

N'avez-vous pas conscience qu'une signalisation plus perfectionnée que l'actuelle est nécessaire aux croisements de route, si même, pour nombre d'entre eux, des sauts de mouton ne sont pas nécessaires ?

Ne savez-vous pas que le problème des rues encombrées a conduit aux rues à sens spécialisé, au stationnement d'un seul côté, à l'interdiction de certains doubléments ? Il y a cent ans que, sur le chemin de fer, nous opérons ainsi.

(1) Catastrophe de Beaucourt-Hamel sur le Nord.

Ne réclamez-vous pas, enfin, vous, propriétaire d'une automobile particulière, des voies spéciales pour les bolides des fous ou pour les mastodontes des transports en commun et des camionneurs à grande distance, qui vont bientôt rendre la route ordinaire impraticable pour les gens qui tiennent à leur vie : mais à qui fera-t-on payer la construction de ces routes ?

g) LA MARCHÉ EN CONVOI.

Avant d'aller plus loin, je voudrais signaler une dernière particularité du chemin de fer et ses conséquences pour la sécurité.

Afin d'économiser le personnel de conduite et de diminuer le nombre de mouvements sur la voie, le chemin de fer n'opère pas par éléments isolés, mais par trains : la rupture d'un attelage risque alors de laisser un obstacle sur la voie, ou même si la voie est en pente, de créer une dérive : la rame abandonnée dévale à contresens et vient se jeter sur le train suivant, ou bien à voie normale sur la première partie du train.

Le risque n'est pas théorique, et il est bien mis en évidence par l'accident suivant survenu il y a une dizaine d'années. Un train de marchandises ayant subi une rupture d'attelage, la queue du train, en vertu de la vitesse acquise, suivit la tête à petite distance. Le train étant parvenu à la gare incomplet, on procéda immédiatement à son garage. Mais cette opération était à peine commencée, que la rame en dérive survint, tamponna violemment la partie du train en garage, entraînant une obstruction des deux voies principales.

Par malheur, à ce moment, et nous touchons là du doigt l'ensemble des coïncidences exceptionnelles dont la réunion est nécessaire à la génération d'un accident, un train de voyageurs croiseur survenait et s'écrasait sur l'obstacle formé par les wagons de marchandises déraillés, sans avoir pu être prévenu par la fermeture des signaux de sa voie.

Au risque du wagon détaché d'un train et laissé sur la voie, vous savez déjà qu'une solution est venue parer : c'est le block automatique.

Cette solution pare en même temps au risque de tamponnement par un train croiseur car la présence, sur sa voie de circulation, de wagons déraillés, aurait également fermé les signaux devant lui.

Quant au risque de dérive, le *frein automatique* y pare d'une façon parfaite : la conduite du frein, qui court sous tout le train, étant rompue, l'air comprimé s'en échappe et les freins fonctionnent et arrêtent les deux parties du train. Ce frein est installé depuis longtemps sur toutes les voitures à voyageurs. Vous savez que les Réseaux français sont en train de l'installer sur tous leurs wagons à marchandises : c'est une énorme dépense, 1 600 millions pour l'ensemble d'entre eux ; et ce sera terminé en 1934, mais c'est, au point de vue sécurité de la circulation, et, par suite, des voyageurs, une dépense qu'il ne faut pas regretter.

Quant à la route, il lui faudra, si on exige d'elle la même sécurité, ou bien ne pas réaliser l'économie que procure la remorque de plusieurs véhicules, ou bien consentir à des précautions c'est-à-dire à des dépenses analogues.

3° Les problèmes humains

Je devine une question sur vos lèvres : voilà beaucoup d'idées ingénieuses, beaucoup de dispositifs admirables : pourquoi reste-t-il encore des accidents ?

Les chiffres que je vous ai cités au début vous ont répondu.

Ils vous ont montré que, à la suite de tous les progrès accomplis sur la voie, le matériel, les

signaux, les enclenchements, le freinage, la principale cause des accidents reste l'erreur humaine : étant donné les progrès accomplis dans le domaine matériel et technique, la sécurité est surtout, à l'heure actuelle, une question de soin dans l'exécution.

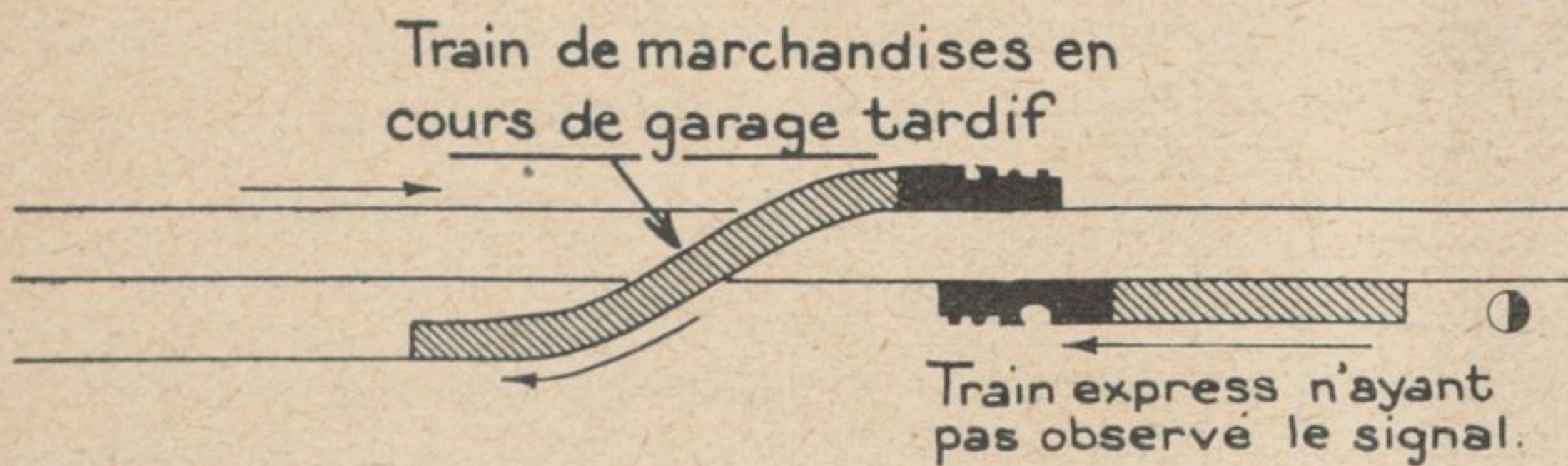
C'est donc là qu'il nous faut maintenant porter notre effort.

Nous ne sommes d'ailleurs pas désarmés.

Depuis longtemps, sur tous les réseaux, nous donnons tous nos soins à l'instruction de notre personnel et spécialement de notre personnel de sécurité et de circulation; nous le soumettons à un

Fig. 50.

Règle de Courville



parce qu'un train ou une manœuvre hors d'heure est un obstacle, c'est-à-dire une cause d'accident éventuel, ensuite parce que l'irrégularité a presque toujours pour cause un incident qui, dans d'autres circonstances moins favorables, provoquerait un accident, erreur de manœuvre de signal, boîte chaude à une roue, acte de malveillance même.

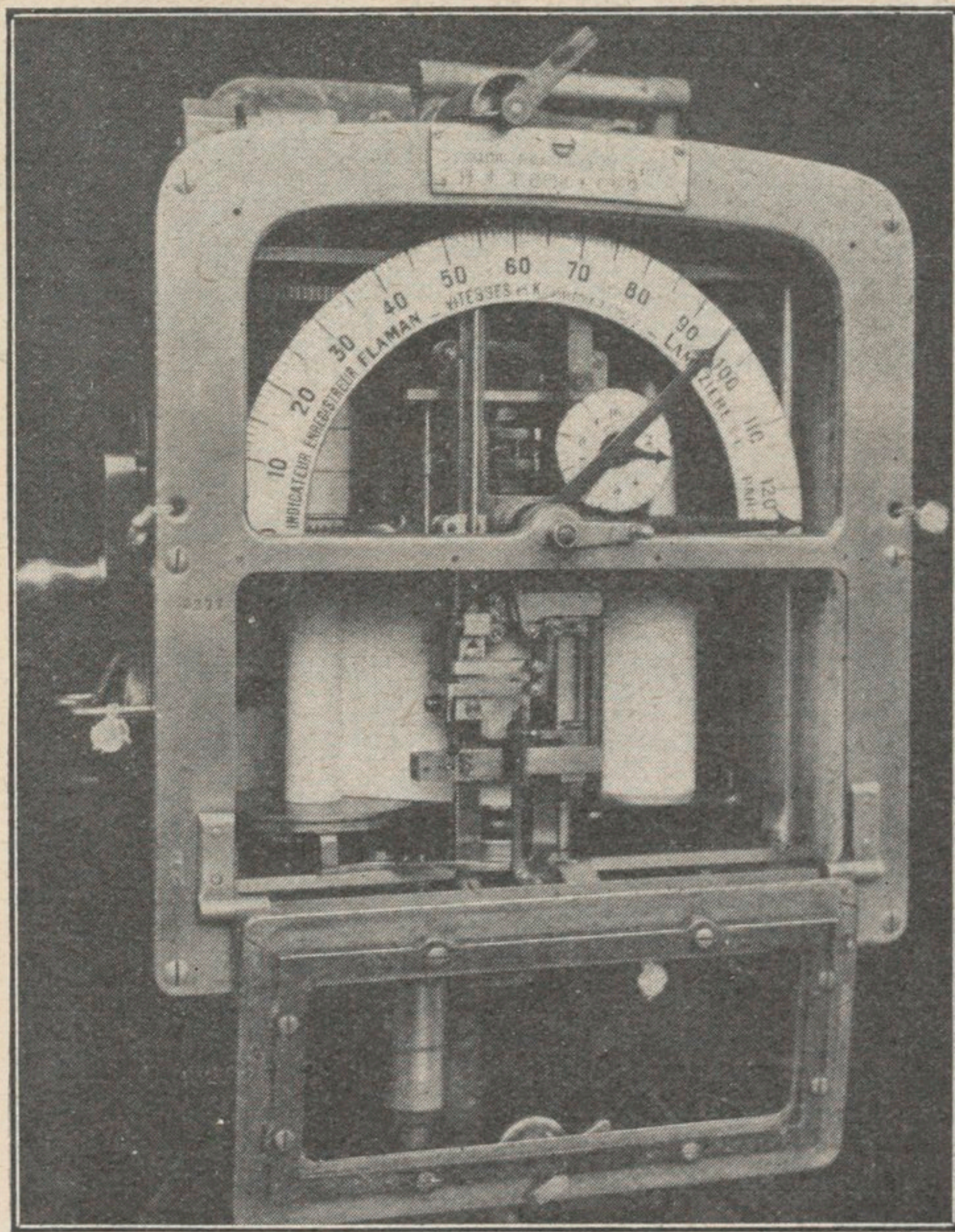
Ce n'est pas tout : nous avons cherché à protéger nos agents contre leurs oublis ou leur négligence : les *enclenchements* d'abord, l'*automaticité des signaux* ensuite, l'*interdiction de manœuvrer*, même sous la protection des signaux, quand un train est attendu, pour éviter que ce train surpris par un signal qu'il a l'habitude de rencontrer ouvert ne tarde à lui obéir : c'est ce que, du nom d'un accident tristement célèbre, on appelle la règle de Courville (Fig. 50). Nous retrouvons là un exemple parfaitement net de la superposition des causes qui est nécessaire pour créer un accident sur le Chemin de fer; dans l'exemple du graphique ci-dessus, la négligence d'un visiteur a provoqué le chauffage d'une boîte d'un wagon, celle d'une gare a empêché de garer le train à temps: violant la règle de Courville, elle était en train de manœuvrer devant l'express attendu qui, n'observant pas un signal qu'il avait l'habitude de trouver toujours libre, a tamponné :

Pour les mécaniciens, la surveillance des conditions de marche du train et l'observation des signaux annonceurs constituent des points capitaux.

apprentissage soigné et lui donnons une *instruction* très poussée, accompagnée d'*exercices* théoriques et pratiques, dont les résultats sont surveillés par un *contrôle* continu et maintenus par des *récompenses* pour les initiatives et les dévouements et par des *punitions* pour la négligence, rare d'ailleurs.

Nous insistons, en particulier, sur la *régularité* du service, d'abord

Fig. 51.



Le premier a reçu une solution par l'installation sur les machines d'un appareil *indicateur de vitesse* placé devant le mécanicien.

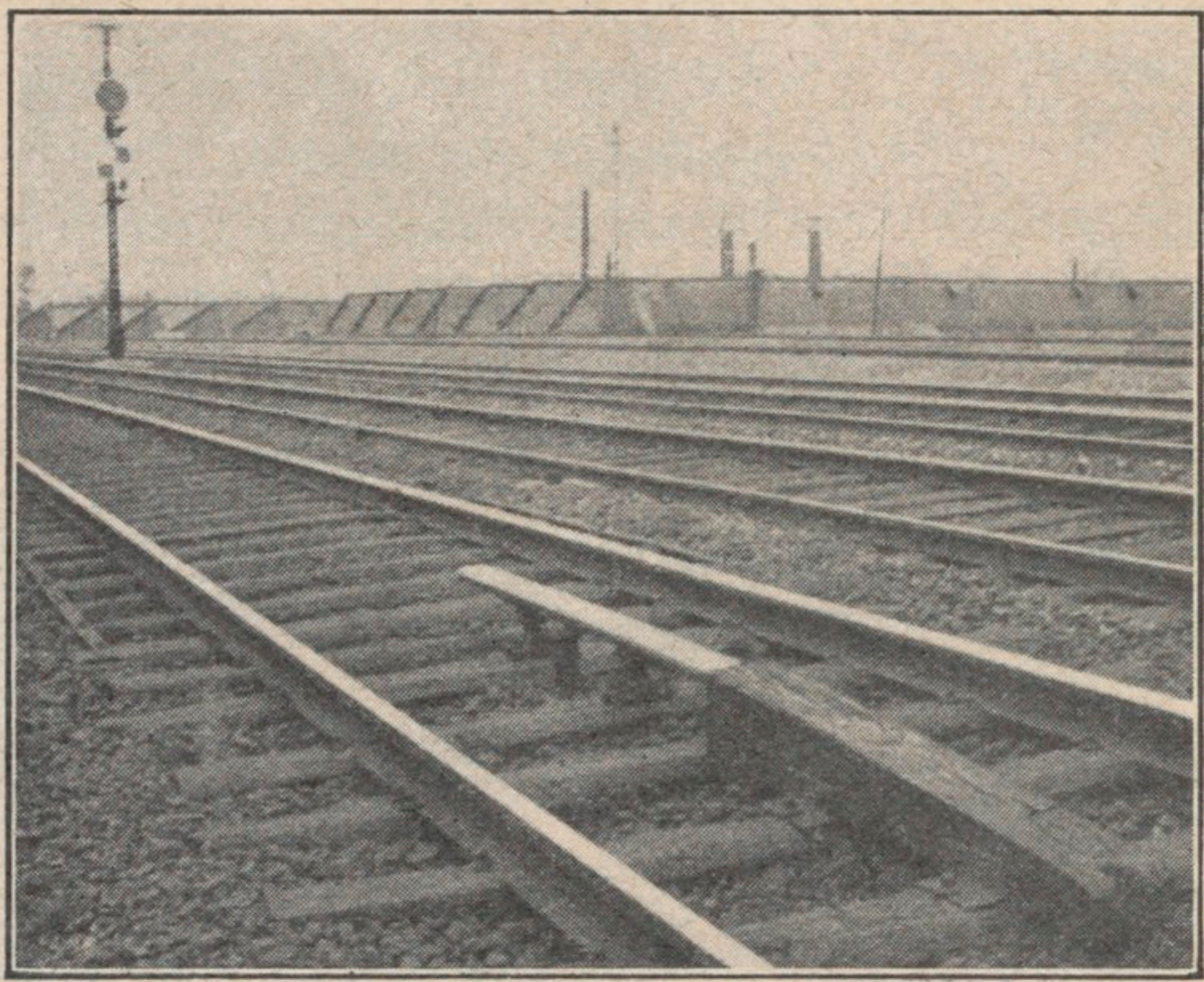
L'appareil « Flaman » (Fig. 51) qui est le plus répandu sur les réseaux français donne à chaque instant, par les indications d'une aiguille se déplaçant devant un cadran gradué de 0 à 125, la vitesse réalisée.

En même temps, l'appareil enregistre cette vitesse sur une bande de papier se déroulant proportionnellement aux espaces parcourus : un stylet spécial enregistre simultanément le temps écoulé.

Le mécanicien peut ainsi réaliser une marche conforme à l'horaire qui lui a été prescrit et respecter les vitesses limites imposées en des points particuliers de sa route : déviations, chantiers, travaux, ponts tournants, etc...

En outre, l'examen détaillé des bandes permet de vérifier que le mécanicien a bien observé ces limitations de vitesse : c'est un exemple dont pourraient s'inspirer d'autres modes de transport.

Fig. 52. — CONTACT FIXE (Crocodile).



Quant à l'*observation des signaux*, elle est devenue absolument sûre grâce au « crocodile » (Fig. 52). Voici en quoi consiste cet animal :

Rappelons-nous d'abord que les signaux avancés (palettes et damiers) ont une importance essentielle parce qu'ils annoncent à l'avance, à temps pour que le mécanicien puisse arrêter son train en cas de besoin, si le signal d'arrêt, sémaphore ou carré, est ou non à voie libre ;

Pour que le mécanicien ne risque pas de manquer l'observation d'un signal si important, et qu'il franchit d'ailleurs nor-

malement à *grande vitesse*, un appareil spécial dit « crocodile », placé sous tension, a été installé au droit du signal et au milieu des rails.

Au passage du train, une brosse métallique fixée sous la machine est mise en contact avec le crocodile.

Lorsque le signal est dans la position annonçant *la voie libre*, la tension électrique du crocodile est positive et elle détermine sur la bande enregistreuse de l'appareil « Flaman », grâce à un style A, un signe vers le bas, qui permet de vérifier, en cas de contestation, que le signal était bien à voie libre.

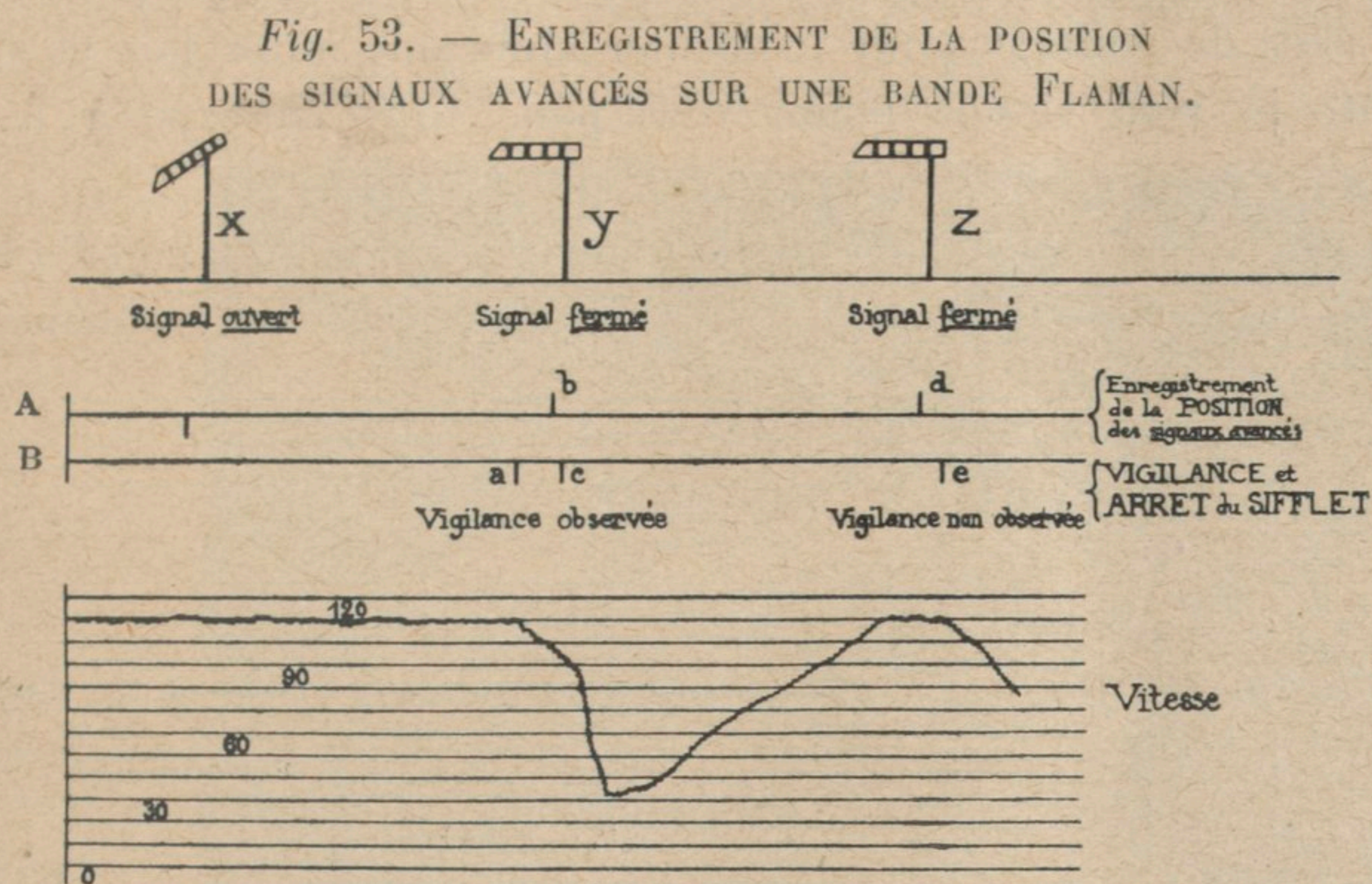
La mise à l'arrêt du signal a pour effet d'inverser la polarité du crocodile qui devient donc négative.

Dans ce cas, le style A marque un trait vers le haut et un *sifflet* est déclenché pour *attirer l'attention du mécanicien* : ce sifflet ne peut être arrêté que par une manœuvre spéciale du mécanicien, manœuvre qui est également enregistrée sur la bande de l'indicateur « Flaman » par un second style B.

Le mécanicien peut, en plus, indiquer qu'il est vigilant en manœuvrant ce second style B à l'avance lorsqu'il aperçoit de loin un signal avancé à l'arrêt.

Voyez : sur la bande ci-jointe (Fig. 53) le signal *x* était à voie libre, le style A a fait un signe vers le bas.

Le signal *y* était à l'arrêt : le mécanicien l'a vu à temps, a pointé en *a* sa vigilance, en *b* le crocodile a fonctionné, en *c* le mécanicien a arrêté le sifflet et il a immédiatement ralenti.



de la part du personnel de machine est maintenant immédiatement dépitée, ce qui, non seulement, permet de prendre les mesures utiles pour y parer, mais, bien entendu, en a considérablement réduit le nombre (jusqu'à zéro presque).

J'ajouterai encore que des pétards éclatent quand un signal d'arrêt est franchi : mais je n'insiste pas, car c'est un outil désuet, compliqué quand on veut le faire sûr, et d'ailleurs trop tardif : le mal est fait quand il fonctionne. Il vaudrait mieux se contenter d'enregistrer sur la bande le franchissement du signal pour ne pas le laisser impuni si, par bonheur, il n'avait pas eu de conséquences graves. Un Ingénieur du Nord, M. Ledard vient d'imaginer un dispositif ingénieux que nous allons essayer.

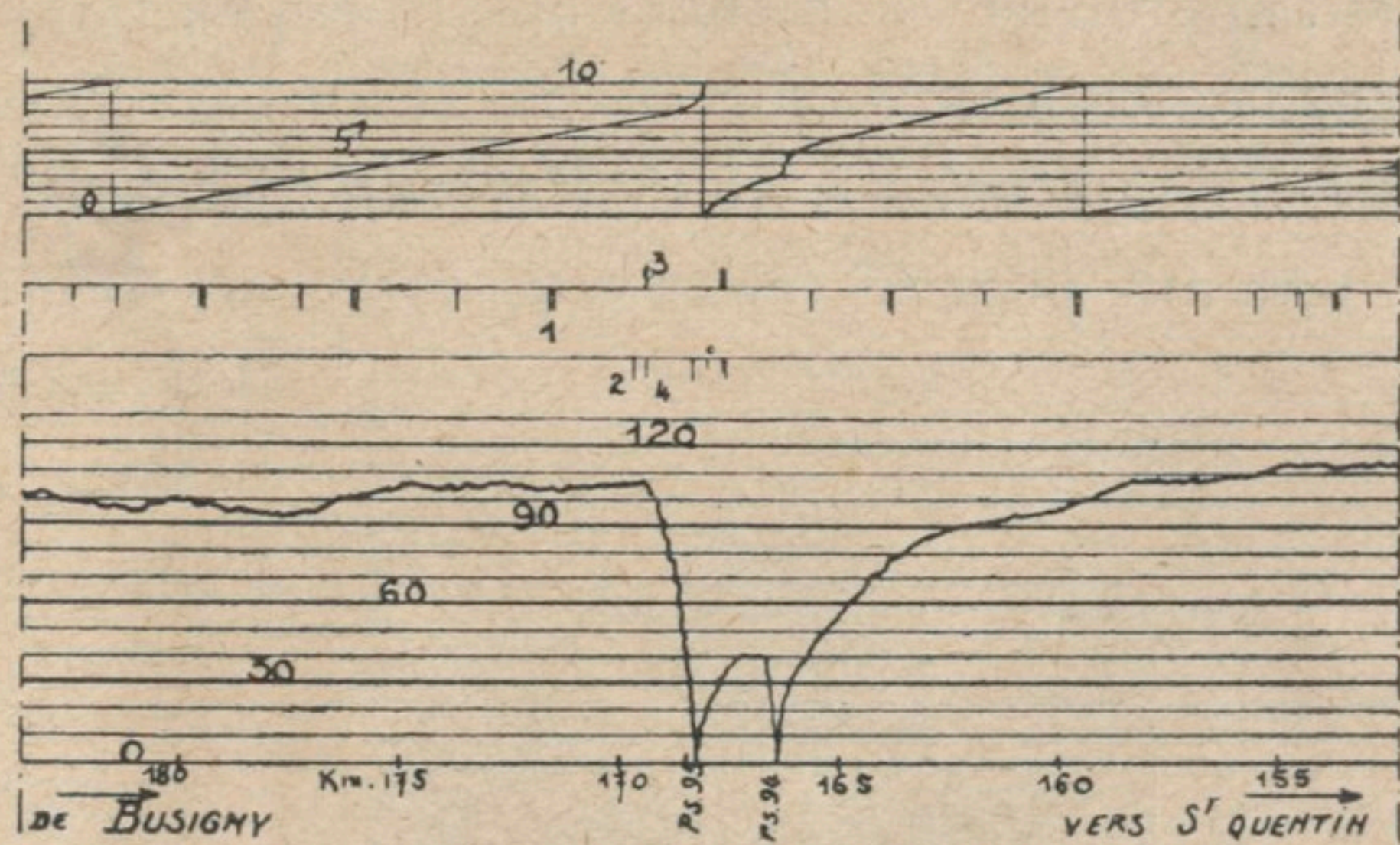
Nous cherchons même à aller plus loin : ce n'est pas tout d'instruire le personnel, de le mettre en garde contre ses fautes, il faut aussi éviter de confier une mission difficile à un agent incapable de la remplir : depuis longtemps, nous faisons subir à nos agents des examens médicaux d'autant plus fréquents que leur responsabilité est plus grande, examens qui nous permettent d'éliminer les sujets douteux au point de vue des maladies ou des troubles de la vue et de l'ouïe. Mais c'est incomplet, il faut également éliminer ceux qui intellectuellement ne sont pas aptes à tel ou tel métier exigeant tantôt de l'intelligence, tantôt de la vivacité, tantôt du calcul, tantôt de la mémoire, tantôt de l'attention.

Une science est née à ce sujet, la psychotechnique. La S.T.C.R.P. à Paris a donné l'exemple

Mais au signal *z* le mécanicien, surpris, n'a pas pointé sa vigilance, il a perdu du temps pour arrêter son sifflet : *e* est plus éloigné de *d* que *c* de *b* ; le mécanicien a perdu du temps pour ralentir, mais son sifflet lui a évité un incident.

Grâce à un dépouillement systématique des bandes enregistreuses (Fig. 54) des trains express et rapides et à un très grand nombre de sondages effectués sur les autres trains, toute défaillance

FIG. 54.



de son application aux transports et, avec M. Lahy, a obtenu des résultats brillants : Diminution de 72,5 % dans les accidents de 1921 à 1929.

Le Chemin de fer du Nord vient de décider de suivre cet exemple et notre Directeur, M. Javary, a bien voulu nous ouvrir les crédits nécessaires : quelques exemples sont déjà riches en promesses. Dans dix ans, on traitera de rétrogrades ceux qui n'appliqueront pas ces méthodes. Si vous avez assez de courage pour m'écouter alors une autre fois et si je suis encore là à ce moment, je vous donne rendez-vous pour vous en exposer les résultats.

Et c'est une transition toute naturelle vers l'avenir ; si l'action sur le personnel est en effet à l'heure actuelle le sujet principal de nos préoccupations, il subsiste néanmoins des problèmes techniques à résoudre.

III. — LES PROBLÈMES D'AVENIR

Je ne ferai que vous énumérer les principaux, en n'insistant que sur l'un deux :

— *la disparition des ruptures de rails*, soit par l'amélioration de leur fabrication et de leur pose, soit par la détection de leurs défauts, par exemple, avec l'ingénieux appareil magnétique que mon ami Cambournac a rapporté des Etats-Unis, le détecteur « Sperry ».

— *l'élimination des déformations de voie* dues à la chaleur l'été en France, au froid ou à la pluie ailleurs.

— *la disparition du bois et du verre ordinaire* dans les voitures : mon ami Lancrenon nous a déjà doté au Nord, de voitures sans un atome de bois, c'est-à-dire sans un éclat en cas d'accident : il lui reste à supprimer les éclats de verre.

La solution des problèmes que posera *l'augmentation de la vitesse de nos trains* ; notre plafond est à 120 km/h depuis 80 ans : l'augmentation de la puissance de nos machines nous le fait approcher maintenant aussi bien en rampe qu'en descente. Il faut, pour redonner à nos trains la souplesse de marche nécessaire, atteindre 130 km/h et mettre Calais, Lille et Bruxelles à 2 h 35, 2 h 10, 2 h 45 de Paris au lieu de 3 h 10, 2 h 40, 3 h 25, comme à l'heure actuelle. Ce sera un progrès intéressant, mais sa réalisation pose des problèmes de voie, de matériel et de signalisation dont nous cherchons la solution.

Mais, c'est au point de vue signalisation que se posent à l'heure actuelle les problèmes les plus importants :

- signal positif de voie libre ;
- signaux lumineux ;
- arrêt automatique des trains.

a) SIGNAL POSITIF DE VOIE LIBRE

On a pu faire, en effet, à certains de nos signaux français la critique suivante :

La voie libre est indiquée, le jour, par l'effacement de la cocarde ; la nuit, par un feu blanc. De jour, c'est peu net, et le mécanicien peut se tromper en confondant un carré avec un damier. On a paré à ce défaut : par des signaux à bras, dont la signification dépend de la position et non pas de l'effacement du bras, c'est ce qui fait

le mérite du sémaphore et de la palette par rapport au carré et au damier (Fig. 33, 34 et 35).

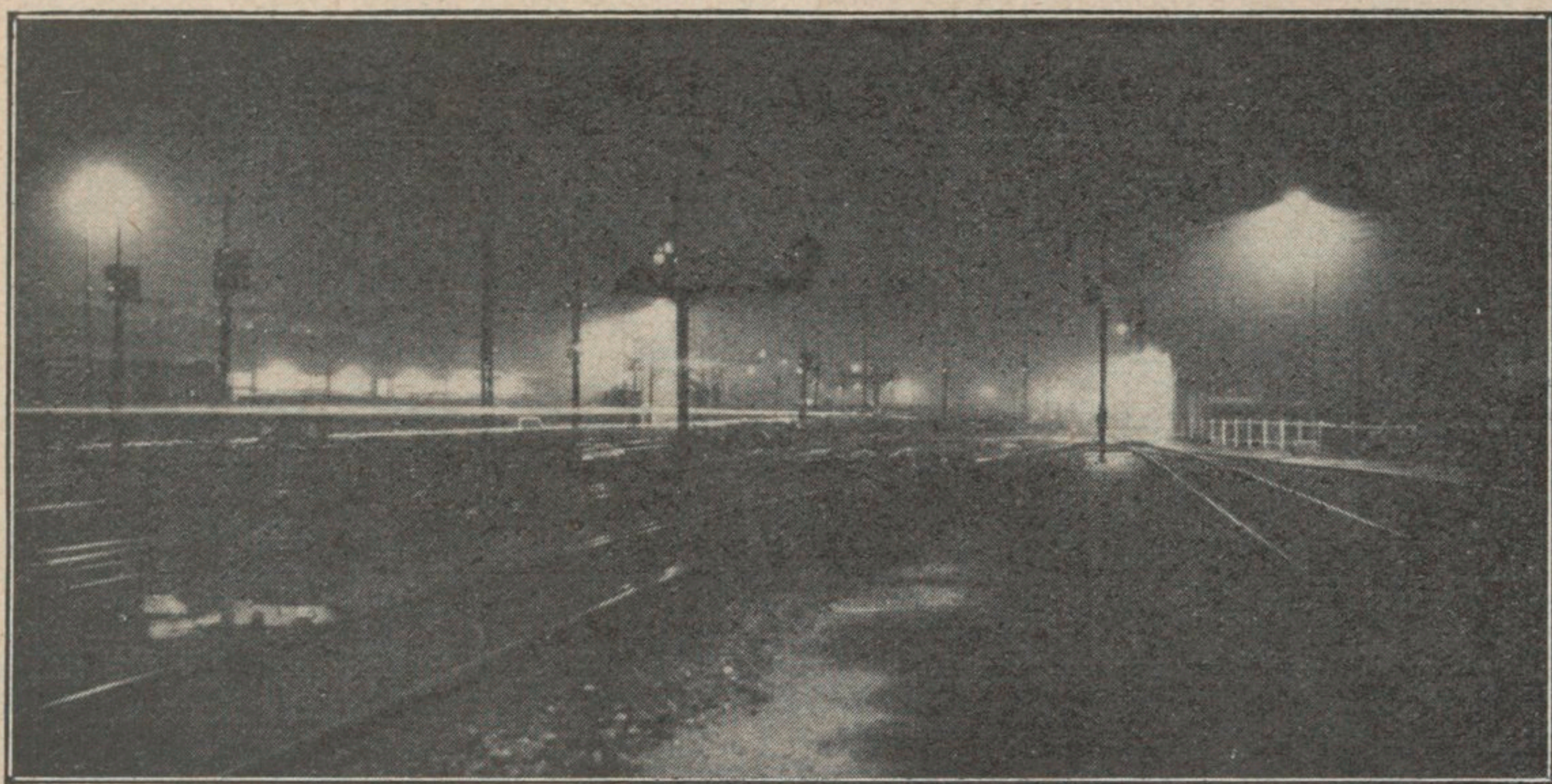
Fig. 55. — APPARENCE
DES SIGNAUX DE JOUR ET DE NUIT.

de Jour		de nuit	
Sémaphore	Signal d'arrêt	Sémaphore	Signal d'arrêt
Palette "Sem"	Indicateur à damier	Palette "Sem"	Indicateur à damier

De nuit (Fig. 56), c'est encore plus grave, le mécanicien peut prendre la lumière d'un réverbère pour le feu du signal ouvert, alors que celui-ci est, en réalité, éteint et fermé, nous en avons eu des exemples.

A ce défaut (Fig. 55), on a paré en proposant d'employer le vert pour la voie libre, comme à l'étranger, le jaune remplaçant alors le vert pour l'avertissement, le rouge restant à l'arrêt.

Fig. 56. — VISIBILITÉ DES SIGNAUX DANS UNE GRANDE GARE LA NUIT.



Une Commission, présidée par M. Verlant, le Directeur de l'Exploitation P.-L.-M., a préparé notre programme ⁽¹⁾ que le Ministre a approuvé : nous attendons, pour passer à l'exécution, qu'on nous donne le moyen de faire la dépense que représente ce grand progrès.

b) SIGNAUX LUMINEUX.

Mais ce n'est pas suffisant : de jour et surtout à la nuit tombante ou par temps de brume, la cocarde ou même les signaux à bras sont parfois peu visibles et se détachent mal sur certains

Fig. 57. — SIGNAL LUMINEUX
EN SERVICE SUR LE RÉSEAU DE L'ÉTAT.

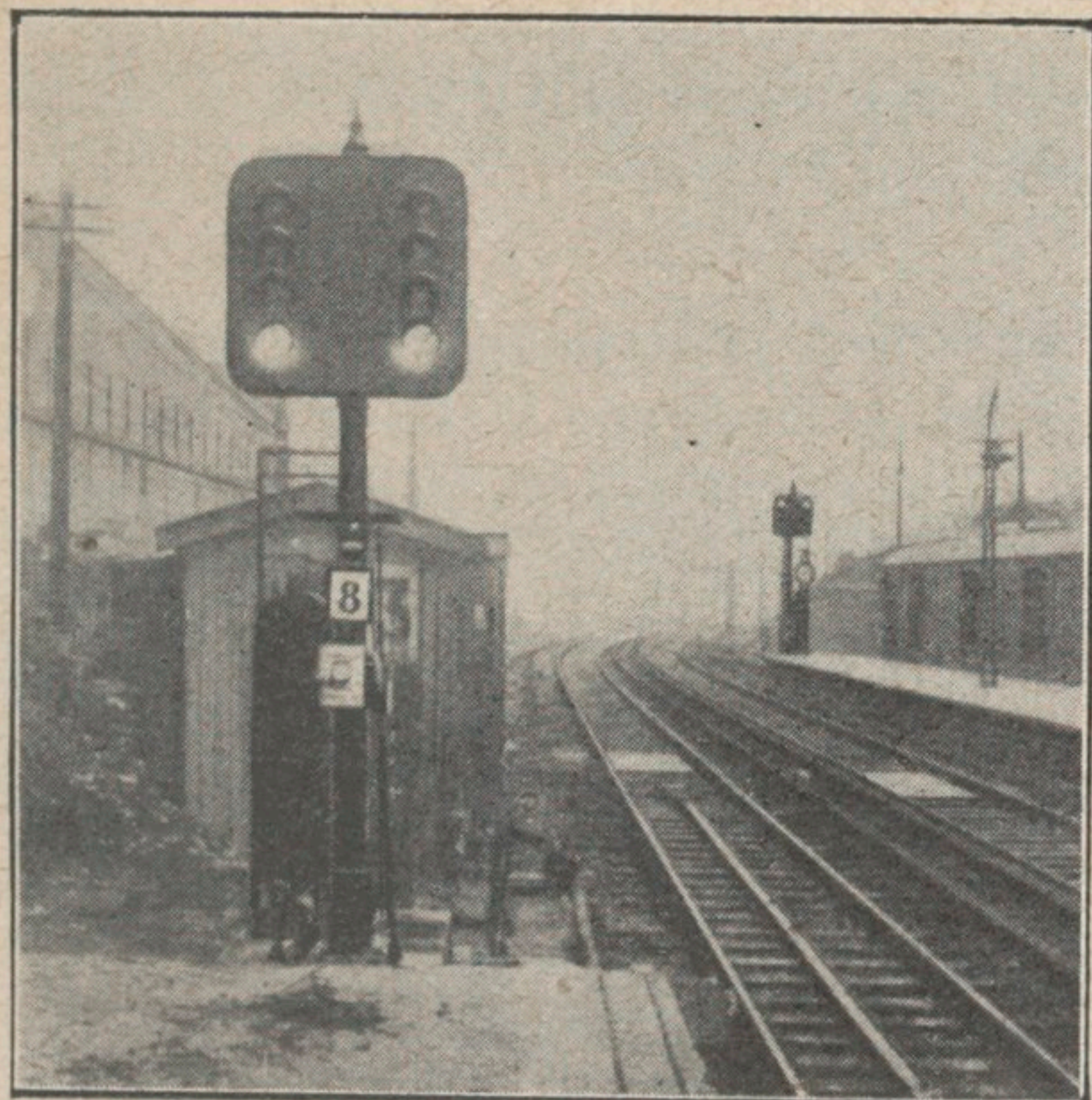
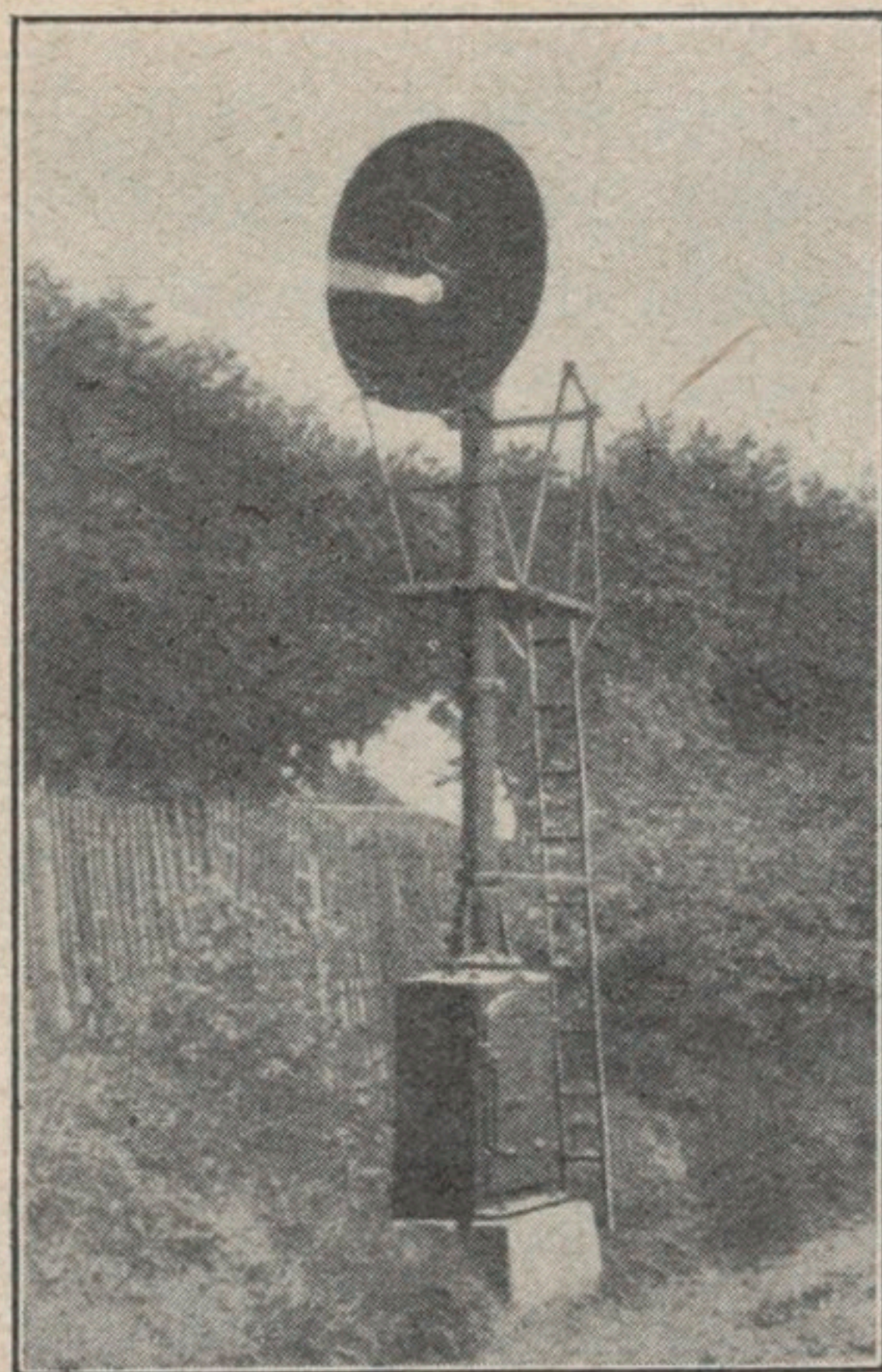


Fig. 58.

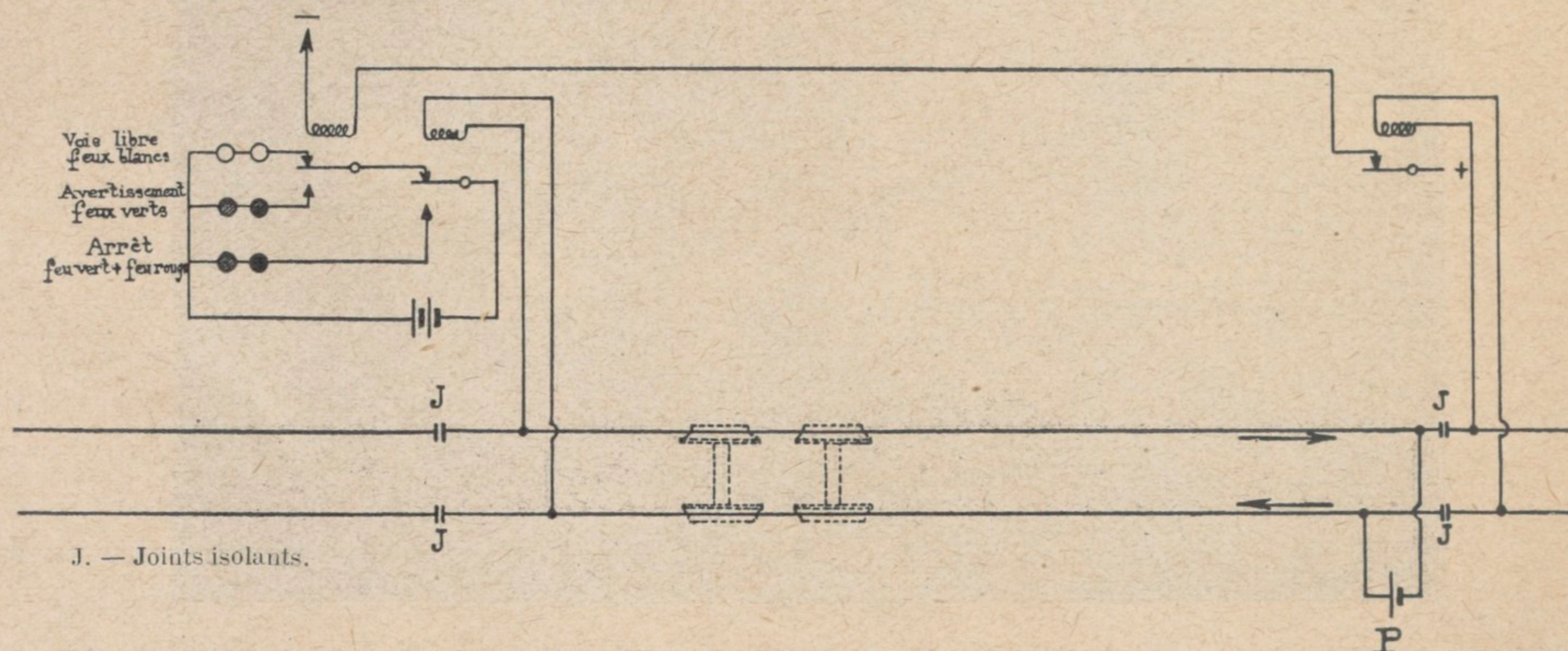


fonds; d'autre part, la malveillance en tout temps, la neige en hiver, peuvent en empêcher le fonctionnement, en calant leur partie mobile.

(1) Voir *Revue Générale* n° de Janvier, p. 3.

On a songé alors à une solution, déjà appliquée en grand aux Etats-Unis et sur quelques lignes de l'Etat français : employer de jour comme de nuit, des signaux lumineux (Fig. 57 et 58) : la perfection des lampes électriques et des lentilles modernes permet de les rendre parfaitement visibles, même en plein soleil ; c'est clair pour le mécanicien, qui a les mêmes signaux de jour et de nuit. C'est simple surtout en block automatique, les relais commandant directement

Fig. 59. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU BLOCK AUTOMATIQUE PAR PANNEAU LUMINEUX.



le courant d'allumage des lampes (Fig. 59), sans avoir passé par des intermédiaires mécaniques : C'est parfait. C'est malheureusement coûteux d'établissement et les émissions d'obligations nous sont à l'heure actuelle étroitement mesurées.

c) ARRÊT AUTOMATIQUE DES TRAINS.

Passons, enfin, à l'arrêt automatique des trains que vous voyez périodiquement revenir à l'ordre du jour.

Il est pourtant bien vieux, nous l'avons eu autrefois, sur le Réseau du Nord, de 1876 à 1896, et nous avons dû l'abandonner à cause des grands inconvénients qu'il comportait, au point de vue régularité et sécurité et sur lesquels je reviendrai tout à l'heure.

Mais il nous est revenu d'Amérique.

Les réseaux des Etats-Unis, après avoir considérablement perfectionné, de 1900 à 1920, une signalisation auparavant plus que rudimentaire et avoir développé le block automatique, se sont cependant encore trouvés devant un nombre important d'accidents, dus à la défaillance des mécaniciens ou à l'inobservation des signaux.

Or, vous le savez, quand un mécanicien n'a pas vu un signal annonciateur, il sera trop tard quand il verra l'obstacle ou le signal d'arrêt.

Le Gouvernement des Etats-Unis, sous la poussée un peu aveugle de l'opinion publique, a imposé l'arrêt automatique des trains ; lorsqu'un train rencontrait un signal fermé, signal d'arrêt et même signal annonciateur, les freins étaient mis automatiquement en action et il devait s'arrêter.

Sous cette forme simpliste, on n'a pas pu passer à l'application et il a bien fallu immédiatement mettre de l'eau dans son vin : l'Amérique était alors encore humide !

La circulation serait, en effet, devenue impossible et même dangereuse du fait du grand nombre d'arrêts inopinés et inutiles résultant d'un simple retard dans la succession des trains.

Il a fallu permettre au mécanicien d'éviter l'arrêt automatique lorsque, à la vue d'un signal avancé annonçant l'arrêt, il était vigilant : à cet effet, en actionnant un levier à sa disposition, il annulait le dispositif d'arrêt automatique ; mais alors il faisait disparaître la sécurité théoriquement assurée par cet arrêt automatique ; et on a, en effet, vu nombre d'accidents se produire après l'actionnement du petit levier. Des dispositifs plus compliqués permettent bien d'éviter, en partie, cet inconvénient, en agissant sur la vitesse du train, mais au prix d'une complexité peu désirable.

En outre, de toute façon, par crainte de ne pas actionner à temps le dispositif d'annulation à sa disposition, le mécanicien néglige d'autres devoirs : siffler aux P.N., arrêter à quai, surveiller son feu, son eau, sa pression, régler sa marche, rattraper ses retards, ce sont des gênes et même des dangers encore graves. Enfin, lorsque l'arrêt automatique fonctionne, il est brutal, inintelligent, arrête le train en pleine rampe, hors de la zone de protection des signaux fixes, peut produire des réactions brutales et des ruptures d'attelages ou même enrayer les roues et supprimer tout freinage effectif : le remède s'est avéré pire que le mal.

Voyez-vous, si vous vous rappelez ce que je vous ai dit tout à l'heure au sujet des caractères de la circulation sur voie ferrée, l'erreur de l'arrêt automatique est une erreur de principe : c'est de ne pas tenir compte du fait que, sur le chemin de fer, un réflexe immédiat est inutile et, par suite, dangereux : certes nos agents doivent être vigilants, mais lorsque cette vigilance leur a fait voir un signal avancé à l'arrêt, ce signal est toujours placé de manière à leur laisser le temps de la réflexion : c'est au point de vue sécurité un immense avantage ; pourquoi s'en priver et vouloir obliger nos mécaniciens à une précipitation inutile et nuisible ? Nous ne demandons pas à nos agents d'être des virtuoses : nous leur demandons d'être consciencieux : c'est plus facile, c'est donc plus sûr.

Il y avait heureusement, en germe dans les inconvénients de l'arrêt automatique, une solution au problème qu'il fallait cependant résoudre : éviter que le mécanicien néglige l'observation d'un signal avancé.

Pour réaliser l'arrêt automatique du train on avait dû inventer de nombreux moyens permettant de reporter sur la machine les indications données par les signaux : il le fallait bien pour que celle-là règle automatiquement sa marche sur ceux-ci lorsque le mécanicien ne le faisait pas.

On a alors eu l'heureuse idée de répéter sur la machine même, sous forme de petites lampes vertes, jaunes et rouges, les indications des signaux eux-mêmes (Fig. 60) ; alors il n'y a plus de

Fig. 60. — RÉPÉTITION PERMANENTE DES SIGNAUX SUR LES MACHINES.

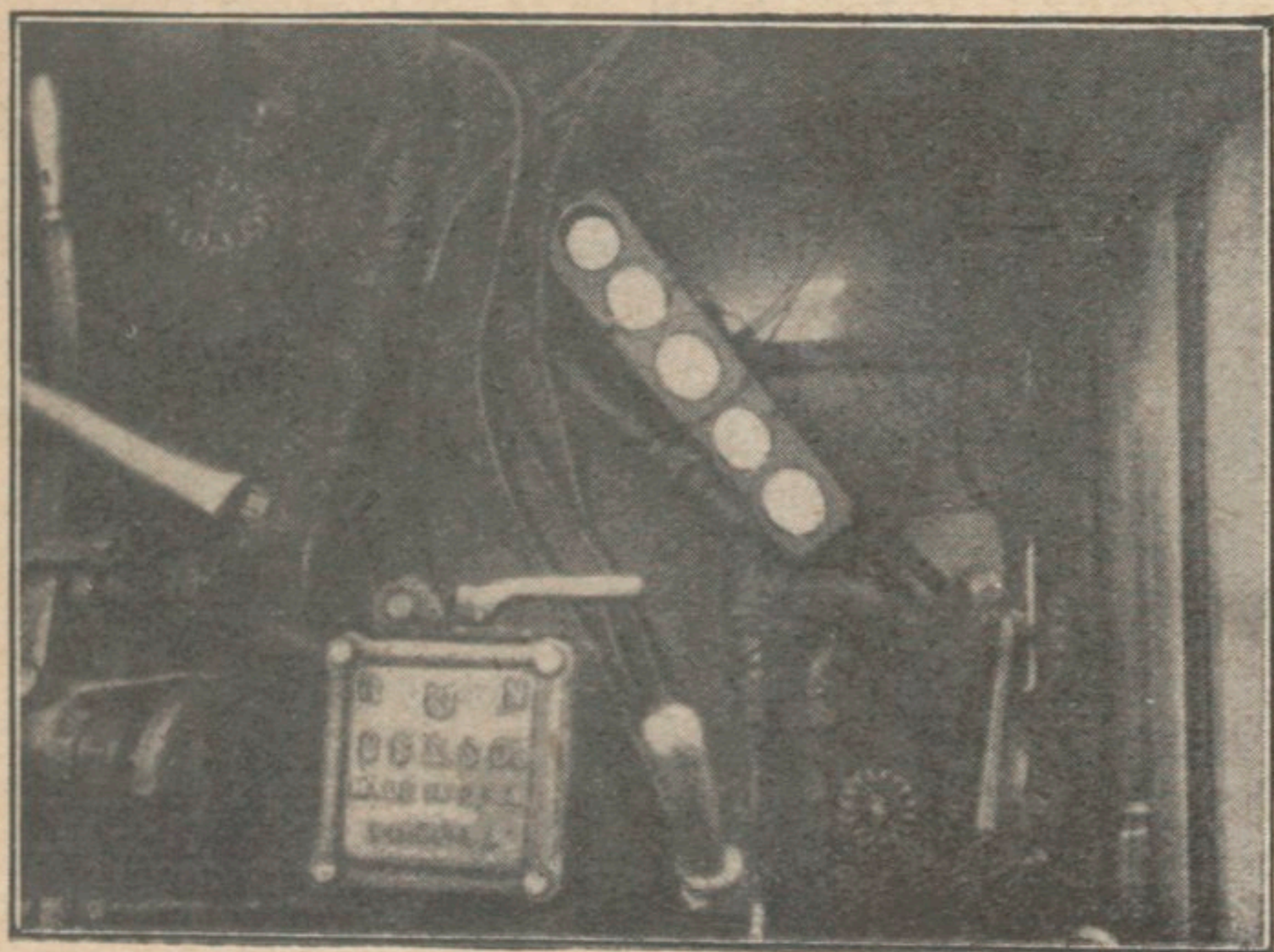
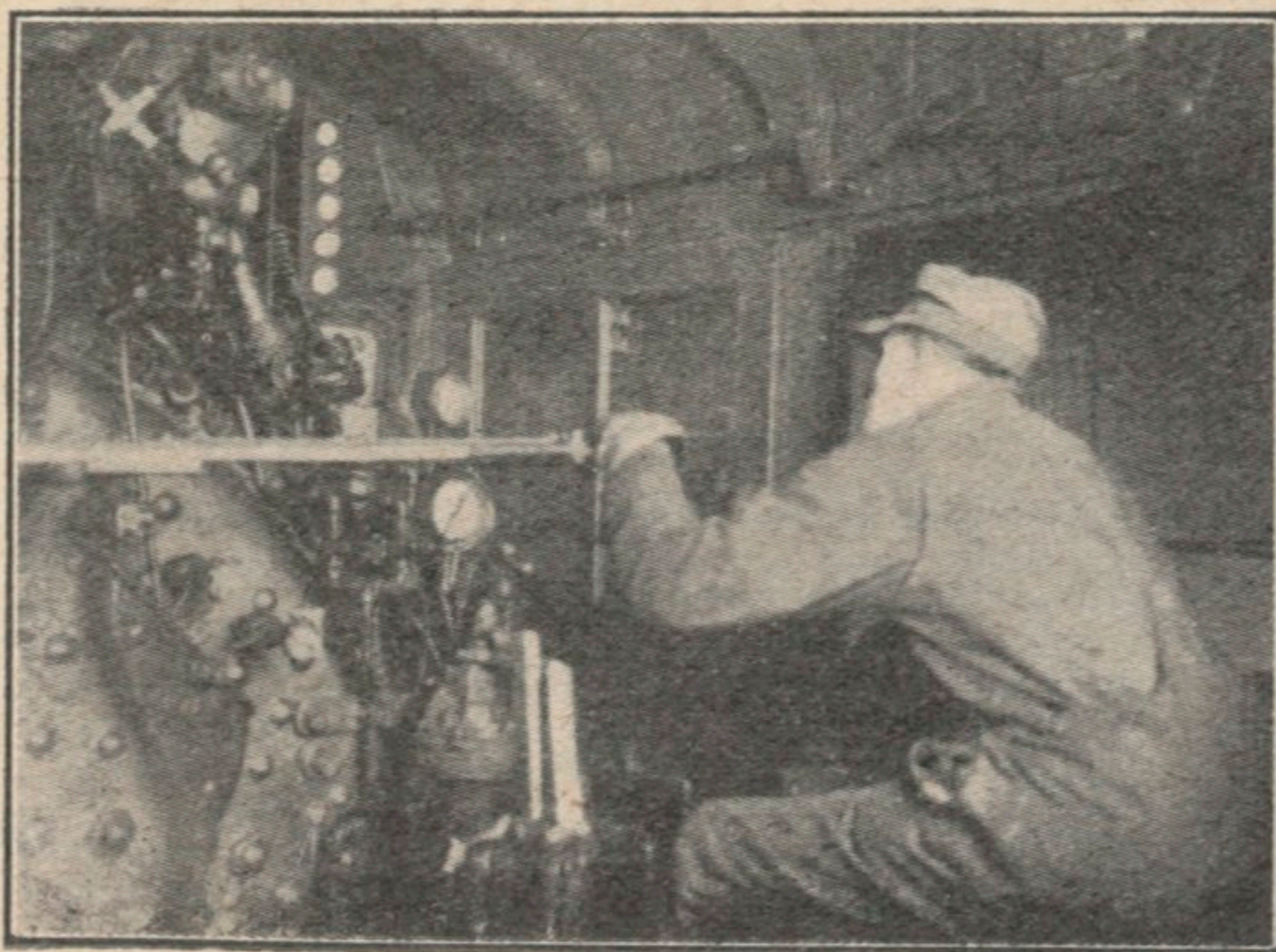


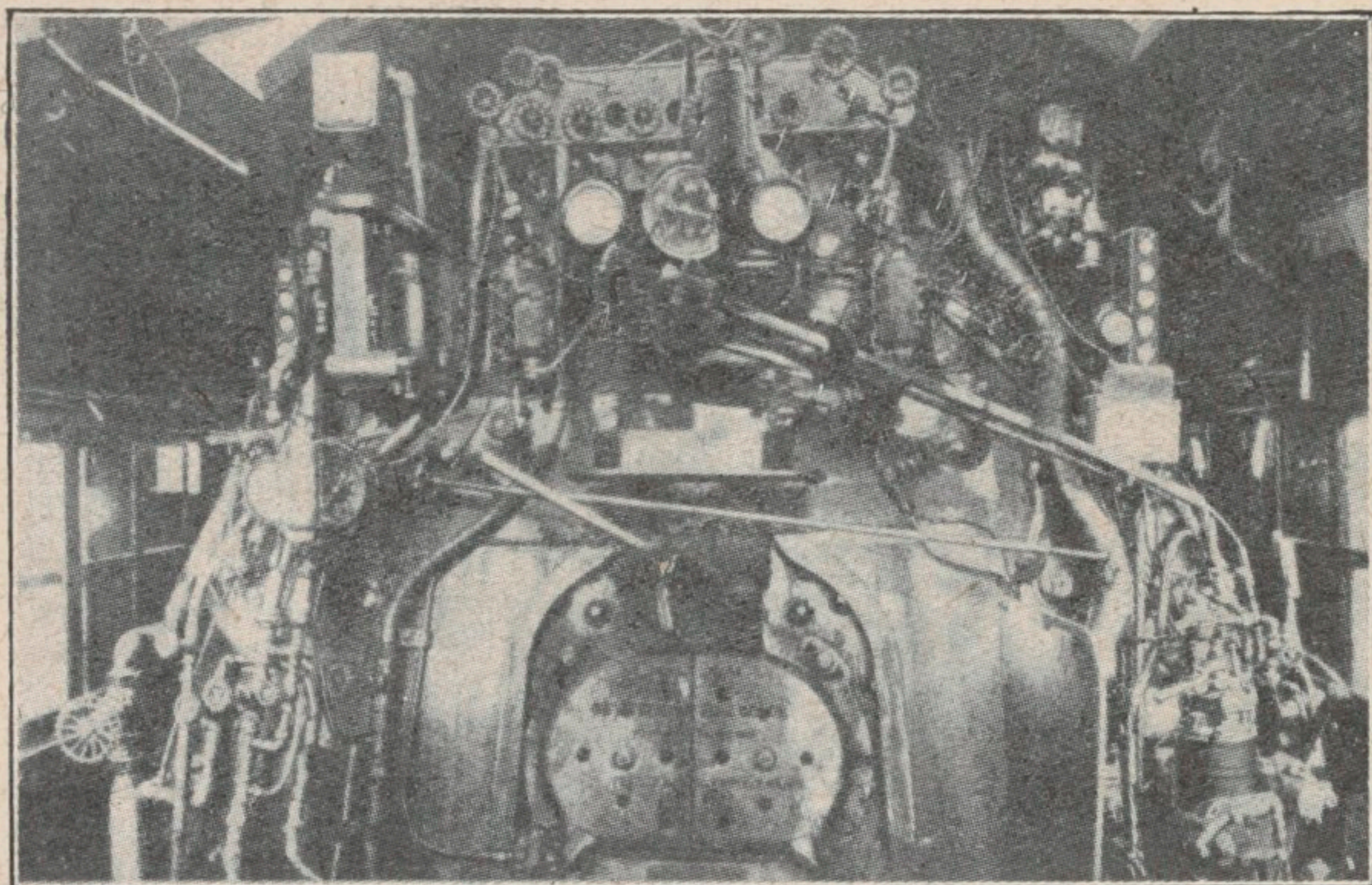
Fig. 61. — RÉPÉTITION PERMANENTE DES SIGNAUX SUR LES MACHINES (cabine signal).



crainte que le mécanicien ne les voit pas : ni pluie, ni brouillard, ni un moment d'inattention ne peut l'en empêcher ; il a là, sous ses yeux, dans sa cabine, ses signaux (Fig. 61).

Si même le mécanicien est défaillant, son chauffeur verra à sa place les signaux placés sur la machine, car ces signaux sont répétés de chaque côté du foyer (Fig. 62).

Fig. 62.



On a toutes les garanties qu'on voulait obtenir de l'arrêt automatique, sans aucun de ses inconvénients, et même avec un avantage en plus :

En effet, la manœuvre de l'allumage des diverses lampes se fait sous l'action de courant envoyé dans les rails, suivant des méthodes dont je vous fais grâce, mais dont j'ai pu récemment contrôler aux États-Unis le parfait fonctionnement ; il est alors possible de les faire fonctionner d'une façon continue. Eh bien cela, c'est un bouleverse-

ment complet de nos méthodes actuelles, et dont il est assez curieux de noter qu'il s'est fait jour peu à peu, involontairement pourrait-on dire ; mais il nous ouvre des horizons nouveaux et bien séduisants.

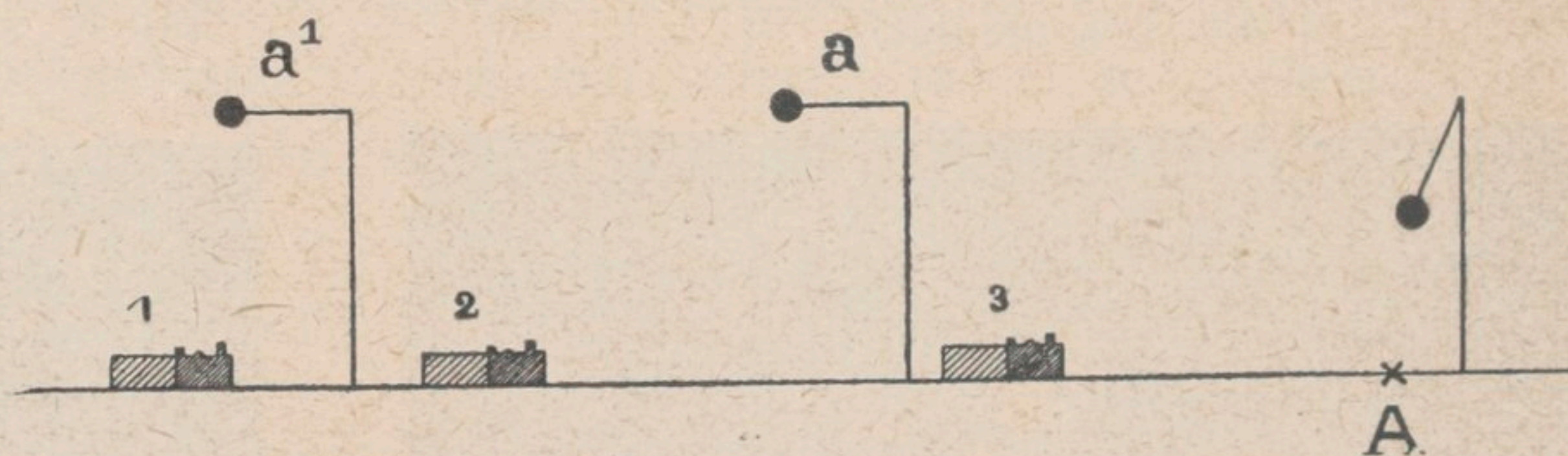
Dans tout ce que je vous ai décrit jusqu'ici vous avez pu noter combien notre signalisation était discontinue : nous avons espacé le long de la voie un nombre limité de signaux d'arrêt avec leur annonciateur : étant donné leur principe, c'est indispensable techniquement et économiquement. Mais cela présente un grave inconvénient : lorsqu'un mécanicien a manqué l'observation d'un signal avancé, ou a oublié l'ordre qu'il lui a donné, un accident est toujours possible. Au contraire, avec le signal continu dans la cabine il ne court plus aucun de ces risques puisque l'ordre donné lui est constamment rappelé. Il y a même plus : si, à l'heure actuelle, même en *block automatique*, un obstacle inopiné, rail brisé par exemple, se produit en A (Fig. 63), le train survenant ne sera prévenu à temps par l'annonciateur a^1 du signal d'arrêt a que s'il ne l'a pas encore passé, c'est-à-dire s'il est en 1.

S'il est en 2, il sera prévenu tardivement par le signal a seulement : s'il est en 3, il ne sera plus prévenu du tout :

Avec le signal continu dans la cabine, au contraire, il sera prévenu en 2 comme en 1, en 3 comme en 2 ; ce sera plus tard, il ne pourra peut-être que ralentir au lieu de s'arrêter, mais ce ne sera qu'un accident au lieu d'une catastrophe. Cela en vaut la peine n'est-ce pas ?

Une dernière conséquence vous vient à l'esprit : avec ce système les signaux de la voie ne servent plus à rien : pourquoi les conserver. Mais on les supprime, et j'ai pu ainsi circuler aux États-Unis sur une voie sans signaux, en meilleure sécurité qu'avec les signaux ordinaires !

Fig. 63.



Vous comprendrez facilement qu'avec tous ces avantages, sans aucun des dangers de l'arrêt automatique les mécaniciens des Etats-Unis aient été séduits par le « signal en cabine » — le « cab signal » selon le nom qu'ils lui donnent. C'est pourquoi un Réseau, et le plus grand, le Pennsylvania a demandé et obtenu l'autorisation d'appliquer ce système, sans arrêt automatique.

L'appliquerons-nous de sitôt? Peut-être pas, parce que les exigences de notre situation militaire nous obligeraient à le faire à la fois sur toutes nos machines, si même on n'en craint pas trop la vulnérabilité dans les cas de malveillance. D'autre part, il faut avouer que le crocodile et l'appareil Flaman réalisent déjà pour nous une partie des avantages du cab-signal. Il n'est donc pas certain que son application chez nous soit pour demain. Mais j'ai bon espoir que les perfectionnements qu'on ne manquera pas d'y apporter rapprocheront le jour où nous pourrions bénéficier en France de ce réel progrès : je le résume en une phrase : remplacer l'observation de signaux avancés, installés de place en place sur la voie, par une indication donnée d'une façon continue sous les yeux mêmes du mécanicien.

Le point de vue dépenses à engager n'est d'ailleurs pas à négliger. Sans même faire état de celles qu'il faudrait faire pour réaliser le « cab-signal » continu (une cinquantaine de mille francs pour chacune des 20.000 machines du parc français, deux centaines de mille pour chacun de ses kilomètres de voie), il est intéressant de noter que dans le prix de revient de la traction par voies ferrées, les exigences spéciales qu'on lui impose et qu'elle s'est elle-même déjà imposées au point de vue sécurité, ne sont pas négligeables. Je vous les ai déjà signalées à plusieurs reprises, mais pour vous en donner un aperçu plus complet, j'ai procédé à quelques sondages qui m'ont permis de déterminer, pour les principaux chapitres de dépenses, la part de la sécurité, qui représente :

- 13 % du prix de la voie et de la signalisation ;
- 10 % du capital d'établissement d'une gare ;
- 6 % du prix d'achat pour le matériel roulant ;
- 10 % du personnel.

En moyenne, on peut compter sur les 10 % environ de nos dépenses, tant de capital que d'Exploitation.

Si vous ajoutez à cela qu'on impose par surcroît au chemin de fer un impôt qui représente 16 % de ses perceptions, impôt qui rentre comme produit entièrement net dans les caisses de l'Etat et auquel viennent s'ajouter les économies qu'au détriment du chemin de fer, l'Etat réalise sur le service des Postes, les transports militaires, etc. . . et qui représentent un profit équivalent aux 5 % des recettes brutes de chemin de fer, vous vous apercevrez que vous atteignez déjà plus de 30 % de notre prix de revient.

Cependant, plus heureux, d'autres modes de transport peuvent. . .

Mais je m'égare, c'est une autre conférence que j'allais vous faire et j'ai déjà été trop long.

CONCLUSION

Avant de finir, permettez-moi cependant de vous mettre en garde contre une impression qui a pu résulter des lacunes de mon exposé : j'ai dû, pour vous faire sentir l'utilité des mesures prises, vous rappeler les accidents dont elles doivent empêcher le renouvellement, ne gardez pas le seul souvenir de ces accidents, rappelez-vous plutôt combien leur nombre est relativement faible sur les chemins de fer, et combien il décroît d'année en année.

Vous aurez pu aussi être frappé de la complexité toujours plus grande des dispositifs employés : ne craignez rien, ils sont robustes. N'oubliez cependant pas qu'il faut payer la sécurité que nous vous offrons : nous la recherchons même si elle coûte, et ce n'est pas son prix que nous regrettons. Mais il faut bien solder les dépenses qu'elle occasionne ; ce n'est qu'au théâtre qu'on sait faire de la bonne cuisine avec peu d'argent : quant il s'agit de choses sérieuses, ce serait dangereux.

Il n'en résulte pas moins que, faute de pouvoir tout mécaniser, l'outil humain sera encore plus longtemps le facteur essentiel de la sécurité : il a certes ses défaillances, mais il a aussi ses mérites, et je voudrais avant de terminer, vous prier de vous associer à l'hommage que je dois rendre au cheminot qui vous transporte : certes, ingénieurs et techniciens peuvent être justement fiers des appareils et des méthodes avec lesquels ils assurent la sécurité des voyageurs sur les chemins de fer, mais ils sont surtout fiers d'être, pour leur application, les collègues de cette armée de braves gens qui, consciencieusement, de jour comme de nuit, été comme hiver, font leur devoir, plus que leur devoir pour tirer des outils qu'on leur a confiés un parti exceptionnel : parmi ceux qui m'écoutent, mes collègues des divers Réseaux, les fonctionnaires du Contrôle, que je suis heureux de saluer ici en rappelant la collaboration confiante avec laquelle nous travaillons, s'associeront certainement à moi pour rendre cet hommage mérité à notre personnel : il est assez souvent à la peine pour mériter d'être mis à l'honneur.

J'ai fini, je fus peut-être bien long ; excusez-m'en, j'aime mon métier et quand j'en parle, c'est lui qui me mène, ce n'est plus moi qui le dirige.

Et dans notre métier de cheminot, la chose primordiale : c'est la sécurité.

Il faut d'ailleurs reconnaître qu'à l'origine de notre souci de la sécurité, si profond qu'il est devenu pour nous une seconde nature, il y a pour une part les exigences du public et celles du contrôle : heureuses exigences, en tant qu'elles nous ont obligés à faire mieux : Certes nous avons fait preuve de discipline, nous nous sommes pliés de bonne grâce à une réglementation dont nous sentirons les heureux effets. Comme Cyrano, nous ne regrettons pas « la fraise dont l'empois force à lever la tête » ne grognant contre elle que lorsqu'elle cherchait à nous enserrer dans des prescriptions inutilement étroites ou désuètes.

Mais cette sécurité, puisque, tout en la jugeant nécessaire chez nous, vous ne la jugez pas utile au même point dans les autres modes de transport auxquels vous désirez parfois vous confier, n'oubliez pas le prix qu'elle coûte, n'en négligez pas la valeur dans les comparaisons que vous faites :

Soyez exigeants, c'est votre droit
mais soyez équitables, c'est votre devoir.

Permettez-moi de vous rappeler la significative légende du moyen âge : Dans un château, inaccessible aux profanes, des chevaliers se sont voués à la garde d'un précieux ciboire. Parfois, cependant, l'un d'eux, pour défendre une femme injustement accusée, retourne au monde, et lui prête son appui.

Mais la loi est inexorable : quand, pour achever sa tâche, il a dû dévoiler son nom et livrer son secret, il lui faut quitter ses amis, les affections nouvelles qu'il avait su conquérir ; il ne les regrette pas, parce qu'il va retrouver, dans l'accomplissement du devoir accompli, la récompense de ses efforts, mais il ne peut s'empêcher de jeter, avant de partir sur son esquif, un dernier regard de remerciement aux compagnons qu'il s'était fait.

C'est à vous, chers et patients auditeurs, que, ce jour, j'adresserai ce remerciement, car j'ai voulu participer, dans ma faible mesure, à la défense de notre chemin de fer en vous

exposant tout le souci qu'il a pris de votre sécurité : le Saint Graal dont nous sommes les serviteurs, c'est la sécurité et son chevalier, c'est moi.

N'oublions pas, enfin, que pour réaliser les résultats que je viens de vous exposer, la collaboration de tous est nécessaire : si le Chemin de fer, quoi qu'on en dise, n'a pas vieilli, s'il est toujours plus rapide, toujours plus sûr, toujours plus confortable, c'est que les divers Services d'un Réseau rivalisant d'audace dans la mise en commun des efforts nécessaires : pour réunir, comme le Nord le fit en 1930, Paris à Liège en 4 heures, en 3 h 50 même comme nous ferons l'année prochaine, il y a eu bien des problèmes à résoudre, bien des difficultés à vaincre : Voie, Signalisation, Traction, Matériel, Mouvement, Services Commerciaux, tous n'ont eu en vue que le but à atteindre.

Et le mécanicien, qui, à cette vitesse, franchit un signal toutes les minutes, lorsqu'il laisse arrêter sa machine frémissante sous le hall de la Capitale de la Wallonie sait qu'il a pu, en toute sécurité pour lui et pour les voyageurs dont il a le soin, accomplir l'étape magnifique, parce qu'au chemin de fer nous avons une devise que nous avons empruntée à nos amis belges :

« L'Union fait la Force »

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
I. — QUELQUES CHIFFRES SUR LA RÉGULARITÉ DES TRANSPORTS.....	513
II. — LES PROBLÈMES QUE POSE LA RÉALISATION DE LA SÉCURITÉ.	
1° <i>Problèmes purement matériels</i>	517
2° <i>Les problèmes de la circulation :</i>	
a) la circulation sur voie courante.....	522
b) l'espacement des trains.....	525
c) le block automatique.....	529
d) la bifurcation.....	531
e) l'aiguille en pointe.....	534
f) vue d'ensemble sur les bases de la sécurité du chemin de fer.....	538
g) la marche en convoi.....	540
3° <i>Les problèmes humains</i>	540
III. — LES PROBLÈMES D'AVENIR :	
a) signal positif de voie libre.....	544
b) signaux lumineux.....	545
c) arrêt automatique des trains.....	546
CONCLUSION.....	549