

Revue générale des chemins de fer (1924)

I Revue générale des chemins de fer (1924). 1932/11.

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.

LE CANTONNEMENT AUTOMATIQUE

SUR LES CHEMINS DE FER DE L'EST

Par M. VINOT,

INGÉNIEUR PRINCIPAL,
CHEF DU SERVICE DES ÉTUDES DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER DE L'EST.

I. — APERÇU HISTORIQUE

La première application du *Cantonnement Automatique* sur les Chemins de fer de l'Est remonte à Décembre 1913. Il s'agissait d'un essai effectué sur les voies de la gare de triage de Lumes, affectées à la circulation des trains de marchandises. Le cantonnement était assuré au moyen de signaux carrés d'arrêt absolu annoncés par des indicateurs à damier vert et blanc, le fonctionnement de ces signaux étant commandé par circuit de voie. En cas d'arrêt prolongé à un carré de cantonnement automatique, le Chef de Train était autorisé à faire pénétrer son train en section bloquée moyennant l'accomplissement de certaines formalités comportant notamment la délivrance au Mécanicien d'un bulletin de marche prudente et l'effacement du carré au moyen d'un levier de secours.

Pendant la Guerre, une circulation très chargée dut être assurée sur le viaduc de Nogent-le-Perreux, sur la Marne ; ce viaduc qui n'est qu'à double voie, constitue, pour le trafic, un étranglement de plus de 800 mètres de longueur intercalé entre le parcours à quatre voies de Noisy-le-Sec à Nogent-le-Perreux et la bifurcation des lignes de Paris à Belfort et de Grande Ceinture. Pour augmenter le débit et étant donnée l'impossibilité d'établir un poste de cantonnement manuel sur le viaduc, on installa, en Août 1918, au milieu du viaduc et dans chaque sens, un carré de cantonnement à fonctionnement entièrement automatique commandé par circuit de voie.

La description technique du système de cantonnement ainsi réalisé a fait l'objet, dans le numéro de la *Revue Générale* de Juin 1921, d'une Note rédigée par M. Picard, Ingénieur Principal au Service de la Voie.

Ce système de cantonnement est exclusivement alimenté par des piles Leclanché ; les signaux sont actionnés par des moteurs électriques d'un type étudié spécialement pour l'emploi de ces piles par M. Klein, Ingénieur Principal au Service de la Voie, et décrit dans le numéro de la *Revue Générale* de Décembre 1924.

Le cantonnement automatique du viaduc de Nogent, qui est toujours en service, n'a jamais cessé de fonctionner d'une manière très satisfaisante. Le cantonnement automatique par signaux mécaniques, tel qu'il est actuellement appliqué sur le Réseau de l'Est, est conçu d'après les mêmes principes et n'en diffère que par l'adoption d'un signal spécial, le *sémaphore de couverture*, qui sera décrit plus loin, et par quelques détails de montage.

Les difficultés de tout ordre surgies dans les années qui suivirent la Guerre accentuèrent l'intérêt présenté par le cantonnement automatique. Indépendamment des garanties que ce cantonnement offre pour la sécurité, il permet, en effet, la multiplication des sections dans toute la mesure nécessitée par le débit à obtenir sans aggraver les charges de personnel.

Un premier tronçon de cantonnement automatique par signaux mécaniques fut mis en service en Octobre 1922 sur la ligne de Paris à Avricourt, entre les gares de Chelles et de Vaires, parcours exploité jusqu'alors par block system au moyen de sémaphores Lartigue. La substitution du cantonnement au sémaphore Lartigue fut progressivement étendue de part et d'autre de ce premier tronçon.

La même substitution fut ensuite effectuée sur la ligne de Vincennes, entre Paris-Bastille et Boissy-St-Léger, et sur d'autres parcours du Réseau.

Lors des essais de cantonnement automatique par signaux lumineux effectués sur le Réseau de l'Etat, le Réseau de l'Est s'intéressa également à la question et, en Juin 1925, des essais furent entrepris sur la ligne de Vincennes. A la suite de ces essais, la gare de Lérrouville, qui était en cours de transformation, avec commande de toute la gare (3 km de longueur) par un poste électrique unique système Descubes, fut équipée entièrement en panneaux-signaux lumineux et le cantonnement automatique au moyen de ces signaux fut ensuite appliqué sur divers parcours.

II. — DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT.

1° Signalisation. — Le signal de cantonnement utilisé de manière courante est le *sémaphore de couverture*. En signalisation mécanique, ce signal est constitué par un bras de forme légèrement trapézoïdale, peint en rouge et coupé de deux bandes blanches transversales, et qui, dans sa position horizontale (Fig. 1), commande l'arrêt, et dans la position inclinée (Fig. 2), indique la voie libre ; la nuit, le sémaphore à l'arrêt donne deux feux, l'un entièrement rouge, l'autre mi-rouge, mi-vert ; à voie libre, le sémaphore donne la nuit deux feux blancs.

En signalisation lumineuse, l'indication de sémaphore de couverture à l'arrêt est donnée par deux feux rouges à l'un desquels est accolé un œilleton vert.

Le sémaphore de couverture a pour rôle :

— d'une part, de maintenir, entre l'arrière et la tête de deux trains qui se suivent, l'espacement minimum requis par les conditions de débit qu'on veut obtenir de la ligne et compatible avec les limites de vitesse à observer par les convois et les conditions de freinage de ceux-ci ;

— d'autre part, d'assurer la protection d'un convoi dont l'arrière se trouve arrêté dans l'étendue de la section que commande le sémaphore. La protection d'un convoi arrêté au droit d'un signal de cantonnement n'a plus à être assurée par d'autres signaux fixes que le sémaphore de couverture implanté à l'origine de la section et les agents d'un convoi arrêté

Fig. 1.

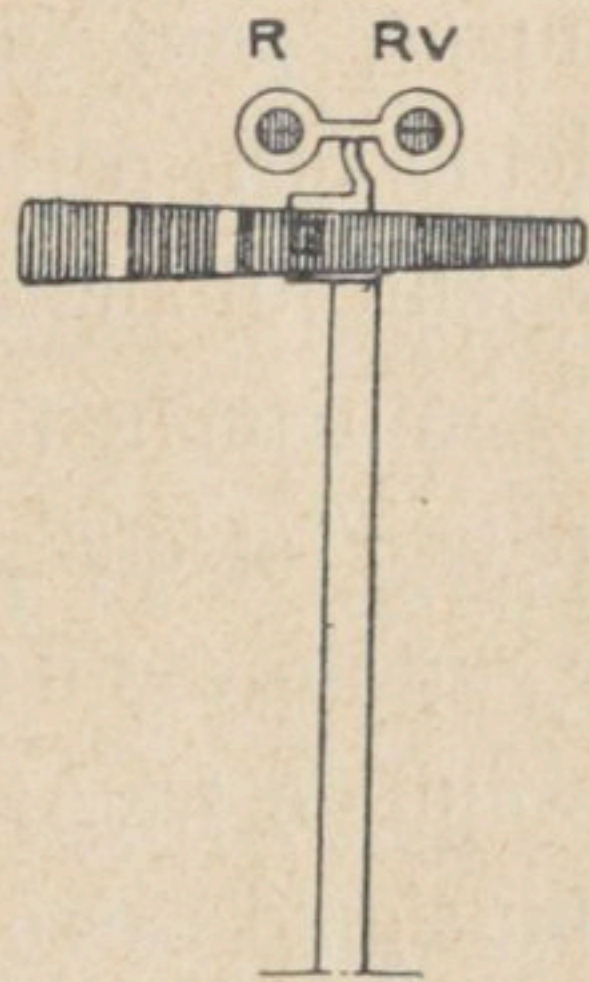
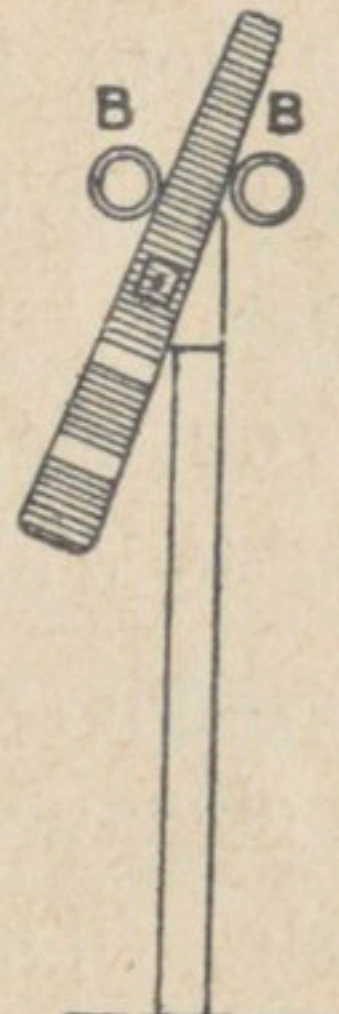


Fig. 2.



en pleine voie n'ont plus à en assurer la protection à l'arrière au moyen de signaux mobiles ⁽¹⁾.

Lorsqu'un train est arrêté par un sémaphore de couverture, le Chef de train laisse s'écouler un délai d'attente de 3 minutes puis, si rien d'ailleurs ne s'y oppose, il autorise le mécanicien à pénétrer dans la section suivante en lui délivrant un bulletin de franchissement du sémaphore à l'arrêt comportant ordre de marche prudente.

La protection assurée dans ces conditions par le sémaphore de couverture, si elle est efficace lorsque l'obstacle est constitué par un train ou une machine en circulation ou en stationnement et pourvu de ses signaux d'arrière, ne l'est plus au même degré s'il s'agit d'un obstacle dont l'existence sur la voie principale n'est pas marquée par des signaux, ou encore d'un obstacle venant au dernier moment engager la voie, comme c'est le cas pour une manœuvre provenant d'une voie voisine ou un véhicule routier traversant un passage à niveau.

La protection des obstacles autres que les trains ou machines munis de leurs signaux d'arrière doit, par suite, être assurée au moyen de signaux carrés d'arrêt absolu. Les points où des signaux carrés doivent être implantés à cet effet constituent nécessairement l'origine d'une section de cantonnement.

En signalisation mécanique, les signaux carrés de protection peuvent être, en même temps, assujettis au circuit de voie et fonctionner automatiquement comme signaux de cantonnement, mais, si les obstacles dont le carré doit assurer la protection se présentent avec une fréquence relativement faible, comparée à celle de la succession des mouvements en circulation sur la ligne, il y a avantage à implanter, au même point que le carré, un sémaphore de couverture. Chacun des deux signaux, carré et sémaphore, conserve alors son rôle distinct et cette manière de faire permet les entrées en section bloquée sur l'initiative du Chef de train, alors que le franchissement d'un signal carré de cantonnement en position de fermeture ne peut se faire qu'en cas de secours ou de dérangement dûment constaté et sur l'ordre écrit d'un Agent de gare.

En signalisation lumineuse, la facilité avec laquelle l'indication de signal carré, constituée par deux feux rouges, peut être transformée en celle de sémaphore de couverture, par l'allumage de l'œillet vert, permet d'écarter d'une manière absolue le signal carré comme signal de cantonnement automatique.

Tout signal de cantonnement (sémaphore de couverture ou carré de cantonnement) est doublé d'un détonateur électrique qui, en cas d'entrée en section bloquée, doit être, au préalable, désarmé, au moyen d'un commutateur placé à proximité du signal ; ce désarmement est effectué par le Chef de train, s'il s'agit d'un sémaphore de couverture, ou par l'agent du poste, s'il s'agit d'un signal carré de cantonnement. Les signaux de cantonnement qui ne sont pas au voisinage d'une gare ou d'un poste pouvant remplacer les cartouches après chaque explosion, sont munis de détonateurs à répétition pouvant recevoir 48 cartouches ⁽²⁾.

(1) Cette conséquence de l'emploi du cantonnement automatique en fait, avec l'application du frein continu aux trains de marchandises, un des facteurs principaux des économies possibles sur le personnel de conduite des trains.

(2) Les détonateurs électriques constituent un élément important de dépenses et de complication dans les installations de cantonnement automatique. Les Réseaux français examinent actuellement en commun la possibilité de substituer aux détonateurs une répétition sur les locomotives avec enregistrement, ainsi que cela existe déjà pour les signaux avancés. Ces études rencontrent comme principale difficulté la différenciation nécessaire entre les signaux avancés et les signaux d'arrêt.

Les signaux de cantonnement sont annoncés au moyen d'indicateurs à damier vert et blanc soit montés carrément, lorsqu'ils sont à la distance réglementaire d'arrêt ⁽¹⁾ du signal qu'ils annoncent, soit montés sur pointe, s'ils sont à une distance de ce signal inférieure à la distance d'arrêt. Les figures 3 et 4 représentent ces indicateurs à damier en signalisation mécanique. De nuit, ou en signalisation lumineuse, le damier fermé donne deux feux verts sur une ligne horizontale s'il est monté carrément et sur une ligne verticale s'il est monté sur pointe.

Tous les damiers utilisés dans le cantonnement automatique sont doublés de crocodiles qui enregistrent sur les machines le franchissement des damiers ouverts et fermés.

Fig. 3.

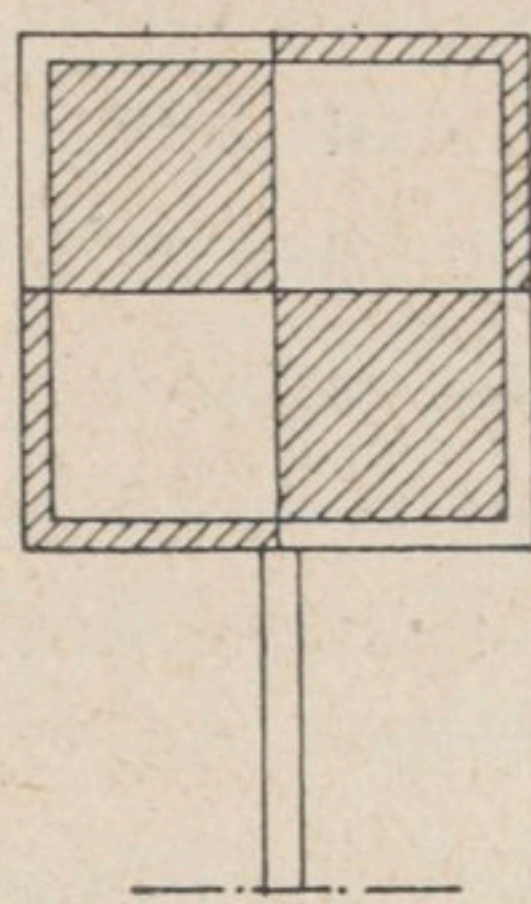
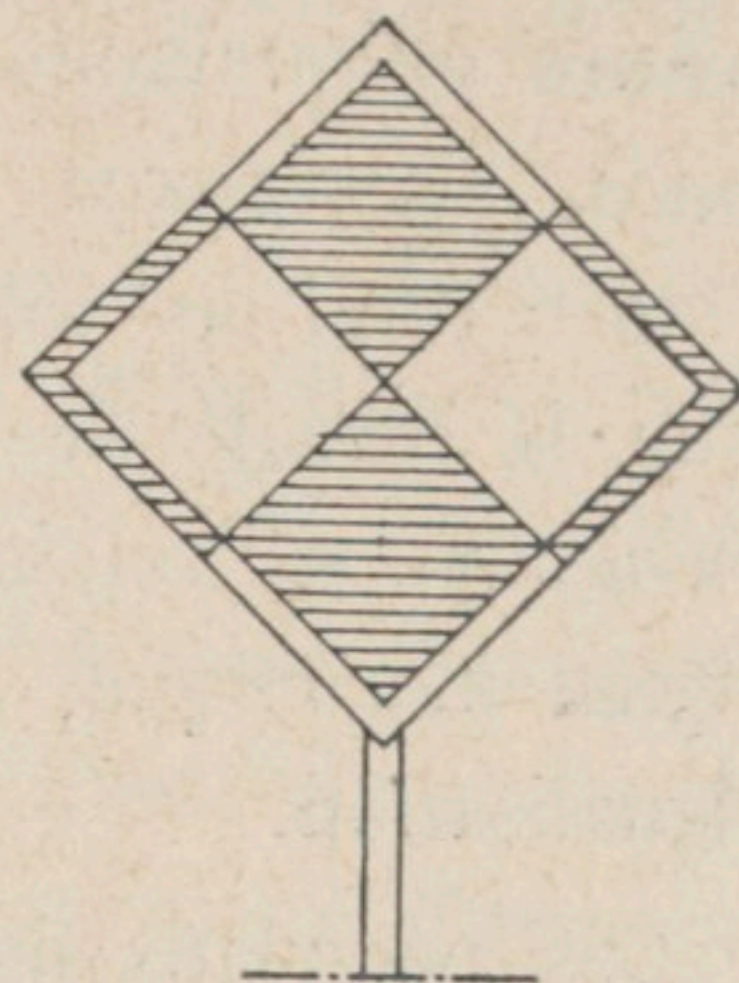


Fig. 4.



2^o Fonctionnement. — Particularités du cantonnement par panneaux-signaux lumineux. — Ainsi qu'il a été dit plus haut, le fonctionnement du cantonnement automatique est, à peu de chose près, celui qui a été décrit dans l'article de la *Revue Générale* de Juin 1921.

Les schémas qui figuraient dans cet article comportent une *continuité de section à section* ayant pour effet de subordonner le déblocage d'un signal de cantonnement, non seulement au dégagement de la section qu'il commande, mais encore, si le train n'a pas quitté la voie principale cantonnée, par garage ou aiguillage, à sa couverture par un signal de cantonnement suivant. Cette disposition est toujours réalisée dans le cantonnement automatique par signaux mécaniques. Par contre, dans le cantonnement automatique par panneaux-signaux lumineux, le fonctionnement étant assuré entièrement au moyen de relais, sans moteur, transmission ou articulation susceptibles de coincement accidentel ou de grippage, la continuité ne s'impose plus.

Dans le cantonnement automatique par panneaux-signaux lumineux, chaque panneau joue à la fois le rôle de signal de cantonnement et celui d'annonceur du signal de cantonnement qui le suit, mais il ne présente que l'indication la plus impérative ; si, par exemple, le panneau considéré est à l'arrêt en même temps que le panneau suivant, seule apparaîtra l'indication de sémaphore de couverture à l'arrêt ; l'indication de damier fermé donnant l'avertissement n'apparaîtra qu'au moment où l'indication de sémaphore de couverture à l'arrêt disparaîtra lors du déblocage de la section.

Les panneaux-signaux qui protègent des postes comportent, en outre, l'indication de signal carré.

Les panneaux-signaux lumineux peuvent être alimentés par le courant d'un secteur avec transformation pour le ramener à 6 volts, voltage sous lequel fonctionnent les lampes ⁽²⁾ ;

(1) La distance réglementaire d'arrêt est de 1 100 mètres en palier sur les lignes à circulation rapide et varie par échelons suivant le profil.

(2) Les lampes sont de 10 watts pour les feux colorés et de 6 watts pour les feux blancs et l'œillet vert.

dans ce cas, des batteries d'accumulateurs placées auprès de chaque signal peuvent, en cas d'interruption de l'alimentation par le secteur, assurer l'éclairage pendant 48 heures.

Le Réseau de l'Est, après des essais prolongés, a également adopté un système d'alimentation assuré uniquement par des piles type Leclanché ; pour éviter une usure trop rapide de ces piles, les signaux ne s'allument qu'à l'approche des trains. Cette disposition, qui évite l'installation des câbles d'alimentation et des postes de transformation, est économique tant que la densité des trains ne dépasse pas une certaine limite ⁽¹⁾ et présente, en outre, l'avantage de rendre chaque panneau-signal complètement autonome, au même titre qu'un signal mécanique, ce qui est intéressant au point de vue des remaniements possibles de la signalisation.

Les panneaux-signaux ne portent aucun repère éclairé. Le mécanicien qui rencontre accidentellement un panneau-signal complètement éteint doit le considérer comme un signal d'arrêt, à moins qu'il ait la certitude d'avoir franchi à voie libre (feux blancs) le panneau-signal précédent, auquel cas il doit seulement se rendre maître de la vitesse de son train et ne plus s'avancer, jusqu'au prochain signal de cantonnement, qu'à une allure suffisamment réduite pour pouvoir s'arrêter dans la partie de voie en vue, s'il se présente un obstacle ou un signal commandant l'arrêt. Il a semblé, en effet, très difficile qu'un mécanicien puisse observer une réglementation qui lui prescrirait de toujours considérer comme un signal d'arrêt infranchissable un panneau-signal éteint rencontré en marche normale.

Les panneaux-signaux qui sont susceptibles de donner l'indication de signal carré sont munis d'une plaque non éclairée la nuit, portant la lettre A, en noir sur fond blanc.

Lorsqu'un train est arrêté à un panneau-signal complètement éteint portant la lettre A, ce panneau doit être considéré comme donnant l'indication de carré fermé et ne peut, par suite, être franchi sans autorisation d'un Agent du poste ou de la gare. Si le panneau ne porte pas la lettre A, il doit être considéré comme donnant l'indication de sémaphore de couverture et l'entrée en section bloquée s'effectue sur l'initiative et sous la responsabilité du Chef de train.

III. — ÉTUDE DES PROJETS

1^o Considérations préliminaires. — Le cantonnement doit, pour chaque ligne, être conçu de manière à permettre le débit nécessaire au trafic de cette ligne, compte tenu des diverses natures des trains appelés à y circuler. Il doit non seulement ne causer aucune gêne à la marche des trains lorsque les horaires sont respectés, mais il doit, en outre, permettre aux trains qui sont en retard, pour une cause quelconque, de regagner du temps dans toute la mesure où ce gain de temps ne peut pas nuire à la sécurité.

(1) La consommation d'énergie électrique est, en effet, avec ce système, sensiblement proportionnelle à la durée d'occupation des sections. Si cette consommation devenait trop élevée, il faudrait recourir à des batteries de piles renforcées, ce qui augmenterait non seulement les dépenses d'installation, mais encore celles d'entretien. Il faut donc tenir compte dans l'étude préalable, non seulement du nombre quotidien des trains, mais aussi de leur longueur, de leur vitesse et de la longueur des sections. Sur la ligne de Vincennes, le système donne de bons résultats avec une circulation quotidienne de 90 trains dans chaque sens, mais il s'agit à peu près uniquement de trains de voyageurs et les sections ont en moyenne 600 m de longueur.

Dans les études de projets de cantonnement, on détermine, comme point de départ, les espacements minima qu'il convient de prévoir derrière les diverses natures de trains. Par exemple, on se posera comme condition, sur une ligne importante, comme celle de Paris à Avricourt, de pouvoir circuler sur tous signaux ouverts :

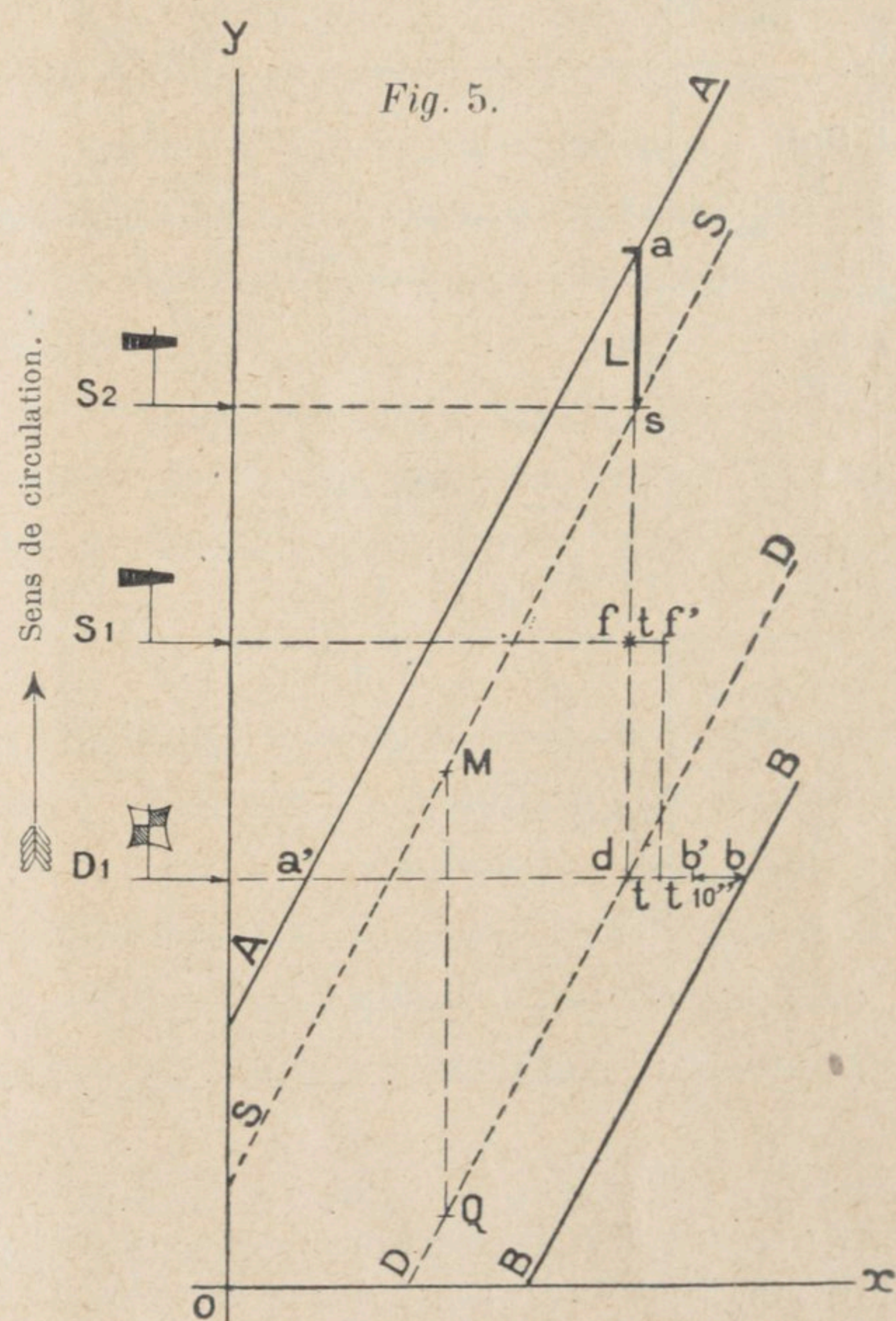
- 5 minutes derrière un train de marchandises direct,
- 6 minutes derrière un train de voyageurs omnibus, compte tenu des arrêts de ce train dans chaque station.

La condition posée ci-dessus de circulation sur tous signaux ouverts implique non seulement que, si deux trains se succèdent à l'espacement indiqué, le second de ces trains doit trouver tous les signaux à voie libre, mais encore que ces signaux doivent avoir été mis à voie libre suffisamment à l'avance pour que le mécanicien du second train ne puisse pas être troublé dans sa marche ; on admet que les signaux doivent être à voie libre 10 secondes au moins avant le passage de la tête du train.

Dans les systèmes de cantonnement où la manœuvre des signaux est assurée manuellement, cette manœuvre, indépendamment des irrégularités ou même des défaillances qui peuvent se produire de la part du personnel, peut, suivant les postes et suivant les circonstances, être effectuée plus ou moins rapidement, ce qui apporte à l'espacement des trains des variations assez sensibles et susceptibles d'être gênantes sur des lignes à fort trafic. Dans le cantonnement automatique, la manœuvre des signaux s'effectue spontanément dès que les conditions requises pour la fermeture ou l'ouverture sont remplies et, si cette manœuvre n'est pas absolument instantanée, elle prend, en général, un temps constant qu'il est facile de mesurer pour en tenir compte dans les études.

2^o **Étude graphique des projets.** — a) *Signalisation mécanique.* — Les études s'effectuent graphiquement d'après les considérations suivantes qui sont, par ailleurs, applicables, pour la plupart, à toutes les études de cantonnement, quel qu'en soit le système, mais qui sont particulièrement intéressantes dans le cas du cantonnement automatique, en raison de la précision qui peut être apportée à ce travail.

Sur la figure 5, Ox et Oy sont deux axes de coordonnées sur lesquels sont portées des longueurs représentant horizontalement les temps et verticalement les distances. La ligne A-A représente la marche-type du train ⁽¹⁾ qui franchit successivement les signaux figurés à gauche de



(1) Pour déterminer la marche-type à utiliser pour les études graphiques, on prend la moyenne d'un nombre suffisamment élevé de marches réellement suivies par des trains ayant circulé dans des conditions normales, en opérant par dépouillement des bandes des appareils enregistreurs de vitesse.

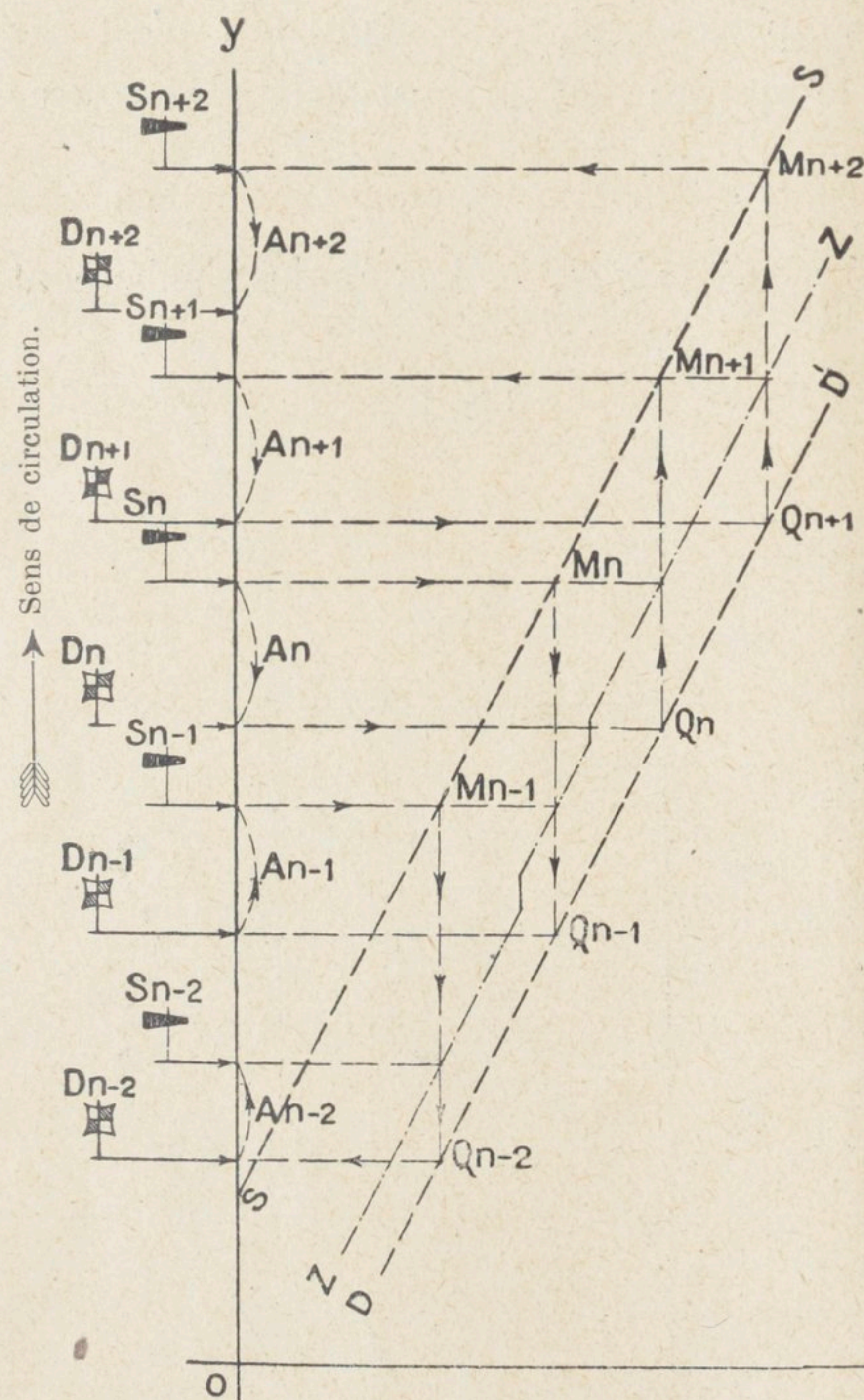
l'axe Oy, savoir le damier D_1 annonciateur du sémaphore S_1 et le sémaphore S_2 . Les conditions nécessaires pour que le sémaphore S_1 puisse se remettre à voie libre ne seront remplies que lorsque la queue du train aura dépassé le sémaphore S_2 . Si L est la longueur du train, la tête de celui-ci sera, à ce moment, en a . Le point f représente le moment où le sémaphore S_1 pourra commencer à se mettre à voie libre ; si t est le temps nécessaire au fonctionnement du moteur de ce signal, l'ouverture complète sera obtenue à l'instant représenté par f' ; à ce moment, le moteur du damier D_1 , si rien par ailleurs ne s'y oppose, commencera sa manœuvre d'effacement qui prendra également un temps t ⁽¹⁾.

Par suite, le moment où le damier D_1 est effacé est figuré par le point b' distant horizontalement de $2t$ du point d figurant le moment théorique où les conditions nécessaires à l'ouverture sont remplies.

Etant donnée l'obligation d'avoir une visibilité d'au moins 10 secondes pour le damier à voie libre, le train suivant BB, pour circuler sans gêne, devra se présenter au damier D_1 au plus tôt au moment figuré par le point b et, par suite, l'espacement minimum permis par les signaux, entre les deux trains AA et BB, est représenté par $a'b$.

FIG. 6.

Les flèches indiquent le sens des constructions à effectuer. Les longueurs $An-2$, $An-1$, An , $An+1$, $An+2$, représentent les distances réglementaires d'arrêt aux points correspondants de la ligne.



Si l'on trace par s une parallèle SS à AA (décalée par conséquent dans le sens vertical de la longueur du train L) et par d une parallèle DD à BB (décalée dans le sens horizontal de la longueur constante $2t + 10''$) et si l'on se propose d'étudier la signalisation permettant aux trains AA et BB, supposés parallèles, de se succéder à l'espacement $a'b$, deux points quelconques M sur SS et Q sur DD, situés sur une même verticale, jouiront de la propriété que, si un signal de cantonnement est placé en M, le damier annonciateur du signal de cantonnement précédent devra être placé en Q ou au-dessus, ou que, inversement, si un damier annonciateur doit être placé en Q, le signal de cantonnement qui suit celui annoncé par Q doit être placé en M ou au-dessous.

Le graphique N° 6 montre comment, à la faveur de cette remarque, il est possible, en partant d'un emplacement, S_n , de signal de cantonnement supposé connu, d'en déduire une implantation théorique des signaux tant à l'amont qu'à l'aval.

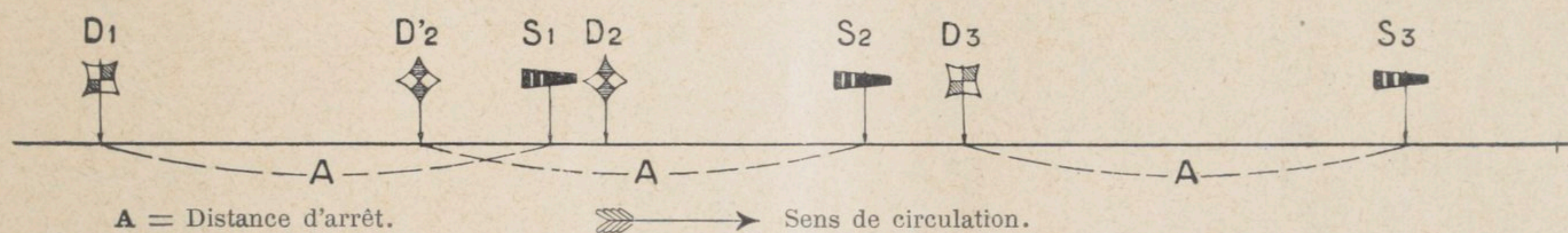
(1) La durée de fonctionnement des appareils électriques produisant l'ouverture d'un signal mécanique a été prise, après mesure, égale à quatre secondes. La fermeture est à peu près instantanée.

Dans la pratique, le travail ne s'effectue pas avec la même facilité ; il faut, en effet, tenir compte des emplacements qui sont imposés, tout au moins dans une limite assez étroite, par exemple par la présence des gares, des bifurcations, des ouvrages d'art (souterrains, viaducs), par les zones de mauvaise visibilité, etc...

Ces sujétions conduisent à des tâtonnements parfois assez longs et rendus souvent compliqués du fait des variations de profil qui peuvent entraîner des modifications de la distance d'arrêt pour un déplacement de quelques mètres d'un signal de cantonnement.

Afin de simplifier le travail à ce point de vue sur les profils accidentés, il peut être commode, au lieu de faire de multiples calculs de distance d'arrêt, de tracer une fois pour toutes sur le graphique, préparé comme il a été indiqué plus haut (Fig. 6), une ligne brisée ZZ représentant les valeurs de la distance d'arrêt en chaque point de la ligne comptées verticalement à partir de la ligne DD ; de la sorte, à chaque détermination de la position d'un nouveau damier ou d'un nouveau signal de cantonnement, l'implantation du signal annoncé ou du damier annonciateur se trouve obtenue automatiquement.

Fig. 7.



Il peut arriver que la longueur d'une section de cantonnement S_1-S_2 (Fig. 7), déterminée comme il vient d'être dit, soit inférieure à la distance d'arrêt. On ne peut songer à faire annoncer le signal de cantonnement S_2 par le damier D_1 du poste précédent, car, au point de vue de l'espacement sur damiers ouverts, on ne retirerait aucun avantage de l'existence du signal S_2 , l'ouverture du damier D_1 ne se produisant qu'après que le train aurait dépassé le sémaphore S_3 . On doit alors prévoir un damier supplémentaire D'_2 placé à distance entière d'arrêt du signal S_2 , les damiers D_1 et D'_2 étant fermés en même temps que le sémaphore S_1 , et les damiers D'_2 et D_2 en même temps que le sémaphore S_2 .

Dans les parties de pleine voie, sur bon profil, les sections pourraient atteindre une assez grande longueur, mais, pour éviter que, en cas d'entrée en section bloquée, la marche très prudente du mécanicien soit trop prolongée, on s'impose un maximum absolu de la longueur des sections (par exemple 2 km).

b) *Signalisation lumineuse.* — L'exposé ci-dessus s'applique également à l'étude des projets de cantonnement automatique par panneaux-sigaux lumineux, à condition d'y apporter quelques modifications.

En effet, du fait que chaque panneau-signal joue le double rôle de signal de cantonnement et d'annonciateur du signal de cantonnement suivant, il en résulte que la distance d'annonce d'un signal de cantonnement est, en principe, dans la signalisation lumineuse, égale à la longueur de la section de cantonnement qui le précède,

Cette particularité oblige à créer, dans le cantonnement par signaux lumineux, des sections sensiblement plus courtes que dans le cantonnement par signaux mécaniques, d'une part,

parce que l'allongement de la distance d'annonce est désavantageuse pour le débit sur damiers ouverts et, d'autre part, parce qu'il importe que les mécaniciens soient prévenus de l'indication d'arrêt donnée par le signal suivant à une distance qui soit toujours du même ordre de grandeur à quelques centaines de mètres près.

Pour l'étude des projets, on peut appliquer la méthode graphique indiquée sur la figure 8, méthode qui dérive de celle figurée sur la figure 6.

La ligne brisée ZZ représente les valeurs de la distance d'arrêt en chaque point de la ligne, comptées verticalement du bas vers le haut à partir de la ligne DD et une autre ligne brisée

Fig. 8.

Les flèches indiquent le sens des constructions à effectuer.

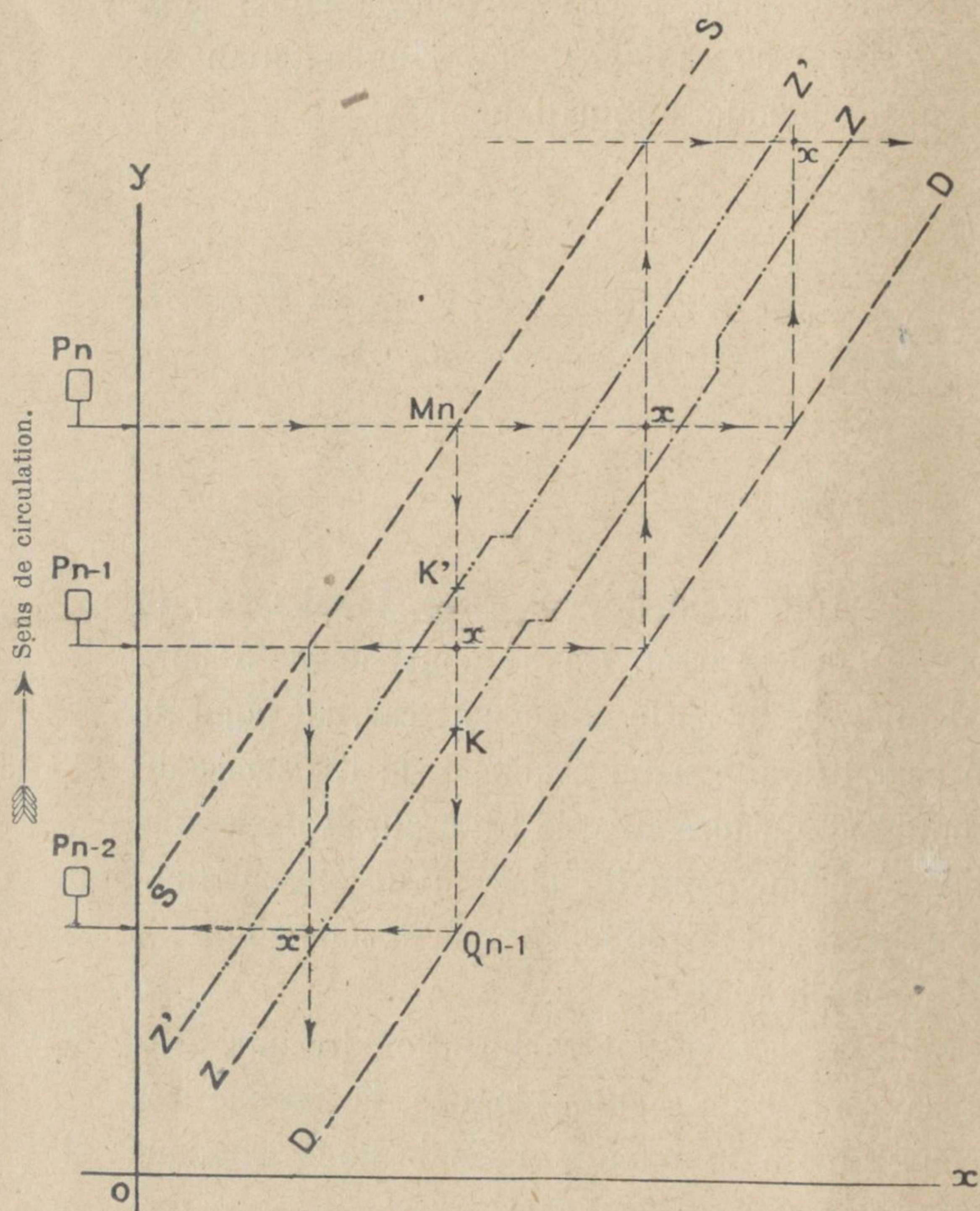
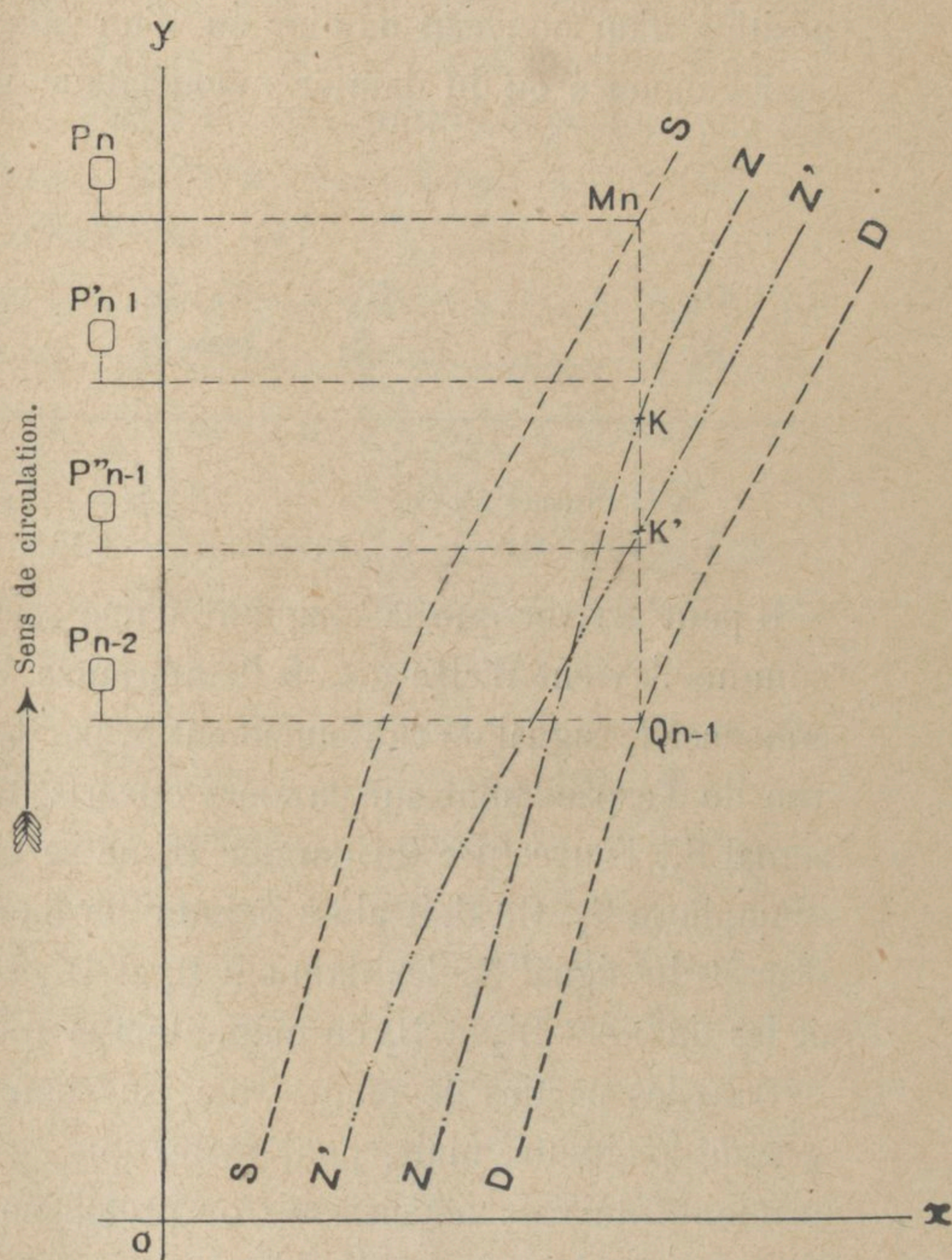


Fig. 9.



$Z'Z'$ représente les mêmes valeurs, mais comptées verticalement de haut en bas à partir de chaque point de la ligne SS. Le graphique ainsi constitué jouit de la propriété que, si l'on trace une verticale coupant SS en M_n , DD en Q_{n-1} , ZZ en K et $Z'Z'$ en K' et que l'on place un panneau P_n au droit de M_n et un panneau P_{n-2} au droit de Q_{n-1} , le panneau P_{n-1} doit se trouver entre K' et K, en un point choisi généralement de telle manière que les cantons (P_{n-2}/P_{n-1}) et (P_{n-1}/P_n) soient sensiblement équivalents.

La figure 8 indique comment l'étude peut ainsi se poursuivre graphiquement, en supposant une étude purement théorique. A chaque détermination d'un panneau, on doit vérifier que le point marqué x ne sort pas de la bande limitée par ZZ et $Z'Z'$.

Cette construction suppose expressément que la ligne brisée ZZ' est au-dessus de la ligne brisée ZZ ; s'il en était autrement (Fig. 9), il faudrait dédoubler le panneau $Pn-1$ en deux panneaux, $P'n-1$ et $P''n-1$, situés respectivement, $P'n-1$, en K ou au-dessus, $P''n-1$, en K' ou au-dessous. Les panneaux Pn et $P'n-1$ ont alors respectivement pour premiers annonceurs les panneaux $P''n-1$ et $Pn-2$. Pour donner aux sections de cantonnement des longueurs comparables, on cherche à se rapprocher, dans ce cas, de la division de la longueur $Mn - Qn-1$ en trois parties égales.

IV. — SITUATION ACTUELLE. — PROGRAMME D'AVENIR

Le cantonnement automatique est actuellement en service, sur le réseau de l'Est, sur environ 300 km de lignes, dont 75 km à quatre voies ou plus et 225 km à deux voies. Le détail de ces parcours est donné sur le tableau ci-après.

PARCOURS DU RÉSEAU DE L'EST ÉQUIPÉS EN CANTONNEMENT AUTOMATIQUE
(Situation au 1^{er} Juin 1932)

PARCOURS	Longueur du parcours	Nombre de voies	Longueur de voie simple
1 ^o Signalisation mécanique.			
Paris-Noisy (1).....	7 km	6	42 km
Noisy-Gagny.....	5 »	4	20 »
Chelles-Vaires.....	2 »	4	8 »
Vaires-La Ferté-sous-Jouarre.....	45 »	2	90 »
Toul-Blainville.....	56 »	2	112 »
Châlons-sur-Marne-St-Hilaire-au-Temple.....	12 »	2	24 »
Lumes-Charleville.....	8 »	2	16 »
Valleroy-Homécourt.....	4 »	2	8 »
Baroncourt-Audun-le-Roman.....	20 »	2	40 »
Noisy-le-Sec-Nogent-le-Px.....	6 »	4	24 »
Nogent-le-Px-Villiers-sur-Marne.....	3 »	2	6 »
Langres-Chalindrey (1).....	13 »	2	26 »
Bastille-Boissy-St-Léger (1).....	18 »	2	36 »
Total pour la signalisation mécanique.....	452 km de voie simple.		
2 ^o Signalisation lumineuse.			
Gagny-Chelles.....	5 km	4	20 km
Mussey-Lérouville.....	49 »	4	196 »
Lérouville-Novéant.....	50 »	2	100 »
Divers (2).....	»	»	30 »
Total pour la signalisation lumineuse.....	346 km de voie simple.		
Total général.....	798 km de voie simple.		

⁽¹⁾ Dédution faite de parcours divers équipés en signalisation lumineuse : Gares de Paris, Pantin (partielle) St-Mandé, Vincennes, souterrain de Culmont.

⁽²⁾ Parcours énumérés plus haut sous le renvoi ⁽¹⁾.

D'une manière générale, les résultats donnés par le cantonnement automatique sont des plus satisfaisants. Les dérangements dans le fonctionnement représentent un pourcentage infime par rapport au nombre de manœuvres des signaux ; la comparaison avec le block manuel, à ce point de vue en particulier, est indiscutablement favorable au nouveau système.

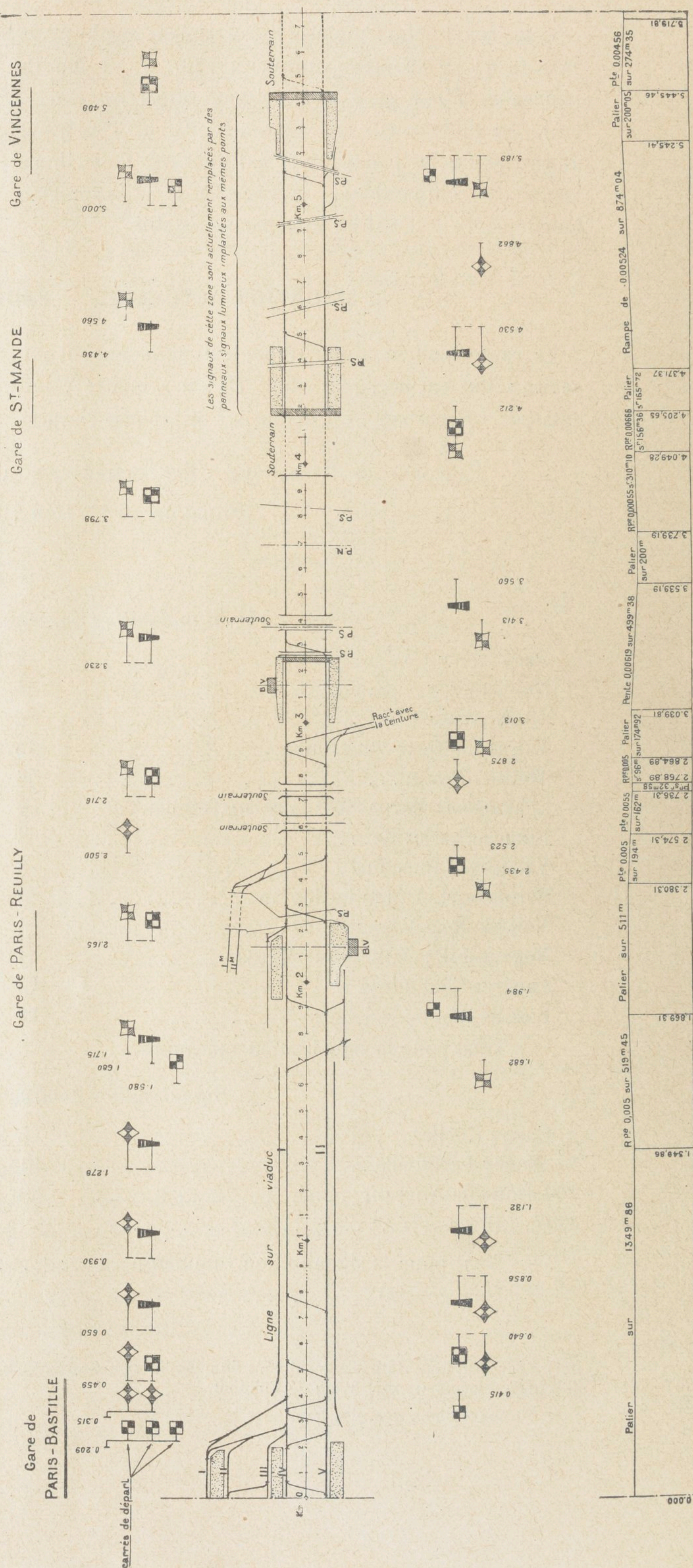
Par ailleurs, dans le même ordre d'idées, la signalisation lumineuse paraît encore supérieure à la signalisation mécanique.

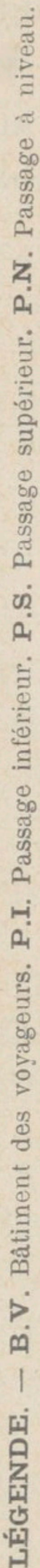
Une application intéressante du cantonnement automatique a été réalisée sur la ligne de Vincennes, qui assure un service de petite banlieue particulièrement chargé. La gare de Paris-Bastille expédie, en effet, chaque soir de jour ouvrable, un total de près de 30 000 voyageurs, avec maximum horaire de 17 000, atteint entre 18 h 15 et 19 h 15 et cela avec une seule voie de circulation de chaque sens.

La figure 10 indique

Fig. 10.

CANTONNEMENT AUTOMATIQUE DE LA SECTION PARIS-BASTILLE A JOINVILLE-LE-PONT.





Au départ de Paris-Bastille, pour tenir compte de la mise en vitesse des trains, il a été adopté, pour l'implantation des damiers, des distances encore plus réduites et progressivement croissantes, de manière à *modeler* la signalisation sur la marche-type effective.

Le cantonnement a été étudié de manière à permettre des espacements d'une minute et demie entre les trains qui partent de Paris-Bastille et de deux minutes entre les trains qui y arrivent.

Le cantonnement automatique a commencé à fonctionner sur la ligne de Vincennes en Juillet 1923. Les résultats pratiques obtenus ont pleinement concordé avec les études théoriques, en particulier, la gare de Paris-Bastille expédie quotidiennement 27 trains de voyageurs de 18 h 12 à 19 h 51.

*
* *

Le Réseau de l'Est poursuit l'extension progressive du cantonnement automatique à toutes ses lignes à fort trafic. Des travaux, dont l'exécution est soit en cours, soit très prochaine, établiront le cantonnement automatique par signaux mécaniques sur 120 km de double voie et celui par panneaux-signaux lumineux sur 50 km de quadruple voie et 30 km de double voie.
