

rémunération stipulée par contrat. Quant au réseau de Gafsa, construit aux frais de la Compagnie, sans garantie d'intérêt ni association de l'Etat aux bénéfices, il constitue l'exemple d'une troisième combinaison financière.

Le réseau le plus ancien, établi aux frais du concessionnaire avec la garantie de l'Etat français, comprend la ligne de la Medjerdah, fragment du Tunis-Alger, et ses embranchements, au total 220 km de voies ferrées. L'élévation relative de son capital d'établissement en rend, dans l'état présent du trafic, la rémunération intégrale impossible à assurer avec les seules recettes. Le produit net, qui en 1900 était de 389.000 francs ou 1,05 % du capital engagé, atteignait 1.050.000 francs ou 2,83 % en 1909. Comme tel, il était encore insuffisant à couvrir le revenu garanti au concessionnaire et la différence, 1.280.000 francs était parfaite par un versement du Trésor. Par deux conventions, en date de 1902 et de 1910, l'Etat français s'est déchargé sur le budget tunisien du service de la garantie, moyennant un versement annuel et forfaitaire, régulièrement décroissant et prenant fin en 1957. Dégagé de toute préoccupation, il a remis à la Tunisie le soin de régler et de rémunérer cette exploitation au mieux de ses intérêts.

Le nouveau réseau, réseau côtier et réseau minier, propriété du gouvernement tunisien, qui l'a payé de ses deniers, est d'un rendement financier plus brillant : ses frais d'établissement peu élevés et l'importance de ses recettes minières lui procurent un revenu net qui atteint en 1909 près de 4 1/2 %. La ligne de Bizerte, qui n'assurera de transports pondéreux importants qu'après l'ouverture de ses embranchements vers les Nefzas et vers Nébeur, est la moins favorisée : elle rémunère son capital à 3,28 % ; mais la ligne minière de Kalaa-Djerda et le petit réseau côtier du Sahel, qui bénéficie pour partie de l'apport de la précédente, ont un rendement respectif de 4,57 et de 4,71 %. Seules les lignes minières procurent d'aussi beaux revenus : en 1905, le revenu moyen du nouveau réseau n'était que de 1,30 % ; en 1906 ; année d'ouverture de la ligne de Kalaa-Djerda, il passe brusquement à 3,27 %. L'année suivante, en 1907, la ligne de Kalaa-Djerda donne elle-même près de 6,12 %. La Tunisie, qui conserve jusqu'à concurrence de 4,60 % le revenu des voies ferrées construites à ses frais et est intéressée dans les excédents au-delà de ce chiffre, n'a pas fait, dans la circonstance, un mauvais placement de son argent.

Les recettes de chacun des réseaux, qu'il ait été établi aux frais du concessionnaire ou aux frais de la Tunisie, reçoivent une affectation sensiblement analogue. Avant tout, elles sont employées à rembourser à la Compagnie gérante ses frais d'exploitation. Pour écarter un motif de discussion entre Etat et Compagnie, ces frais sont fixés à forfait, selon des formules parfois complexes qui donnent à l'exploitant, soit un tant pour cent de la recette brute, soit une rémunération fixe par voyageur ou tonne transportés, soit une indemnité par kilomètre de train. L'excédent sert à rémunérer le capital d'établissement fourni par la Compagnie ou par l'Etat. Enfin, l'on procède, s'il y a lieu, au remboursement des avances de l'Etat, à la constitution d'un fonds de réserve, au partage des bénéfices par moitié entre l'Etat et la Compagnie. Les rapports du concédant et du concessionnaire sont ceux de véritables associés qui se sont entendus pour donner aux bénéfices l'emploi le plus propre au développement de l'entreprise.

3. Installations électriques du Chemin de fer souterrain Nord-Sud de Paris.

— *La Revue* publiera ultérieurement une note sur l'infrastructure et les conditions générales d'établissement et d'exploitation du Nord-Sud de Paris, comme elle l'a déjà fait, au fur et à mesure, pour toutes les lignes métropolitaines déjà en exploitation (1) ; mais, en attendant, il paraît intéressant de donner

(1) Voir dans les Nos de Septembre 1900, Avril 1903, Juin 1905 et Avril 1909 les notes intitulées « *Le Chemin de fer Métropolitain de Paris* », par R. Godfernaux.

aux lecteurs de la *Revue* quelques indications sur les dispositions réalisées au point de vue de l'équipement électrique (1).

Il est nécessaire de remarquer tout d'abord que la ligne Nord-Sud s'est présentée, en tant que profil en long et tracé en plan (Fig. 1 et 2) dans des conditions plutôt défavorables comparativement aux lignes

Fig. 1.

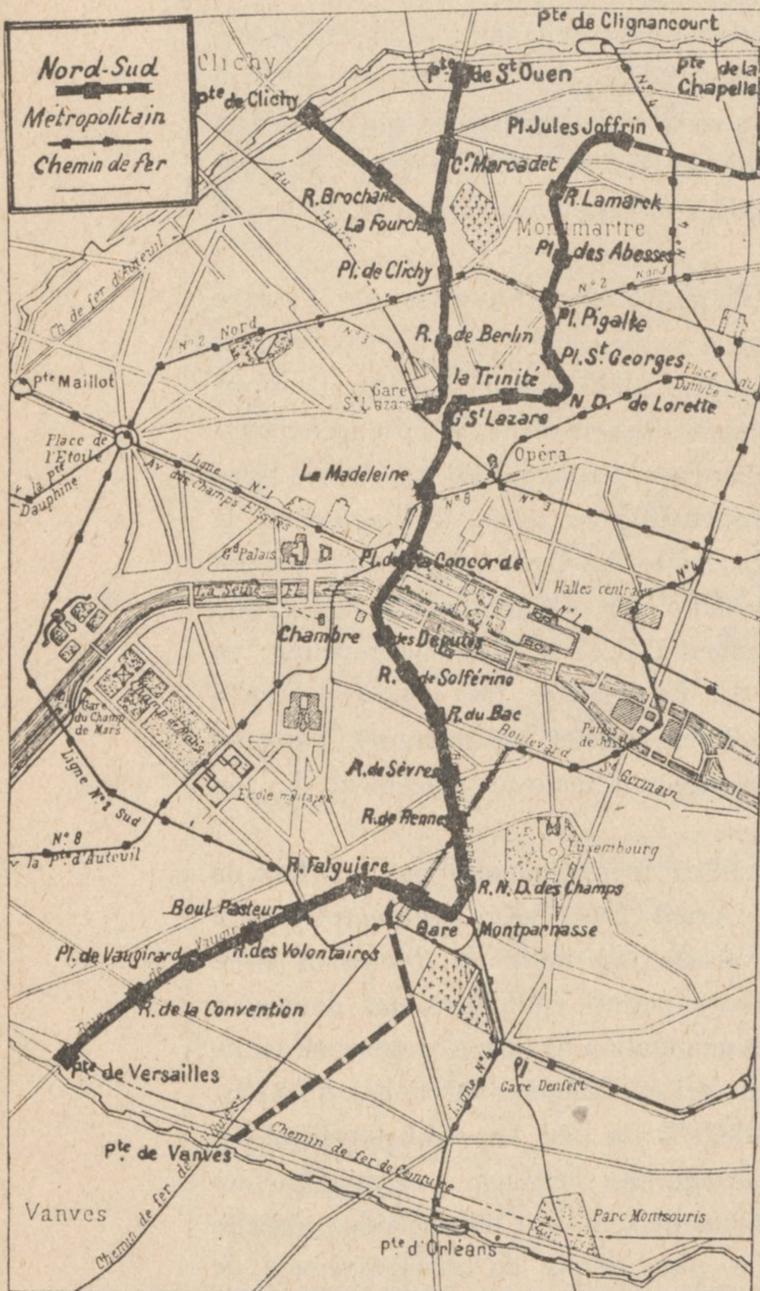
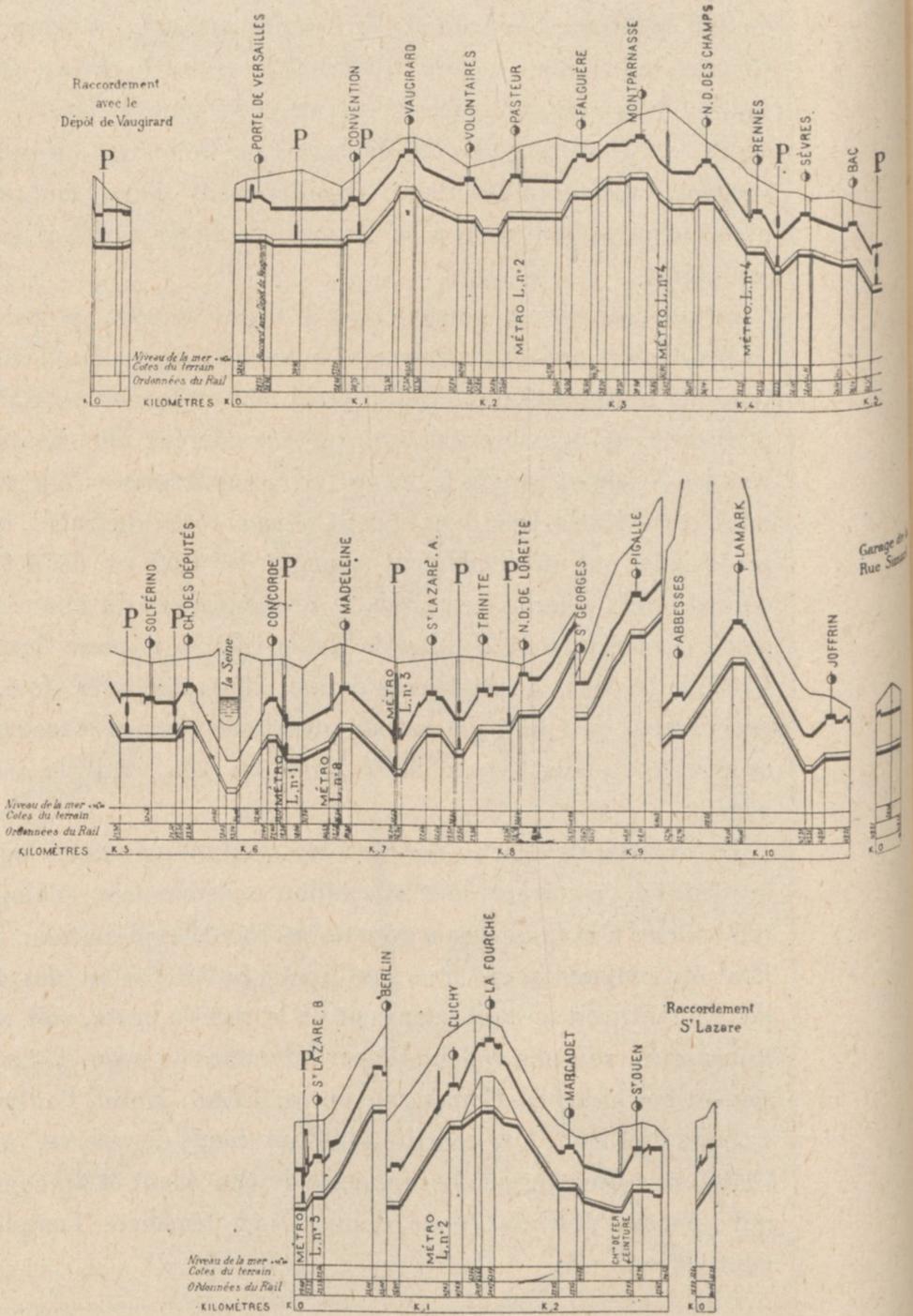


Fig. 2. — PROFILS EN LONG.



LÉGENDE P : Postes d'épuisement.

métropolitaines existantes ; et les Ingénieurs chargés de la superstructure se sont trouvés en face de grandes difficultés, c'est ainsi qu'avec un profil présentant constamment des déclivités de 40^{mm} par mètre, on rencontre de nombreuses courbes, dont le rayon s'abaisse parfois jusqu'à 50 mètres, se succédant pour

(1) Ces renseignements sont extraits d'une Conférence faite par M. Petit Administrateur, délégué de l'Omniium Lyonnais à la Société Internationale des Electriciens.

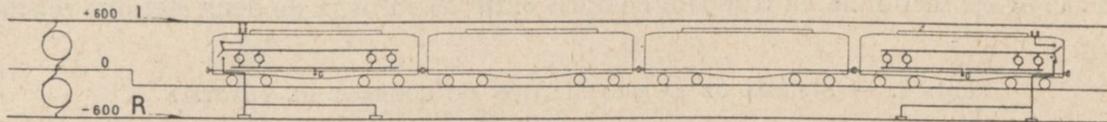
ainsi dire, bout pour bout, en sens contraire. Aussi, la voie, le matériel roulant, le freinage, l'éclairage et la signalisation ont-ils fait souvent l'objet de dispositifs nouveaux.

On décrira seulement aujourd'hui le principe même du système électrique et les particularités relatives à la fourniture du courant et à l'établissement de la ligne (feeders, ligne de travail, etc...) reportant au prochain numéro la partie concernant les dispositifs spéciaux du matériel roulant et de la signalisation.

Principe du système de Traction. — Les Ingénieurs du Nord-Sud ont cherché à s'affranchir des inconvénients (notamment les effets destructeurs dus à l'électrolyse) inhérents à la circulation de forts courants dans les rails de roulement, conducteurs de retour; et d'autre part, bien qu'on commençât déjà à envisager l'utilisation directe de voltages élevés sur les métropolitains, il a bien fallu au moment où la décision a été prise, tenir compte de l'état actuel de la construction qui offrait des garanties, d'autant plus complètes de bon fonctionnement que l'on s'arrêterait à des tensions ne dépassant pas 600 volts.

Bref, on a eu recours à une distribution à 3 fils comportant deux lignes spéciales de prises de courant, l'une aérienne, l'autre à fleur du sol (par troisième rail) et la ligne des voies de roulement formant le fil neutre (Fig. 3).

Fig. 3. — SCHÉMA DU SYSTÈME DE TRACTION.



L'une des motrices, la motrice de tête par exemple, recueille le courant sur l'un des conducteurs, la différence de potentiel entre le conducteur et le rail étant de 600 volts, et l'autre motrice prend également, entre le second conducteur et les rails de roulement, un courant à la tension de 600 volts.

La différence totale de potentiel utilisé par le train entre les deux lignes de prise de courant est donc de 1.200 volts sans qu'en aucun point des voitures, la tension d'un conducteur, (par rapport à la terre), dépasse 600 volts; c'est-à-dire qu'on ne s'écarte pas, eu égard à la sécurité du public et des agents, des conditions actuellement usitées sur lignes métropolitaines connues.

La partie du rail de roulement comprise entre la motrice de tête et la motrice de queue, sert de conducteur de liaison et est, seule sur toute la voie, (1) le siège d'un courant, en supposant, bien entendu, les puissances absorbées par les deux motrices rigoureusement égales. Le courant de traction est alors réparti également entre les deux ponts (+ 600^v, 0 et 0, - 600^v). (L'absence, ou à peu près, de courant de retour

(1) Le courant résiduel dans les rails de roulement n'est pas rigoureusement nul pour les raisons suivantes :

En premier lieu, les circuits de commande et d'éclairage étant pris sur le pont fil, celui-ci a systématiquement une charge un peu supérieure à celle du pont rail. Mais la différence qui résulte de cette disposition est faible : 60 ampères environ par sous-station.

Des écarts plus importants pourraient résulter du matériel roulant par suite des différences entre les caractéristiques des moteurs de la voiture de tête et de ceux de la voiture de queue et même pour les moteurs à caractéristiques identiques de la différence de vitesse due à l'usure inégale des bandages ou à la différence dans l'adhérence qui peut produire un patinage en tête et pas en queue du train ou vice versa.

Pratiquement on estime à 70 ampères l'écart maximum d'intensité entre les motrices d'un train et qui oscille constamment autour de 0 (Fig. 5).

On voit que l'équilibrage $\frac{I^1 - I^2}{I^1 + I^2}$ est réalisé à 3 % près.

Cet équilibrage bien entendu disparaît quand on branche les deux automotrices d'avant et d'arrière sur un même pont en cas de défaillance de l'autre (commodité qui n'est pas sans importance pour une ligne à grande fréquentation).

à la station dans les rails de roulement est une condition des plus importantes qui jointe à l'élévation du potentiel entre les deux rails de traction permet d'augmenter le rayon d'action des sous-stations).

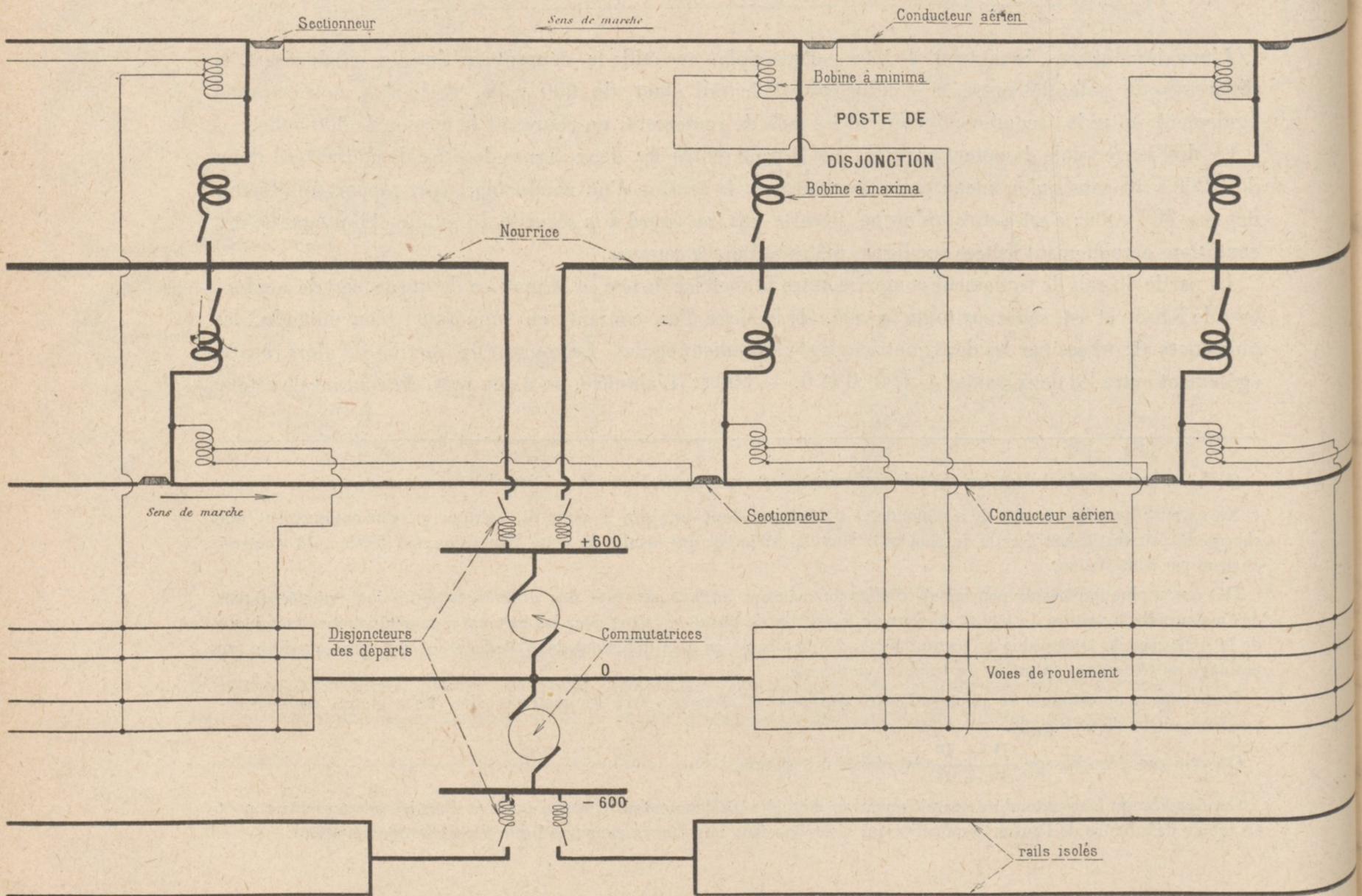
Dans ce système de distribution, les deux conducteurs ne peuvent pas être mis tous les deux au niveau du sol ; car, si l'un d'eux était mis à l'extérieur de la voie, le second devrait être placé dans l'axe entre les deux rails de roulement, mais il en résulterait une trop grande proximité avec la masse des moteurs et, dans les croisements, son trop grand rapprochement avec les rails obliques de jonction des voies, rendrait cette disposition impossible. On ne peut également envisager, pour des raisons de gabarit et d'encombrement, et aussi de difficultés d'aiguillages, l'installation de deux fils aériens tendus au-dessus des trains. Ces fils forcément peu éloignés l'un de l'autre, avec une différence de potentiel de 1.200 volts, devraient être sectionnés à chaque jonction au croisement de voies, ce qui serait une trop grande complication. D'où la disposition consistant à mettre en haut, à la voûte du souterrain, l'un des conducteurs de traction et de constituer le second conducteur par un rail latéral isolé (troisième rail), au niveau des rails de roulement.

Chacun de ces conducteurs présente une différence de potentiel de 600 volts par rapport aux rails de roulement et de 1.200 volts, l'un par rapport à l'autre.

Ce rail latéral à la surface de la plateforme a la section usuelle suffisante pour qu'il n'y ait pas lieu de l'alimenter par feeders.

En ce qui concerne le conducteur en cuivre aérien, sa section est seulement de 150mm^2 et il est alimenté, de distance en distance, par des prises faites sur un feeder spécial ou *nourrice* régnant d'un bout à l'autre du souterrain : le fil est sectionné en tronçons compris entre les milieux de deux stations voisines (Fig. 4)

Fig. 4. — SCHÉMA DE LA DISTRIBUTION DU COURANT DE TRACTION.



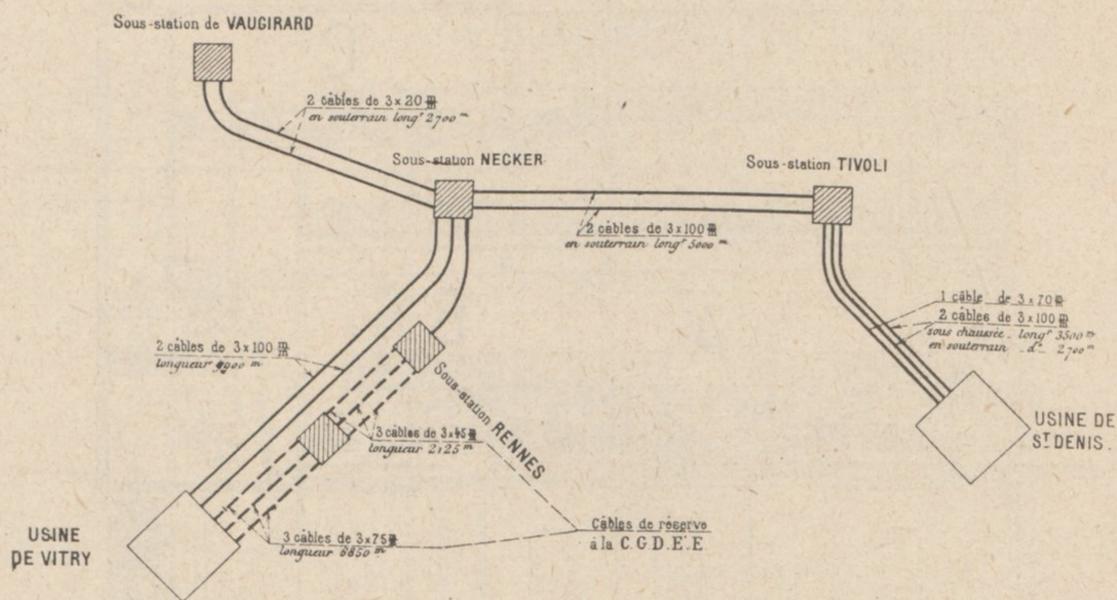
et chacun des tronçons est alimenté en un seul point qui est l'origine de ce tronçon dans le sens du parcours ; enfin cette alimentation se fait par l'intermédiaire d'un disjoncteur qui fonctionne soit par surintensité, soit en cas de rupture de fil et qui est par conséquent sous l'action simultanée de bobines à maxima et à minima.

Production et distribution du courant. — Pour l'alimentation électrique du réseau du Nord-Sud, on pouvait soit construire une usine centrale, soit acheter le courant à des usines de distribution d'énergie électrique. C'est cette dernière solution qui a prévalu, en partageant l'achat de l'énergie (avec l'éventualité pour chacun d'eux de fournir la totalité en cas de besoin) entre deux fournisseurs, la Compagnie générale de distribution d'énergie électrique (Usine de Vitry) qui alimente la sous-station *Necker* située impasse de l'Enfant-Jésus, entre les stations Pasteur et Falguière, et la Société d'électricité de Paris (Usine de Saint-Denis) qui alimente la sous-station *Tivoli*, située passage Tivoli, près de la station Saint-Lazare (Fig. 5).

L'usine de Vitry envoie à Necker un courant triphasé à 13.000 volts (25 périodes) par deux câbles de $3 \times 100\text{mm}^2$ (Un câble de même section relie la même sous-station à la sous-station Rennes des Tramways Sud, qui reçoit également le courant de l'usine de Vitry par plusieurs câbles).

L'usine de Saint-Denis envoie à Tivoli un courant triphasé à 10.000 volts (25 périodes) par trois câbles, dont deux de $3 \times 100\text{mm}^2$ et un de $3 \times 70\text{mm}^2$.

Fig. 5. — RÉSEAU DES CABLES A HAUTE TENSION.



Les deux sous-stations sont en outre reliées entre elles par deux câbles de $3 \times 100\text{mm}^2$ affectés l'un au courant à 10.000 volts, l'autre au courant à 13.000 volts. Un système de barrettes transportables de longueurs et de mâchoires différentes, complété par des enclenchements appropriés, permet au besoin d'affecter au courant à 13.000 volts le câble normalement à 10.000 volts, et réciproquement, sans qu'aucune fausse manœuvre soit possible.

Le dépôt de Vaugirard possède, pour ses besoins propres : traction, force motrice et éclairage, une petite sous-station alimentée par deux câbles de $3 \times 20\text{mm}^2$ de section qui la relie à la sous-station Necker.

Comme on a renoncé à priori, pour la traction, à l'emploi d'accumulateurs, qui eussent conduit à une trop grande complication en raison du système de distribution adopté, les contrats d'achats prévoient que la puissance maxima garantie est fixée à 110 pour 100 de la puissance moyenne, sur laquelle est calculé le minimum de consommation annuelle garantie.

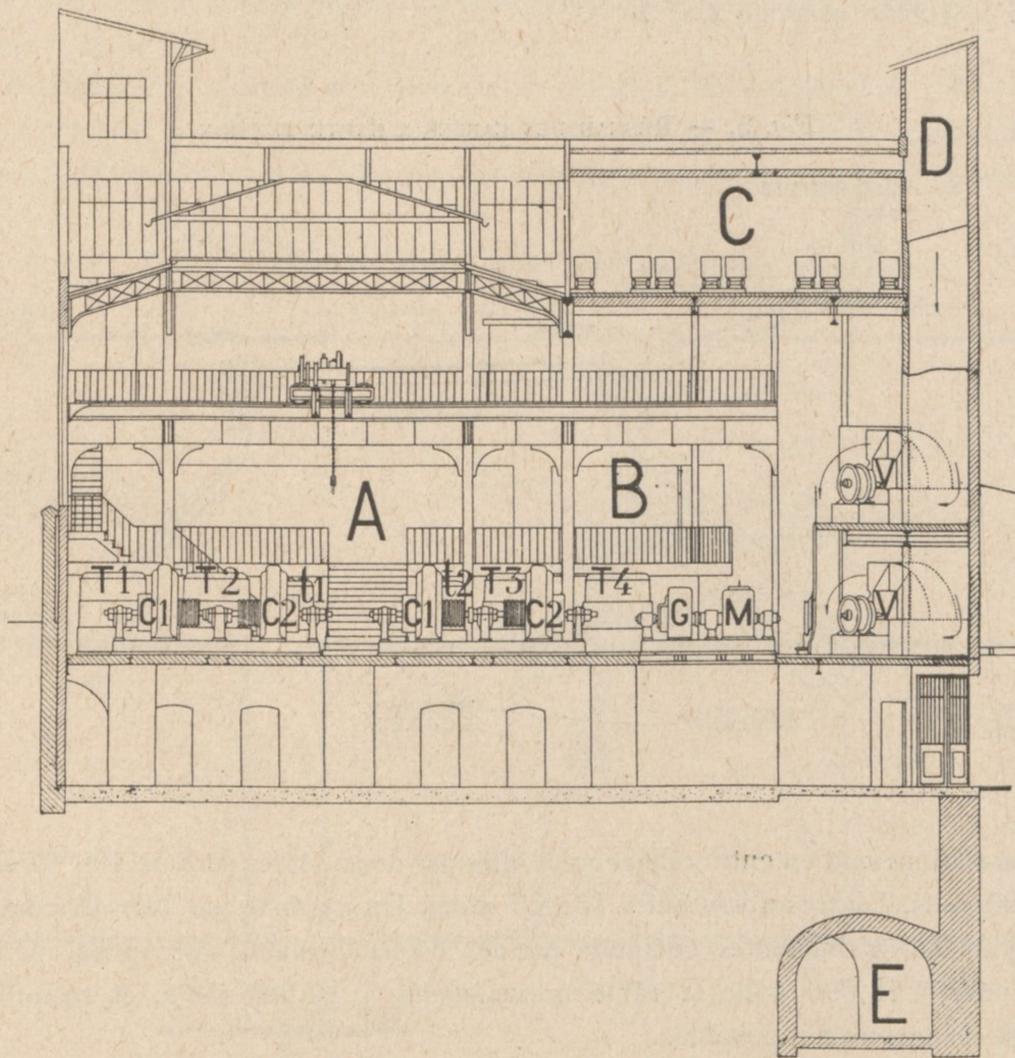
Le réglage des disjoncteurs est prévu pour qu'en cas de surcharge, la coupure se produise sur les tableaux à basse tension, de telle sorte qu'il n'y ait pas de mise en phase à effectuer.

Pratiquement, les disjonctions sur l'alternatif, après quelques mois de service, sont devenues très rares et, en tout cas, ne se produisent plus jamais pour de simples surcharges, mais seulement en cas de court-circuit (les quelques incidents qui se sont produits sur le réseau à haute tension au début, ont permis de constater des effets de surintensités considérables, mais en aucun cas le matériel n'a eu à souffrir de surtensions).

Au voisinage de l'usine de Vitry, les câbles à haute tension du Nord-Sud qui passent dans un bas-fond, pouvant être immergés, ont leurs boîtes de jonction rendues étanches par une chemise de plomb placée à l'intérieur de la boîte en fonte et soudée aux enveloppes de plomb des deux câbles à raccorder ; les deux coquilles de cette chemise sont soudées entre elles après connexion et enfin après coulage de la matière isolante, on soude un couvercle sur l'ouverture ménagée dans la chemise de plomb. Le câble est ainsi complètement enfermé dans une gaine de plomb sans solution de continuité.

La même mesure a été prise pour les câbles à haute tension reliant les deux sous-stations ; ces câbles sont posés dans les souterrains dont une grande partie est à un niveau inférieur à celui de la nappe d'eau.

Fig. 6. — SOUS-STATION " TIVOLI " (Coupe longitudinale).



Les deux sous-stations principales de Necker et de Tivoli qui ont à fournir des puissances égales ont la même composition.

Chacune d'elles comporte :

- 4 groupes de transformation de traction, de chacun 1.500 kw avec les transformateurs correspondants ;
- 2 groupes de transformation d'éclairage de chacun 250 kw ;
- 2 survolteurs de 60 kw pour éclairage ;
- 1 batterie d'accumulateurs pour l'éclairage, de 640 ampères-heures sous 600 volts.

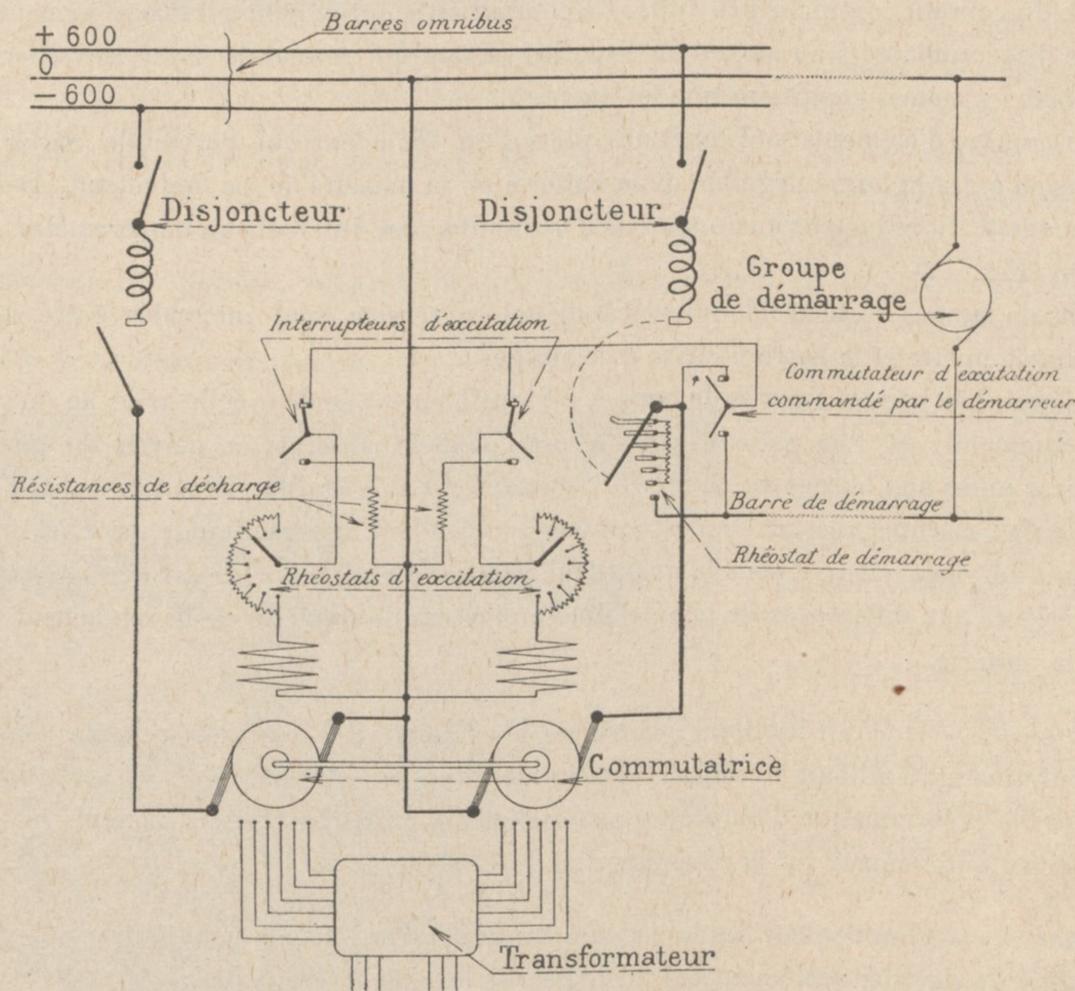
Le tableau général est divisé en deux parties : l'une, dite tableau de traction, comportant la commande à distance des disjoncteurs des arrivées à haute tension, les panneaux des groupes de traction et les départs de traction ; l'autre, dite tableau d'éclairage et comportant les panneaux des groupes d'éclairage, de la batterie, des survolteurs et des départs d'éclairage.

Les salles de machines des deux sous-stations sont constituées par une ossature en charpente avec comble vitré, qui supporte les chemins de roulement d'un pont roulant à main de 12 tonnes. Une partie de la salle est couverte par le plancher de la salle des accumulateurs. Celle-ci est desservie par un monte-charges à main de 1.000 kg (Fig. 6).

Groupes de traction. — Deux solutions se présentaient pour le choix de la disposition générale des unités du groupe traction : ou bien adopter des groupes à 600 volts pouvant être montés sur l'un ou l'autre pont, ou bien des groupes doubles composés de deux commutatrices montées l'une sur pont fil, l'autre sur pont rail. C'est cette dernière solution qui a prévalu.

Le démarrage de chaque groupe de traction s'effectue au moyen du courant d'un groupe d'éclairage, mis pour cette opération sur des barres spéciales. Ce courant est amené aux balais d'une des commutatrices du groupe, qui entraîne l'autre. Or, si on laisse cette seconde machine auto-excitatrice, on constate que le groupe se met bien en marche, mais qu'il ne prend pas de vitesse. Ceci tient à ce que les deux machines sont liées inductivement par les secondaires du transformateur. L'induit de la deuxième machine ayant une self-induction faible par rapport à celle du transformateur, les choses se passent comme si l'induit de cette deuxième machine formait directement court-circuit sur la première ; il en résulte qu'elle ne s'excite pas, et que l'ensemble prend une vitesse très faible proportionnelle à l'intensité de courant qu'on fournit.

Fig. 7. — CIRCUIT DES COMMUTATRICES.



La solution de cette difficulté consiste simplement à exciter séparément la seconde machine, par le même courant que la première (Fig. 7). Le démarrage s'effectue alors très franchement avec un courant de 700 à 800 ampères à la première touche du rhéostat.

Les transformateurs sont du type à soufflage avec connexions à la partie inférieure.

Les commutatrices sont à huit pôles ; l'ensemble des deux induits repose sur trois paliers. L'arbre est en deux pièces assemblées par un plateau d'accouplement rigide (le calage angulaire des deux demi-arbres a une grande importance pour le bon fonctionnement des machines ; il a toujours été vérifié préalablement à l'usine par un essai à la plateforme).

Groupes d'éclairage. — Les groupes d'éclairage sont constitués chacun par un moteur asynchrone triphasé entraînant directement une génératrice à courant continu à pôles auxiliaires. L'arbre repose sur trois paliers. Il est en deux pièces avec accouplement rigide. La mise en route s'opère par résistances variables dans le rotor avec mise en court-circuit directe à la fin du démarrage.

Des survolteurs sont destinés à maintenir la tension constante aux barres d'éclairage tout en permettant la charge de la batterie, et d'assurer la même constance de la tension au cas où le courant du groupe d'éclairage viendrait à manquer pour une cause quelconque. A cet effet, le survolteur comporte, en plus de l'enroulement inducteur shunt, deux enroulements série : l'un traversé par le courant total sortant du groupe d'éclairage, et dont l'effet s'ajoute à celui de l'enroulement shunt, l'autre traversé par le courant total allant aux lampes et dont l'effet se retranche algébriquement de celui de l'enroulement shunt. L'effet de ces deux enroulements est équivalent à celui d'un seul qui serait intercalé dans le circuit de la batterie et de sens tel qu'il réduirait l'effet de l'enroulement shunt quand la batterie serait en décharge. Cette disposition avait déjà été appliquée avec succès à la sous-station d'éclairage des chemins de fer de l'Etat à la gare Saint-Lazare.

Courant à 110 volts. — Les circuits des commandes électriques des aiguilles et signaux, des contrôles de position de ces appareils, et des boutons d'alarme dont il sera question plus loin, sont alimentés par du courant continu à 110 volts. Ce courant est emprunté au nombre d'éléments convenable de la batterie d'accumulateurs au moyen du dispositif suivant qui permet de faire travailler ces éléments exactement dans les mêmes conditions que les autres.

Un certain nombre d'éléments sont reliés aux plots d'un réducteur qui permet de régler à la valeur voulue la tension entre la borne négative de la batterie et la manette de ce réducteur. Dans le circuit allant de la manette du réducteur aux appareils d'utilisation, est intercalé un ampèremètre gradué avec zéro au milieu (Fig. 12).

Des circuits de lampes du sous-sol qui sont toujours en service, sont intercalés entre le conducteur sortant de l'ampèremètre et la barre positive d'éclairage.

L'intensité absorbée par ces circuits de lampes est sensiblement égale à celle prise en moyenne par les circuits de commande et l'on obtient l'égalité pratiquement absolue au moyen de quelques lampes supplémentaires mises aux bornes du circuit de commande. Cette égalité est constatée par l'ampèremètre dont l'aiguille doit marquer zéro. Elle n'est rompue que pendant une fraction de seconde, au moment du fonctionnement des disjoncteurs ; mais la quantité d'électricité ainsi absorbée est négligeable et certainement très inférieure aux différences de charge dues aux écarts de capacité et de rendement des différents éléments de la batterie.

Haute tension. — Il paraît inutile d'insister sur les détails de l'installation haute tension dont la description entraînerait d'ailleurs très loin. Il suffira de dire que cette partie de l'installation est surtout caractérisée par la préoccupation d'empêcher matériellement toutes les fausses manœuvres possibles au lieu de se reposer entièrement sur la responsabilité de l'opérateur.

Basse tension. — Comme pour les tableaux à haute tension, on ne peut entrer ici dans trop de détails ; il suffira de signaler seulement les particularités les plus intéressantes :

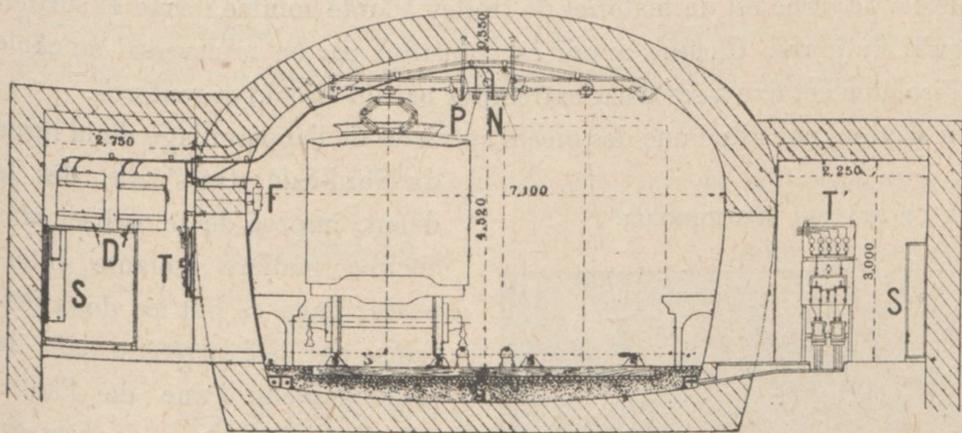
Les panneaux de manœuvre des disjoncteurs à haute tension, d'arrivée ou de départ de câbles, comportent pour chaque câble deux boutons avec signaux lumineux et groupés de telle sorte que chaque bouton soit placé sous le signal lumineux indiquant le résultat de la manœuvre correspondante : ouvert,

fermé. La disposition adoptée est très pratique ; les signaux lumineux se voient de loin et les disjoncteurs fermés se distinguent de suite par la couleur rouge du signal.

Ligne aérienne. — La ligne aérienne est constituée par un fil de cuivre étiré en dur de 150mm^2 ; la section est un cercle de 15mm de diamètre, comportant, en dessus du diamètre horizontal, deux rainures de 35° d'ouverture. Ce fil a été débité, au tréfilage, en tronçons correspondant aux diverses sections, de station à station ; chacun de ces tronçons ne comporte que des soudures à l'argent faites en usine. A la pose il n'a été toléré aucune soudure ou amarrage mécanique ; ces moyens ne seront employés qu'en exploitation dans un cas de rupture de fil.

En ce qui concerne la hauteur de la ligne au-dessus du plan de roulement, on a établi les points de

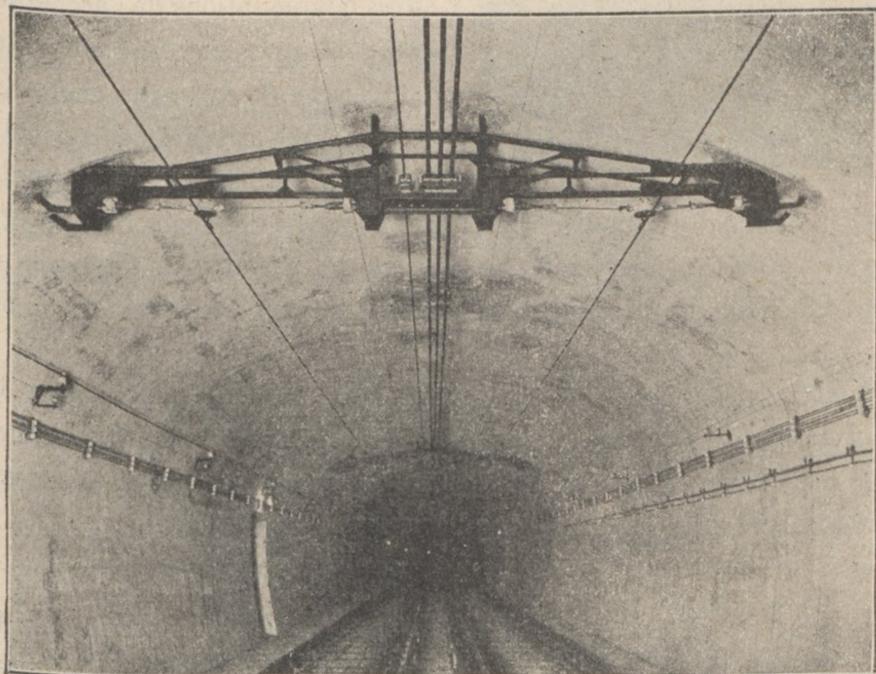
Fig. 8. — COUPE TRANSVERSALE DU SOUTERRAIN AU DROIT DES CHAMBRES DE STATION.



N Nourrice de traction ; P. Feeder positif d'éclairage normal ; F Feeder négatif d'éclairage normal ; D. Postes de disjonction ; T. Tableau d'éclairage normal ; T' Tableau d'éclairage de secours ; S. Piles et relais de signaux.

En ce qui concerne les portées, on s'est imposé, pour être certain de ne jamais atteindre la flèche

Fig. 9. — FERMETTE COURANTE EN SOUTERRAIN.



saire de disposer au droit de chaque transversal, d'un certain nombre de points d'ancrage ; mais il

suspension à $3\text{m},80$; la cote du fil tombe dans les cas défavorables (tube, tunnel à une voie, passage sous les passerelles) à $3\text{m},70$ laissant encore un jeu de 20cm . par rapport au lanterneau des voitures (Fig. 8).

En plan, la ligne est établie dans le milieu de la voie, avec un mouvement en zig-zag de 75mm d'amplitude de part et d'autre de l'axe de la voie en courbe ; le polygone est établi de telle sorte que les sommets et les milieux des côtés se trouvent également à 75mm de l'axe.

extrême de $0\text{m},10$, une flèche théorique de $0\text{m},05$. Pour un fil de cuivre de 150mm^2 , pesant $1\text{kg}.33$ par mètre courant et travaillant au $1/5$ de sa charge de rupture, soit $7\text{kg}.\text{mm}^2$ cette flèche conduit à une portée de 18m .

C'est là le chiffre qui a été admis en alignement ; en courbe, la portée diminue en fonction du rayon de la courbe, étant donné la limite de désaxement de 75mm , et tombe à 8m pour les courbes de 50m de rayon. Enfin la tension totale est, d'après ce qui vient d'être dit, de $150 \times 7 = 1.050\text{kgs}$.

En ce qui concerne la suspension proprement dite, il est néces-

fallait surtout arriver à réduire le nombre des scellements, toujours onéreux et particulièrement délicats dans les régions basses où la nappe d'eau peut atteindre le sommet de la voûte.

On s'est arrêté à une ferrure en fermette (Fig. 9) qui est fixée par quatre scellements seulement et conçue de manière à équilibrer par des réactions intérieures les tensions des transversaux.

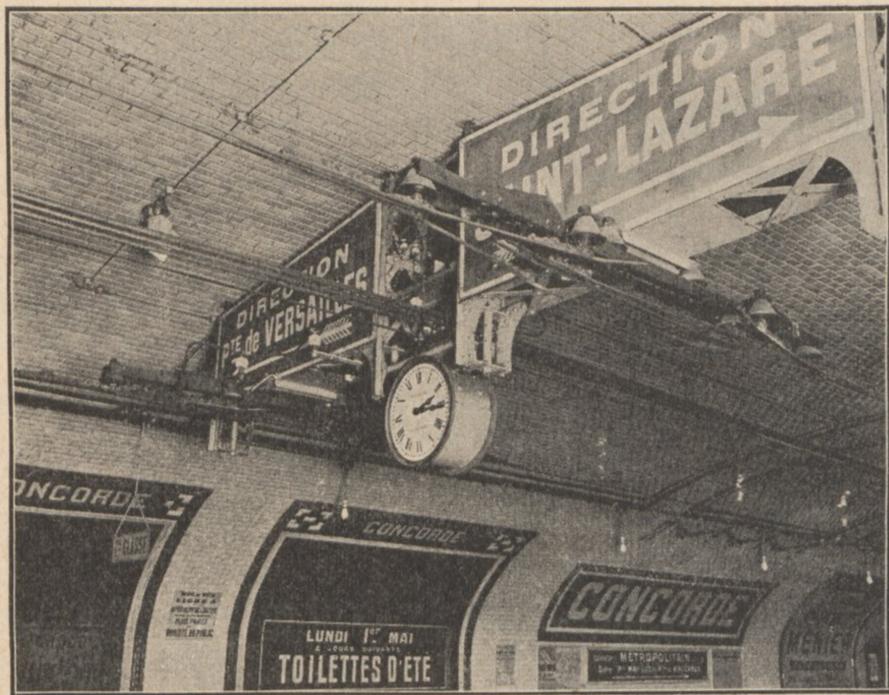
Elle permet un réglage facile de la ligne en hauteur, assure l'indépendance des lignes des deux voies et enfin ménage dans son milieu un cadre qui se prête aisément à la fixation de quantité d'autres conducteurs.

La fermette-type ainsi établie a permis d'équiper toutes les parties courantes du souterrain soit en ligne droite soit en courbe ; mais elle a dû se modifier en maints endroits pour se prêter à tous les cas spéciaux qu'on rencontre sur une ligne : stations, appareils de voie, souterrain à 3 et 4 voies, culottes de raccordement, planchers et passerelles coupant la voûte, etc.

Matériel de ligne. — Le matériel de ligne est un matériel de trolley adapté comme forme et surtout comme puissance au rôle spécial qu'il a à jouer. Chaque appui est constitué par un transversal en câble d'acier supportant en son milieu l'isolateur et fixé à ses deux extrémités par un Brooklyn renforcé.

Le sectionneur (lien de section à section) constitue une des pièces spéciales de l'appareillage de la ligne

Fig. 10. — FERMETTE DE STATION SECTIONNEUR.



ne peut se faire que par bifurcation en Y ; avec cette disposition et un nivellement des trois fils contigus à la bifurcation, fait avec une précision de l'ordre du millimètre, on obtient des passages de l'appareil de prise de courant sans choc sensible (Fig. 10). Les aiguillages ont été réalisés sur un principe tout à fait analogue à celui du sectionneur.

Dans les tubes métalliques où la distance, extrêmement réduite, qui restait entre le transversal et les voussoirs de la clef s'opposait à l'emploi du matériel courant, on a mis des isolateurs constitués entièrement en matière isolante sans enveloppe métallique et on a substitué au Brooklyn un tendeur ordinaire à lanterne, le deuxième isolement étant réalisé par une chaîne de cinq porcelaines spéciales.

Pose de la ligne aérienne. — La pose d'un fil ou plutôt d'une barre de 150mm^2 de section qui ne devait présenter la moindre inflexion surtout en profil, ni le moindre vrillage puisque le plan des rainures de fixation doit rester invariable horizontal, présentait des difficultés assez considérables. Elle s'est

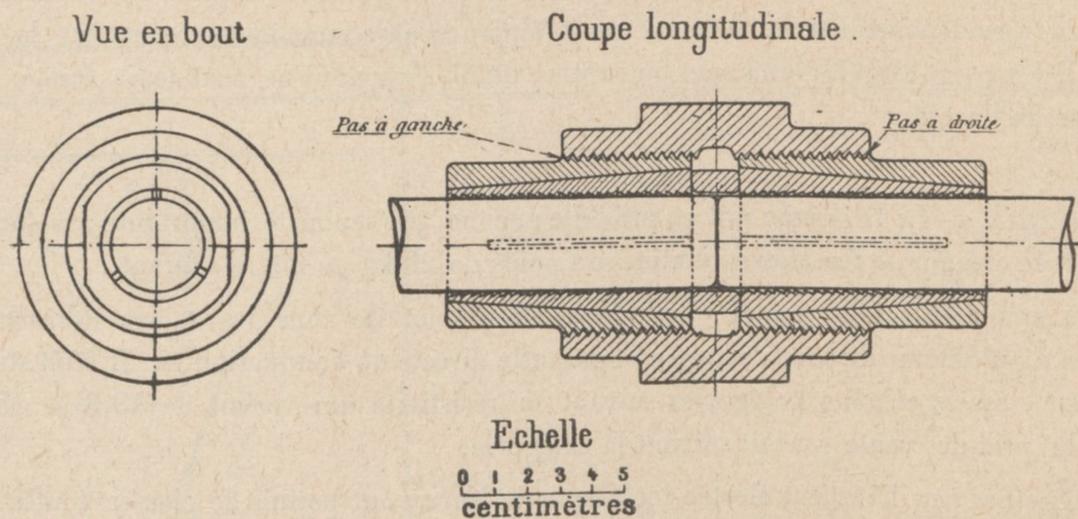
du Nord-Sud. On s'était, dès le début, imposé de le réaliser sans aucune matière isolante interposée : dans ce but les deux sections ont été arrêtées dans le prolongement l'une de l'autre par deux brooklyns, le passage des archets étant assuré par deux ponts latéraux. Mais l'expérience des premières semaines d'exploitation a prouvé que, même aux vitesses réduites auxquelles on aborde ces sectionneurs placés dans l'axe des stations, les moindres dévinations de l'archet par rapport aux deux ponts latéraux suffisent à produire des chocs. On en est donc arrivé à cette conclusion que le passage sur les ponts

effectuée dans d'excellentes conditions, grâce au procédé entièrement mécanique employé. Le fil était posé en une seule opération à sa place et à sa tension ; pour cela, la voiture de pose comportait sur une plate-forme réglable en plan et en élévation, un chariot à galets dans lequel passait le fil ; les galets en tournant débitaient le fil à la vitesse d'avancement de la voiture et à une tension constante donnée par un poids solidaire du chariot.

Avec une main-d'œuvre extrêmement réduite on a ainsi atteint des avancements moyens journaliers de plus de 250^m : jamais il n'a été nécessaire de revenir en arrière sur une ligne déjà posée et il s'est presque toujours trouvé, au cours des travaux, qu'une section était mise en charge immédiatement après l'arrivée de la voiture au sectionnement suivant.

Nourrice. — La nourrice est constituée par trois câbles d'aluminium de 500^{mm}² de section chacun, équivalents au point de vue électrique à une section totale de cuivre de 900^{mm}² avec un poids total deux fois moindre. Ce câble est livré par longueur de 1.000^m de telle sorte que le nombre des jonctions n'est pas considérable. Celles-ci (Fig. 11) sont constituées par des cônes fendus en aluminium serrés sur les extrémités des câbles par un écrou à filets droite et gauche.

Fig. 11. — JONCTION DE CABLES EN ALUMINIUM.



Par crainte des phénomènes d'électrolyse on a évité autant que possible, le contact direct des métaux autres que l'aluminium. A cet effet toutes les pièces de connexion sont constituées par des blocks de serrage en aluminium appliqués sur le câble par des boulons en bronze étamé ; sur ces pièces de serrage sont fixées les cosses en bronze étamé qui reçoivent les câbles de cuivre allant aux dérivations prises sur la nourrice.

La nourrice et un feeder d'éclairage dont il sera question plus loin et qui suit le même parcours sont supportés par des isolateurs en verre qui présentent quelques particularités intéressantes :

La ferrure de fixation de ces isolateurs est constituée par deux mâchoires en fonte malléable galvanisée qui ensèrent la base de l'isolateur sur laquelle elles sont appliquées par deux boulons avec interposition d'un feutre spécial ; la tête et la base de l'isolateur sont semblables, ce qui permet d'utiliser la même pièce avec ferrure en bas ou en haut. (Cette dernière disposition a reçu son application aux traversées des passerelles où la hauteur faisait défaut).

Les isolateurs sont supportés par un plateau fixé aux fermettes qui servent d'autre part à soutenir la ligne aérienne de prise de courant.

Postes de disjonction. — Nous avons indiqué plus haut le principe des disjoncteurs protégeant la ligne aérienne dans chaque station. L'appareil qui réalise cette protection, enfermé dans une boîte métallique garnie intérieurement d'alabastrine, peut être manœuvré par n'importe qui.

Pour la marche automatique, il est nécessaire d'obtenir un réglage très précis de l'appareil afin d'éviter les disjonctions intempestives, qui auraient donné des perturbations importantes et inutiles dans le service.

La disjonction à maxima se produit pour 1.500 ampères, chiffre qui permet le démarrage en parallèle d'un train ayant ses deux motrices sur un pont fil et qui est néanmoins assez faible pour assurer une protection efficace.

D'autre part, les bobines à minima satisfont aux conditions de réglage suivantes :

1^o non déclenchement lorsque la nourrice étant à 600 volts par rapport au rail de roulement, la tension au fil pilote est descendue à 480 volts ;

2^o limite inférieure de fonctionnement de la bobine à minima pour une tension de 400 volts entre la nourrice et le rail de roulement ;

La première condition étant réalisée, un train peut démarrer en parallèle avec deux motrices sur pont fil à près de 800^m du point d'alimentation sans provoquer le déclenchement par la bobine à minima. Or aucune section n'atteint cette longueur. Le déclenchement intempestif n'est donc pas à craindre.

La seconde condition garantit le fonctionnement à minima de l'appareil pour les tensions les plus basses qu'on puisse prévoir sur la ligne.

Une sonnerie placée dans la station avertit le personnel que le poste de disjonction a fonctionné. Grâce au dispositif de réenclenchement empêché on peut toujours agir sans inconvénient sur la poignée de fermeture. S'il y a court-circuit permanent ou rupture de fil, l'appareil ne peut tenir fermé et il avertit ainsi lui-même de l'accident.

Troisième rail. — Le troisième rail ne présente aucune particularité importante ; sa forme est le T déjà adopté sur le chemin de fer Métropolitain, son poids de 29 kg au mètre courant.

Toutefois la conductibilité du métal employé a été l'objet de tous les soins ; après beaucoup de pourparlers on a pu obtenir du fournisseur, une garantie directe de conductibilité. Il était stipulé que les coulées seraient classées en cinq catégories suivant la résistivité qui variait de 13,3 à 15 microhms-centimètres ; le prix de vente variait suivant la catégorie.

Les essais effectués par l'Institut électro-technique de Nancy ont permis de classer toutes les coulées dans la première catégorie, c'est-à-dire que la résistivité n'a pas dépassé 13 microhms-centimètres.

Les barres qui avaient 18^m de longueur ont été soudées à l'aluminothermie, sur l'une des lignes, et par la soudure autogène, au chalumeau à acétylène, sur l'autre ligne.

Le troisième rail est supporté toutes les trois traverses par un isolateur en grès : la forme générale de cet isolateur est tronconique ; à mi-hauteur se trouve un larmier circulaire ; en haut une gorge transversale reçoit la branche verticale du T du rail.

Entre le rail et l'isolateur est placée une cale amortissante constituée par une plaque de feutre goudronné maintenue par un feuillard de tôle. L'isolateur est fixé sur la traverse par deux équerres en tôle, emboutie galvanisée, tirefonnée sur la traverse.

Installations électriques du souterrain.

Eclairage du souterrain. — Pour des motifs de sécurité que l'on conçoit bien, l'emploi des batteries d'accumulateurs étant indispensable, on a adopté en principe, pour l'éclairage du souterrain le système en usage à la Compagnie du Métropolitain de Paris établi du reste en conformité des règlements spéciaux édictés par le Service du Contrôle : cet éclairage comporte en principe l'emploi de deux circuits distincts à 600 volts dits éclairage normal et éclairage de secours, passant par toutes les galeries

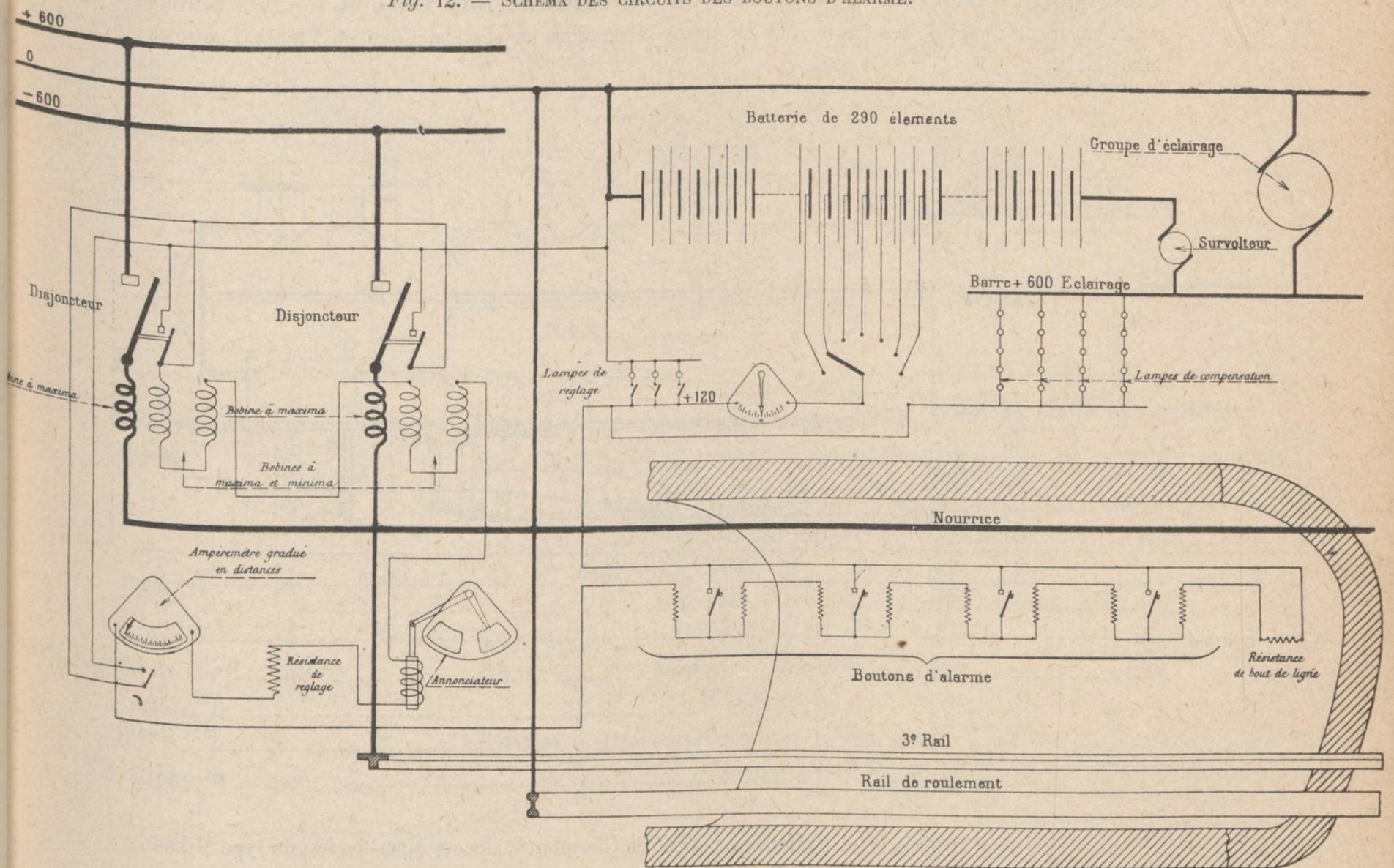
souterraines en comprenant chacun environ la moitié du nombre total des lampes réparties par circuits de 5.

On emploie des lampes à filaments métalliques qui donnent un bénéfice de 50 % de lumière de plus que les lampes à filament de carbone. A signaler toutefois que dans le cas particulier des métropolitains où la durée d'éclairage est grande et le prix du courant relativement bas, il y a intérêt à ne pas rechercher une consommation spécifique trop faible et à se contenter de 1,3 à 1,4 watt par bougie.

Boutons d'alarme. — Pour la sécurité des voyageurs qu'on peut être amené à évacuer à pied par le souterrain et en général pour toute cause urgente obligeant à couper le courant de traction, le service du contrôle a exigé des chemins de fer métropolitain et Nord-Sud, l'installation d'un circuit spécial passant par tous les points accessibles au public dans le souterrain et sur lequel sont montés des boutons d'alarme placés, en principe, tous les 100^m. En agissant sur ces boutons, on coupe le courant à la sous-station sur la zone intéressée.

Le circuit des boutons d'alarme du Nord-Sud a été réalisé par MM. Vedovelli, Priestley et C^{ie} sur un principe nouveau et avec des détails intéressants (Fig. 12).

Fig. 12. — SCHÉMA DES CIRCUITS DES BOUTONS D'ALARME.



Etant donné un circuit résistant, fermé sur une source constante pile ou batterie d'accumulateurs et comprenant deux bobines d'un disjoncteur, l'un à maxima, l'autre à minima. Si l'on met en court-circuit

une partie de la résistance, l'augmentation d'intensité produit le déclenchement à maxima et, s'il y a rupture du fil, la suppression du courant produit le déclenchement à minima.

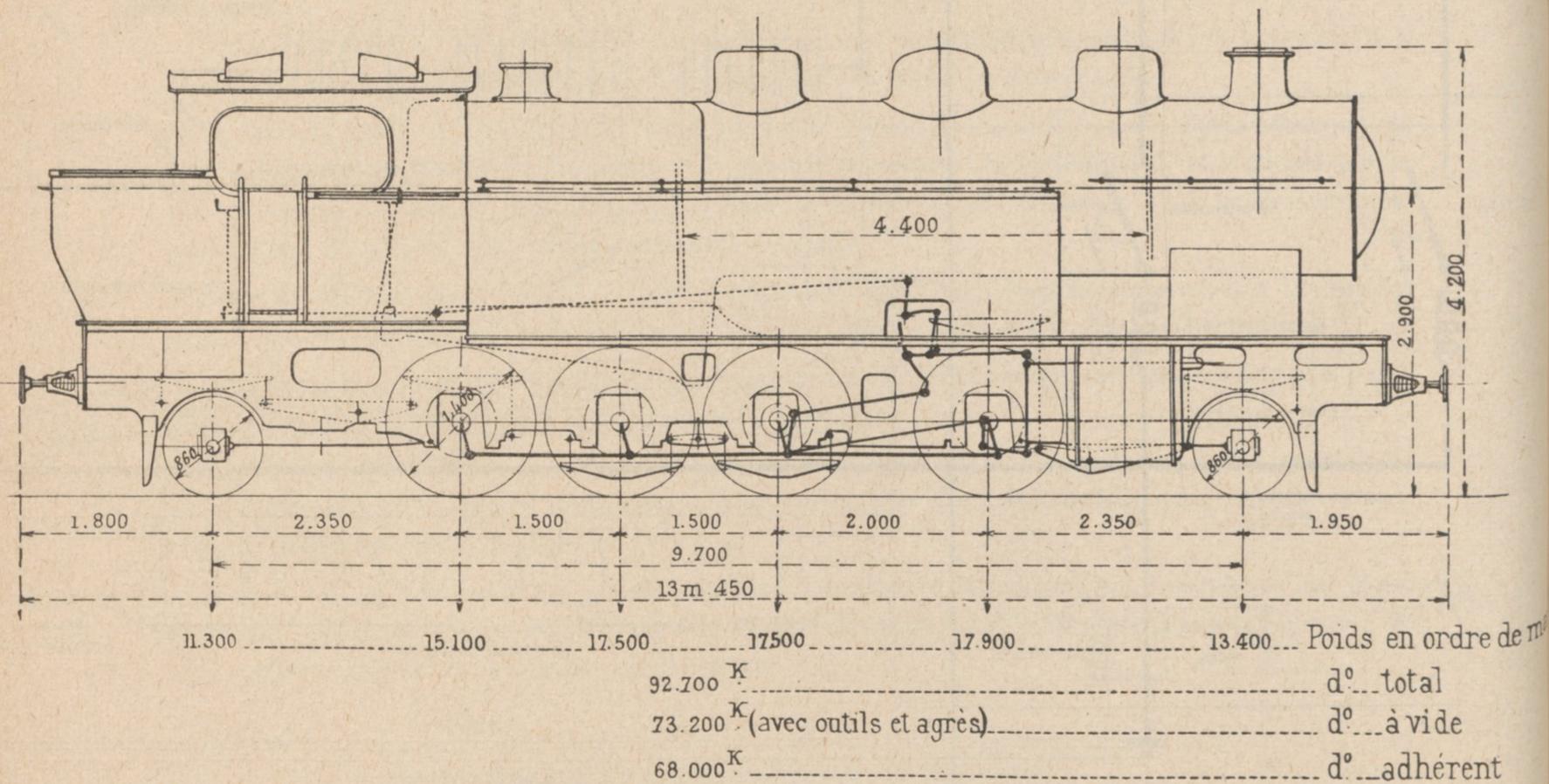
Ceci posé, si maintenant la résistance est répartie le long d'une ligne établie dans le souterrain par fractions montées à chaque poste de bouton d'alarme et qu'on puisse établir un court-circuit par la fermeture de chacun de ces boutons, l'intensité du courant dans le circuit sera fonction de la position du bouton sur lequel on aura agi. Il suffira de monter un ampèremètre dans le circuit pour pouvoir reconnaître, de la sous-station même, le point du souterrain d'où l'on a coupé le courant.

Le fonctionnement du disjoncteur coupe le circuit des boutons d'alarme qu'un interrupteur permet de refermer pour la lecture de l'ampèremètre. Un voyant spécial indique que le fonctionnement du disjoncteur a été provoqué par un bouton : chaque bouton est à deux positions, l'une normale ouverte, l'autre fermée, il est enfermé dans une boîte en fonte avec glace qu'on brise quand on veut provoquer le déclenchement.

Chaque circuit passe par les deux disjoncteurs (pont rail et pont fil) de la section considérée, de telle sorte que le courant soit coupé à la fois sur le fil et sur le rail.

4. Nouveaux types de locomotives de montagne, locomotive Mikado] de la Compagnie d'Orléans et Mountain du Chesapeake and Ohio R. — Deux nouvelles séries de locomotives de montagne ont été mises récemment en service, l'une en France, l'autre aux Etats-Unis.

Fig. 13.



La Compagnie d'Orléans vient d'affecter au dépôt de Clermont 20 locomotives-tenders du type Mikado, à 4 essieux couplés et 2 bissels, qui offrent cette particularité nouvelle en France que les essieux des bissels *N* et *R* sont conjugués aux essieux accouplés immédiatement voisins par un bogie Zara dernier type ; le pivot de ce bogie pouvant se déplacer latéralement en comprimant un ressort comme dans les bogies directeurs des locomotives récentes. Cette disposition a été adoptée pour permettre aux locomotives

pouvoir absorber la force vive d'un train de 400 tonnes l'abordant à une vitesse de 16 kilomètres à l'heure. Il se compose, ainsi que le montrent les figures 15 à 20, de deux cylindres de 0^m,432 de diamètre intérieur, dont les pistons, terminés par les tampons de chocs, ont une course de 2^m,144. Deux rainures, ménagées dans la paroi de chacun des cylindres, ont, sur une faible longueur, une largeur du quart environ de la circonférence de cette paroi, puis se rétrécissent brusquement et vont en diminuant progressivement jusqu'à une faible distance du fond des cylindres. La résistance des pistons à l'enfoncement va ainsi en croissant depuis le début jusqu'à la fin de la course, suivant une loi en rapport avec la variation de section des rainures

Les pistons ne peuvent s'enfoncer dans les cylindres qu'autant qu'un volume d'eau égal au volume de la tige du piston qui pénètre ainsi dans les cylindres peut être évacué au dehors. Dans ce but, une soupape S, dont le détail est donné par la Fig. 17, est installée à la partie antérieure de chacun des deux cylindres, et est en relation avec une conduite d'eau sous une pression d'au moins 1 k, 5. A Tours, cette conduite est reliée à la canalisation d'eau de la ville. Une soupape de retenue, qui est placée à l'orifice de cette conduite dans le cylindre, et dont le détail est donné par la Fig. 18, se ferme lorsque, sous l'influence de la pénétration du piston, la pression devient supérieure à la pression de l'eau dans la conduite. Lorsque le convoi, qui a enfoncé les pistons, cesse de presser sur les tampons, l'eau de la conduite, en passant par les rainures, exerce une pression sur les deux faces du piston, et, comme la face arrière a une surface plus grande que la face avant, les pistons reprennent leur position primitive. La remise en batterie de l'appareil se fait en quelques secondes.

Les figures 15 et 16 montrent, sans qu'il soit nécessaire de donner plus de détails à ce sujet, le mode de fixation des deux cylindres sur le massif de béton destiné à les recevoir.

Les essais de l'appareil installé dans la gare de Tours ont été faits les 9 et 10 octobre 1911, avec un train de 400 tonnes, composé de la machine N^o 711 et de son tender, et de 12 wagons chargés de charbon. Il a été fait 12 épreuves de choc à des vitesses qui ont varié de 2 k. 900 à 10 k. 700. A partir d'une vitesse de 5 k., les pistons s'enfonçaient dans les cylindres d'une quantité presque constante, qui a varié de 2^m,03 à 2^m,12. Ce résultat n'a rien de surprenant, car la résistance opposée par les pistons est fonction de la vitesse d'enfoncement. Les seules avaries qu'ait subies le matériel se réduisent à un certain déversement des parois antérieures des 1^{er}, 2^e et 4^e wagons à partir de la queue, provoqué par le coup de bélier que produisait l'inertie des 20 tonnes de charbon, dont le centre de gravité se trouvait notablement au-dessus du plan de choc, c'est-à-dire du plan médian des tampons et du châssis. Le déversement de ces parois a entraîné l'entrebaillement des portes voisines, avec rupture de quelques ferrures. Il est à remarquer d'ailleurs que ces wagons avaient subi la fatigue des 12 chocs successifs, et que, de plus, sous l'action de ces chocs, le charbon s'était accumulé à l'avant. Ce sont, somme toute, des avaries légères.

Quant aux heurtoirs, ils ont résisté aux chocs sans qu'on puisse distinguer le moindre décollement du béton, aux points où il vient affleurer les cylindres.

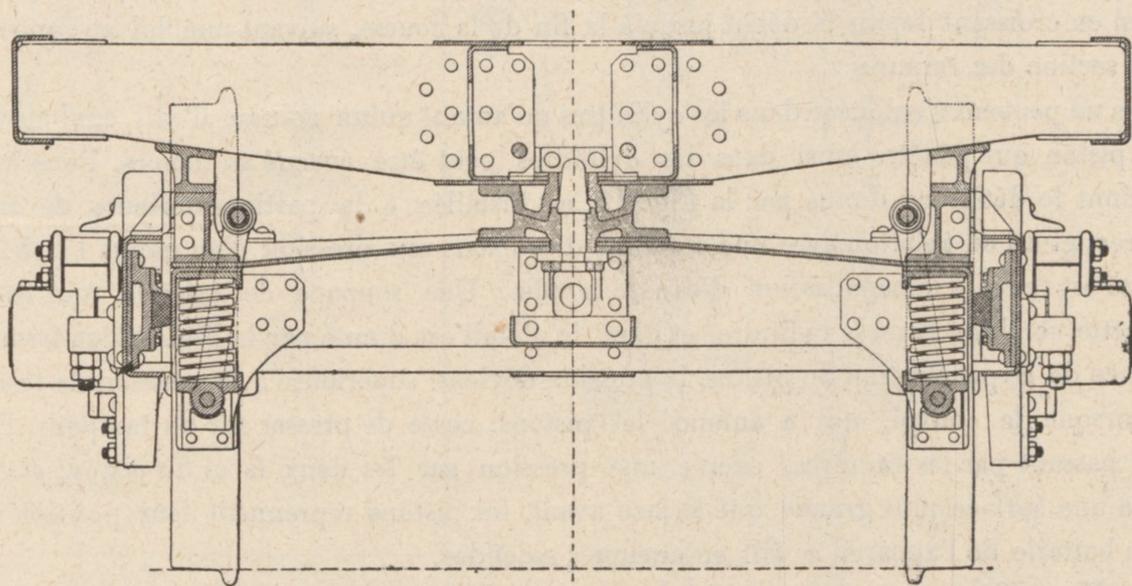
Nous ajouterons enfin que la machine qui se trouvait en tête du train n'a subi aucune avarie, et que le personnel n'a ressenti qu'un choc ne présentant pour lui aucun danger,

7. Installations électriques du chemin de fer souterrain Nord-Sud de Paris (Suite). — Le numéro de janvier de la *Revue Générale* a donné les installations électriques fixes du chemin de fer Nord-Sud ; les renseignements qui suivent concernent le matériel roulant et la signalisation.

Voitures. — Les voitures motrices sont entièrement métalliques ; leur châssis, comme celui des remorques d'ailleurs, est constitué presque exclusivement de pièces embouties, les bogies, également en emboutis, réalisent une double suspension élastique (Fig. 21) la première, par l'interposition de ressorts à lame entre le châssis de bogie et la boîte à huile, la seconde, par l'interposition de deux couples de deux

ressorts hélice entre le chassis de bogie et la traverse danseuse qui supporte la caisse ; la traverse danseuse est ainsi suspendue élastiquement par deux étriers à couteaux ; son jeu latéral est limité par deux tampons élastiques. Cette disposition assure au matériel roulant une douceur particulière.

Fig. 21. — MODE DE SUSPENSION DES VOITURES.



Le freinage est assuré par 16 sabots (2 par roue) constitués par un porte-sabot en acier qui porte, fixé par deux griffes, un patin en matière fibreuse goudronnée, grâce auquel on obtient des freinages doux et surtout peu bruyants : cette substance ne s'enflamme pas sous l'effet de la chaleur intense développée par un frottement énergique et prolongé ; elle ne donne pas lieu, par l'usure, à des poussières métalliques, et par conséquent conductrices, qui en tombant sur la voie peuvent nuire à l'isolement des conducteurs, assez voisins, à des potentiels différents.

Le poids des motrices à vide est de 32,5 tonnes pour une capacité de 82 places. Le poids des remorques est de 18,5 tonnes pour une capacité de 83 places en première et 92 en deuxième classe : Les trains composés de 3, 4 ou 5 voitures pèsent donc à vide environ 85, 100 ou 115 tonnes.

Le premier problème qui se pose est le nombre des voitures motrices à admettre.

Comme la question de décomposition n'existe pas pour un métropolitain, il n'y a pas lieu de rendre toutes les voitures motrices ; il est intéressant au contraire de concentrer la puissance motrice sur un nombre restreint de véhicules, et si les trains doivent être symétriques et retournables, faute de boucles aux extrémités, il faudra au minimum deux motrices.

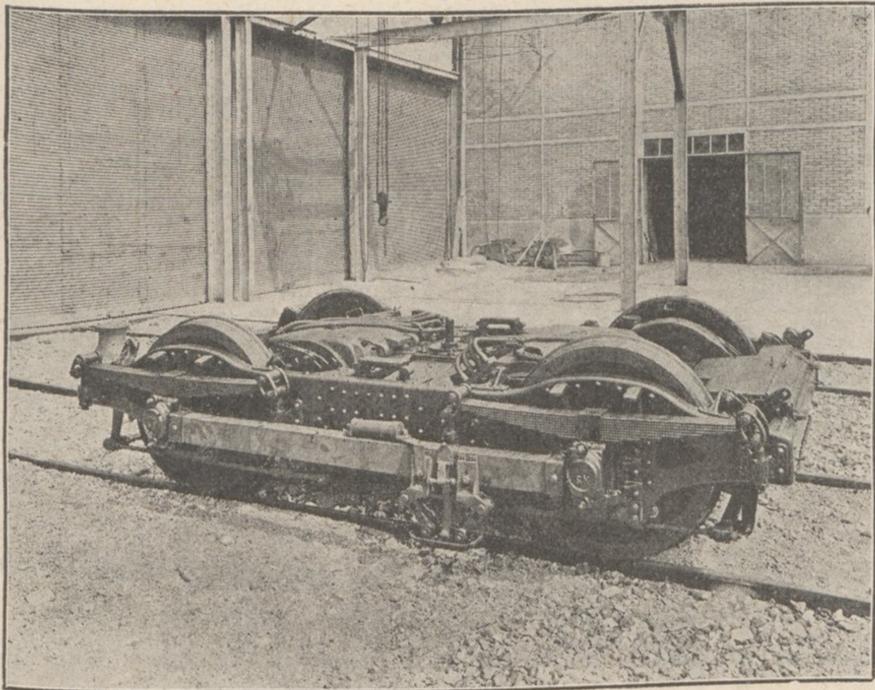
Pour les trains à cinq voitures qui exigent 1.000 à 1.100 chevaux de force, cette puissance peut être répartie sur deux motrices de 500 chevaux ou trois motrices de 350 chevaux. La solution à deux motrices s'indiquait manifestement comme la plus économique, mais elle imposait évidemment, tant au point de vue de la puissance admissible par moteur qu'au point de vue des conditions d'adhérence, la nécessité de rendre tous les essieux moteurs ; il était en effet impossible de loger, sur un essieu comportant des roues de 930^{mm}, un moteur de 250 chevaux, et d'autre part l'adhérence d'un seul essieu moteur n'eut pas permis de démarrer en un point quelconque de la ligne en cas d'avarie d'une unité motrice.

Moteurs. — On a donc eu recours à 4 moteurs de 125 chevaux, un sur chaque essieu, les deux moteurs d'un même bogie laissant entre eux la place pour loger la traverse danseuse sans que l'empattement du bogie (2^m,300) soit incompatible avec l'inscription dans des courbes de 50 mètres de rayon (Fig. 22).

Avec ses 8 moteurs (2 automotrices) un train de 5 voitures peut effectuer son trajet à une vitesse commerciale de 22 km. à l'heure.

La commande de ces moteurs a été partagée entre deux constructeurs, tout en maintenant le principe

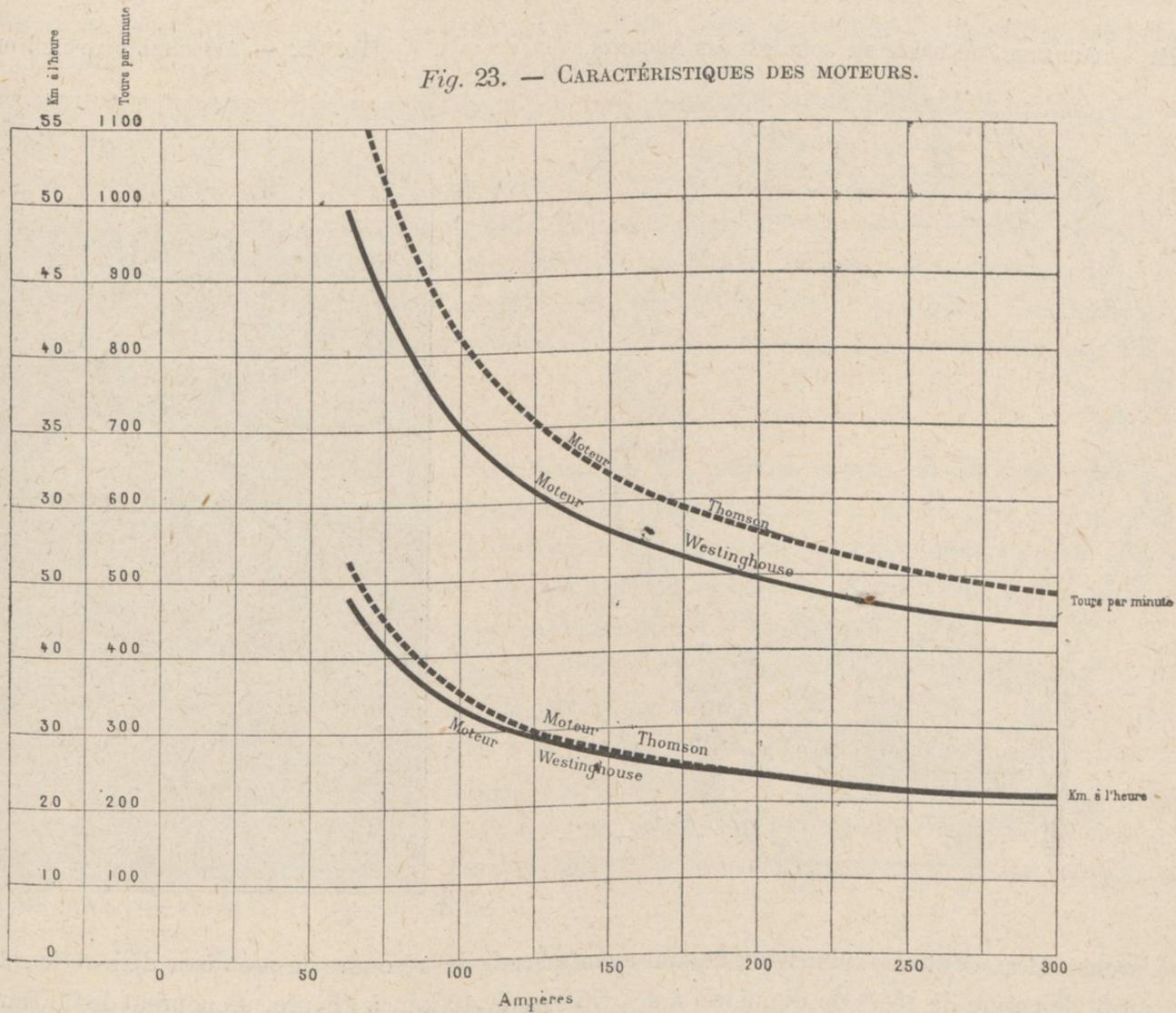
Fig. 22. — BOGIE A 2 MOTEURS.



de l'interchangeabilité ; en sorte que, bien que les vitesses des deux moteurs proposés fussent différentes, il était nécessaire de pouvoir les accoupler dans un même train, voire sur une même voiture motrice, sans qu'il en résultât un déséquilibre quelconque dans l'alimentation ni dans les échauffements relatifs des moteurs. Il a donc été bon, en premier lieu, de faire déterminer par chacun des constructeurs la caractéristique de son moteur, s'assurer ensuite qu'on pouvait trouver deux rapports d'engrenages ayant un terme commun, la roue d'essieu, et, ramenant les deux caractéristiques en coïncidence, obtenir enfin des constructeurs le respect

scrupuleux des caractéristiques promises. L'accord s'est fait sur les rapports de 19 : 66 et 17 : 69, le

Fig. 23. — CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS.



*

chiffre 17 pouvant être considéré comme limite inférieure du nombre de dents : avec ces rapports, les deux caractéristiques ramenées à la vitesse en kilomètres par heure sur des jantes de 930^{mm}, arrivaient à une coïncidence absolue entre 150 et 300 ampères et à un écart qui atteignait à peine 5 pour 100 aux plus faibles charges (Fig. 23). Dans ces conditions, les écarts théoriques se trouvent être inférieurs à ceux qui se produisent constamment par les différences d'usure des bandages, lesquelles dépassent 5 pour 100.

Les moteurs réalisés par les deux constructeurs présentent de grandes analogies au point de vue des dispositions extérieures, notamment pour l'appui réalisé par une double suspension par le nez.

Les roues dentées, en une seule pièce, sont calées à la presse par l'essieu ; les carters sont en aluminium fondu.

Les coussinets d'induits sont seul antifrictionnés ; les coussinets d'essieu sont en bronze au plomb.

En ce qui concerne le couplage, les quatre moteurs sont accouplés en deux groupes de deux moteurs constamment en parallèle ; ces deux groupes sont reliés pour le démarrage, d'abord en série, puis en parallèle, le passage du premier au deuxième couplage se faisant par la méthode du pont ; enfin un commutateur spécial permet, en cas d'avarie, de mettre hors circuit un moteur de chaque bogie.

Appareils de prise de courant. — Le courant est recueilli sur le rail par quatre sabots, sur le fil par un archet.

Les premiers de ces appareils ne présentent pas d'intérêt particulier, sauf un dispositif de réglage constitué par deux peignes serrés l'un contre l'autre et permettant de maintenir constante la hauteur du sabot par rapport au plan de roulement, quelles que soient les usures du bandage ou des coussinets.

Fig. 24. — APPAREIL DE PRISE DE COURANT PAR ARCHETS.

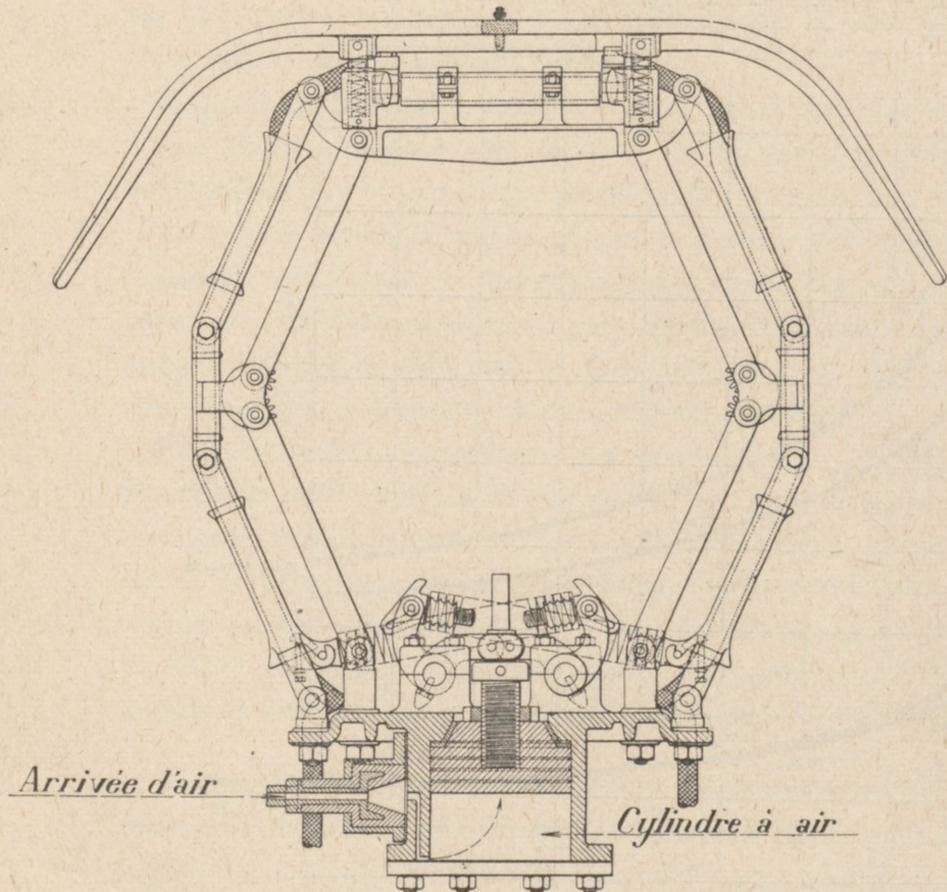
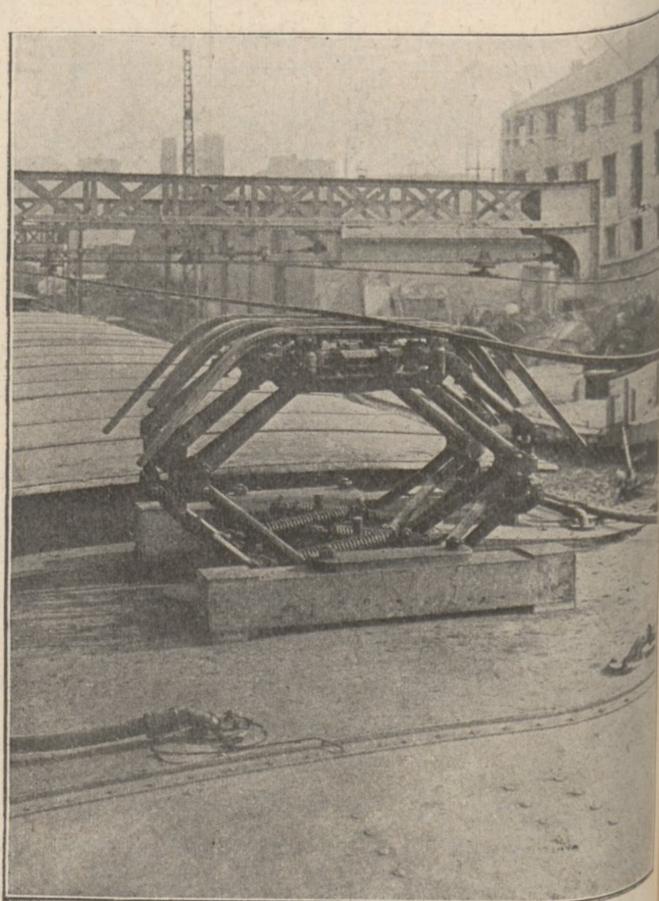


Fig. 25. — APPAREIL DE PRISE DE COURANT.



L'archet est au contraire intéressant comme ayant permis de résoudre le problème délicat de recueillir sur un fil de cuivre de 15^{mm} de diamètre, à des vitesses de 40 km. à l'heure, un courant de 600 ampères,

atteignant même quelquefois 800 ampères. Tout dispositif à roulette était inadmissible en raison de la nécessité de franchir sans aucune manœuvre les appareils de voie particulièrement nombreux dans les gares terminus ; d'autre part, les pantographes, couramment employés dans les installations monophasées, ne pouvaient pas s'adapter sans d'importantes modifications en raison de la hauteur disponible et des fortes intensités à recueillir. Il fallait, en un mot, un appareil présentant les caractéristiques suivantes : grande surface de contact permettant de recueillir 800 ampères ; grande course et très faible hauteur à l'aplatissement ; inertie aussi faible que possible ; réversibilité automatique.

L'appareil adopté consiste essentiellement en un cadre rectangulaire supporté par deux parallélogrammes articulés ; quatre archets liés élastiquement au cadre assurent, par leur indépendance et leur faible inertie la continuité du contact avec le fil (Fig. 24 et 25).

Les deux polygones articulés sont constitués chacun par quatre bras doubles liés aux articulations médianes par deux engrenages, cet ensemble assure le parallélisme constant des bases supérieures et inférieures du polygone ; il en résulte que si l'archet, grâce à l'indépendance des deux parallélogrammes, peut prendre toutes les inclinaisons dans le sens du fil, il ne peut en prendre aucune transversalement, et, par suite, ne risque en aucun cas d'échapper latéralement au fil. Le cadre supérieur isolé porte chacun des quatre archets par l'intermédiaire de deux pistons à ressort.

La manœuvre est pneumatique ; un piston commandé par un robinet à trois voies bande, lorsqu'il est levé, deux ressorts à boudins qui tendent à fermer les polygones articulés et à soulever le cadre ; la pression d'appui est par conséquent indépendante de la pression d'air au cylindre et ne dépend que du réglage des ressorts.

Enfin, un dispositif de sécurité a été prévu pour que, dans le cas où l'archet quittant le fil se développerait entièrement, il se rabatte automatiquement ; pour cela les extrémités des quatre ressorts principaux sont munies de deux crochets dont les becs, butant à fond de course, décrochent les ressorts et produisent le déclenchement, l'appareil s'affaissant sous son propre poids.

L'expérience a montré que l'usure du fil est à peu près nulle et qu'il ne se produit aucune étincelle sous les archets.

La pression d'appui a été définitivement fixée à 16 kgr., soit 4 kgr. par frotteur. Quoique l'usure totale de l'archet n'ait jamais été que normale, elle était cependant un peu irrégulière amenant un rainurage assez rapide de la lame de l'archet qui devenait inutilisable et devait être dressée à nouveau. Il a suffi de pratiquer dans la longueur de l'archet une gorge qu'on garnit de graisse. La dépense de graisse est pratiquement nulle et l'usure se produit d'une façon régulière augmentant ainsi considérablement la vie des archets.

Commande et contrôle des unités motrices. — Le système adopté est du type bien connu Sprague-Thomson (1) adapté à la distribution spéciale sur deux ponts : il y a, d'une part, une ensemble d'inverseurs et d'interrupteurs permettant d'alimenter les circuits de traction, de commande et de lumière par l'un ou l'autre pont, et, d'autre part, des enclenchements obligeant normalement à alimenter la voiture de tête par le fil, la motrice de queue par le troisième rail (Fig. 26 et 27).

Pour ce double résultat, on trouve dans chaque motrice : un interrupteur I bipolaire, double direction permettant par sa branche principale de mettre le circuit des moteurs sur le pont fil ou sur le pont rail ; un deuxième inverseur *j*, normalement plombé à la position haute, permet également d'alimenter les circuits de lumière et le manipulateur de commande par le fil ou par le rail ; enfin, la deuxième branche du gros interrupteur bipolaire I connecte la sortie d'un relais dit relais de sécurité, soit à la terre par l'intermédiaire du robinet de manœuvre de l'archet, soit au fil de commande ; l'autre borne du relais de sécurité est connectée au fil de la ligne de train.

(1) Voir le N° de Mai 1902 de la *Revue Générale*, page 351.

Le relais de sécurité coupe donc lorsqu'il n'est pas excité, la commande des contacteurs principaux, en sorte que le démarrage ne peut avoir lieu que s'il est levé. Il faut pour cela :

1° Que, dans l'une des voitures, l'interrupteur I soit à la position haute, et que le robinet R soit à l'admission, c'est-à-dire que l'archet soit levé ;

2° Que dans l'autre voiture, I soit à la position basse.

S'il en est ainsi, et si, de plus, on manœuvre dans la première voiture, dès la première touche le fil 2 est en charge, un circuit se ferme par : fil 2, interrupteur I, fil 6, relais de sécurité de la deuxième voiture, interrupteur I, contacts du robinet et terre ; les relais de sécurité sont excités et permettent le démarrage.

Si, dans un cas particulier, il y a lieu de renoncer à la position normale, si, par exemple, il est

Fig. 26. — SCHÉMA DES ENCLÈCHEMENTS ÉLECTRIQUES DES 2 MOTRICES D'UN TRAIN.

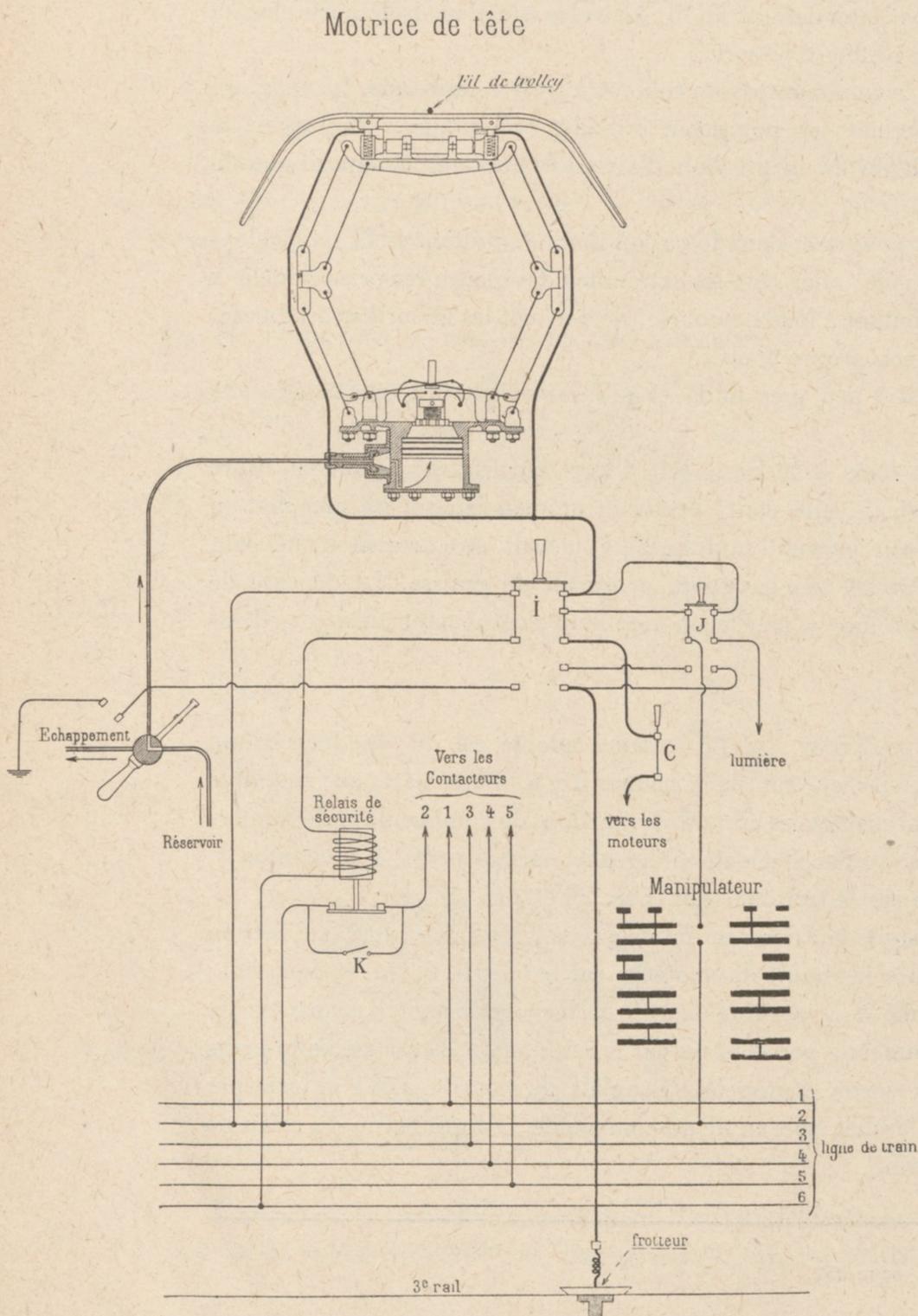
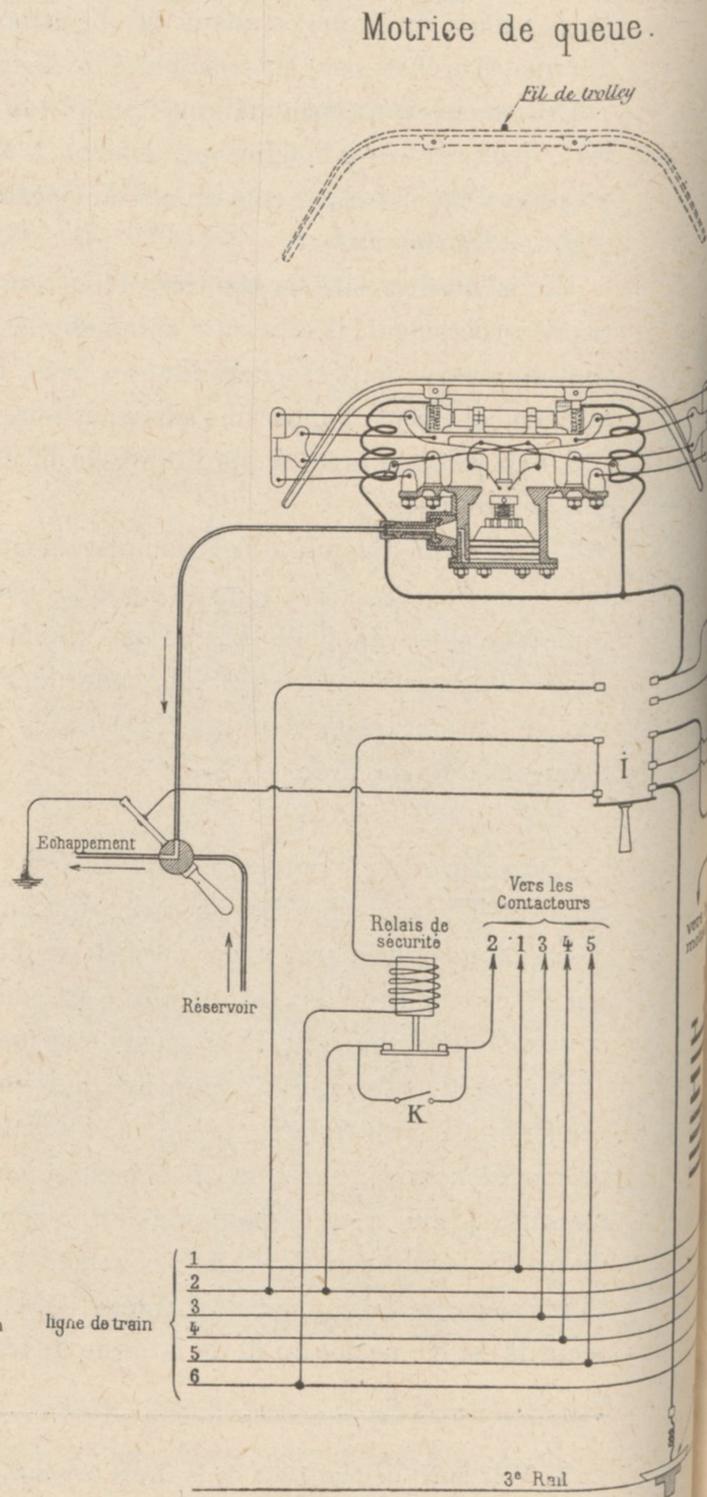


Fig. 27. — SCHÉMA DES ENCLÈCHEMENTS ÉLECTRIQUES DES 2 MOTRICES D'UN TRAIN.



nécessaire d'alimenter les deux voitures par un même pont, le commutateur *j* sera inversé s'il s'agit du pont-rail et la clef *k* annulant les enclenchements décrits plus haut, puisqu'elle court-circuite les contacts du relais de sécurité, permettra encore de démarrer.

En un mot, des enclenchements qu'un déplombage fait disparaître en cas de nécessité, ne permettent le démarrage que si :

- a) Les deux motrices sont sur deux ponts différents ;
- b) C'est la motrice de tête qui est sur le pont fil ;
- c) La motrice de queue a son archet effectivement abattu.

L'alimentation des circuits de lumière se fait, comme il a été dit plus haut, dans la motrice de tête, c'est-à-dire normalement sur le pont fil, et exceptionnellement sur le pont rail. Enfin, l'alimentation du compresseur d'air est prise avant le couteau de traction sur ce circuit de traction ; chaque compresseur est donc sur le pont de sa voiture.

Les Figures 28 et 29 donnent les vues extérieures et intérieures d'une voiture de 1^{re} classe.

Fig. 28. — VOITURE DE 1^{re} CLASSE.

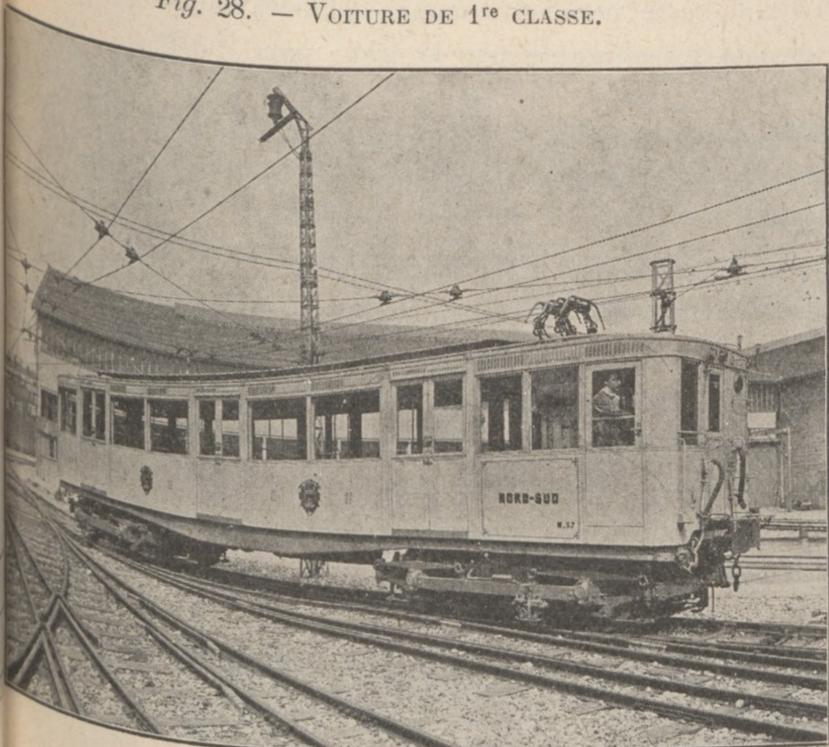
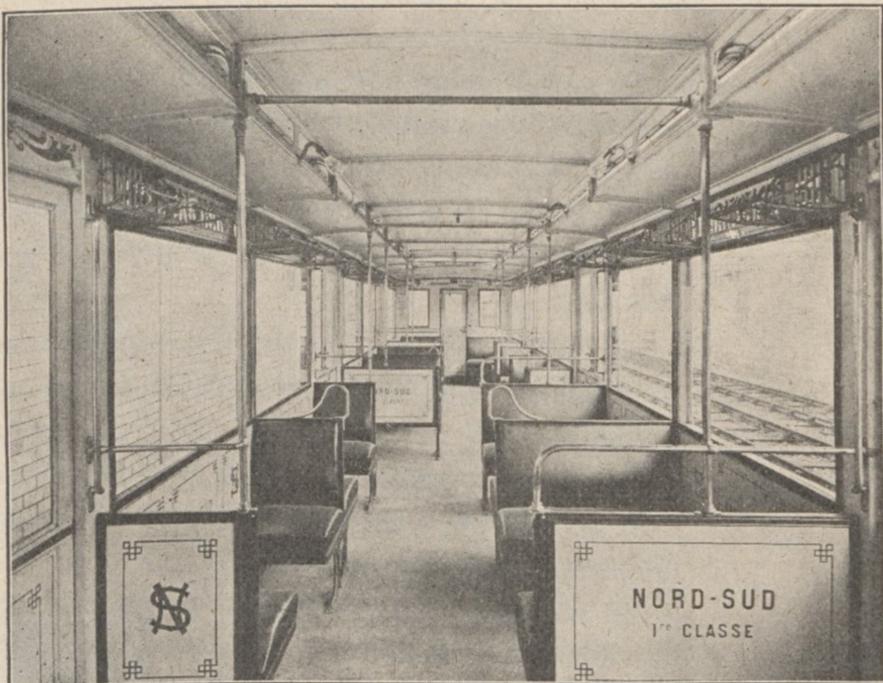


Fig. 29. — INTÉRIEUR D'UNE VOITURE DE 1^{re} CLASSE.



Signalisation. — Le système de signalisation adopté sur le Nord-Sud, tout en se conformant aux principes généraux précédemment adoptés, en particulier sur le Métropolitain, comporte, tant au point de vue du cantonnement que du système d'actionnement, quelques particularités qu'il importe de signaler.

Le Block Nord-Sud est, comme celui du Métropolitain (1), un block normalement fermé, c'est-à-dire dans lequel tous les signaux normalement « au rouge » ne se mettent successivement « au blanc » devant un train, qu'autant que la situation des trains précédents le permet : une section *neutre* ou *tampon* dans laquelle il n'y a aucun train, est nécessairement intercalée entre deux sections où se trouvent deux trains successifs, de sorte qu'un train est toujours séparé de celui qui le précède par deux signaux à l'arrêt.

Comme dans une exploitation métropolitaine, où l'espacement le plus réduit à obtenir entre trains

(1) Block-system Hall, N° de Septembre 1900 de la *Revue Générale*, page 452, et Block-system Bérard, Dardeau et Detroyat, N° de Novembre 1906 de la *Revue*, page 331.

correspond sensiblement à l'intervalle entre deux stations consécutives et que, d'autre part, on est amené à munir en général chaque station de deux signaux, un à l'entrée, un autre à la sortie, chaque intervalle entre deux gares formera une section et chaque gare elle-même une section.

Or, si l'on applique à une semblable disposition le principe de la section neutre, on arrive nécessairement à ce résultat que, pendant la circulation intensive, tout train arrêté bloque tous les trains qui le suivent dans la situation correspondante à la sienne. Arrêté en station, il bloque tous les trains en station, arrêté en souterrain, il bloque également en souterrain tous les trains qui le suivent.

C'est pour éviter cette situation toujours inexplicable pour le voyageur urbain, souvent impatient, qui attend à l'entrée d'une station dont il aperçoit le quai libre, que la signalisation du Nord-Sud a été amendée :

Si le premier train suivant le train en détresse peut recevoir l'autorisation de pénétrer en station tous les trains suivants entreront également en station par le jeu normal de la section tampon. La permission n'a donc besoin d'être donnée qu'à un seul train.

Le signal d'entrée des stations comporte alors en plus des feux normaux *blanc* et *rouge* un troisième feu *vert* qui s'allume lorsqu'un train se présente à l'entrée d'une station qui est libre, mais alors que le train qui précède n'a pas encore atteint la station suivante. Ce signal d'arrêt permissif commande l'arrêt comme le signal rouge ; mais à l'inverse de celui-ci il est ensuite franchissable par le train pour entrer en gare.

La couverture du train précédent ne se trouve pas diminuée de ce fait, car le signal rouge d'entrée, auquel le signal vert s'est substitué n'a pas été supprimé mais reporté à la sortie de la station où il vient de se superposer aux deux feux normaux de ce poste.

En un mot chaque entrée de gare comporte un signal pouvant présenter un feu blanc, un feu rouge ou un feu vert ; chaque sortie comporte un signal pouvant présenter un feu blanc, un feu rouge ou deux feux rouges.

Un train se présentant au signal d'entrée le trouve rouge, si le train précédent est en station ; vert si le train précédent est entre la station et la station aval ; blanc si le train précédent est dans la station aval ou au-delà.

Un train se présentant au signal de sortie le trouve double rouge si le train précédent est entre la station et la station aval ; simple rouge si le train précédent est dans la station aval ; blanc si le train précédent est au-delà de la station aval.

On voit en un mot que, si le principe de la double couverture est conservé, la section tampon qui est effectivement d'un intervalle de stations pour un train en station se comprime pour le cas du train en souterrain, mais seulement après l'arrêt effectif du train qui exerce cette compression.

En ce qui concerne le fonctionnement du block par le passage du train, on n'emploie au Nord-Sud, ni la pédale mécanique (1) ni la barre de contact électrique (2) et on a préféré le circuit de voie (3) qui ne présente ni les difficultés de réglage de la pédale mécanique ni les chances de raté de la pédale électrique en cas de manque de courant et qui devait se trouver sur le Nord-Sud dans des conditions particulièrement favorables en raison des conditions d'isolement de la voie de roulement et de l'importance minime des courants de retour dans cette voie.

Le circuit de voie de fonctionnement (Fig. 30) se compose de deux coupons de rails isolés de la voie courante et reliés entre eux par trois joints isolants : à chaque joint l'isolement est réalisé par une cale entre les deux bouts de rails, deux plaques entre les rails et les éclisses mécaniques, et des canons autour des boulons : la cale, les plaques et les canons sont en fibre grise.

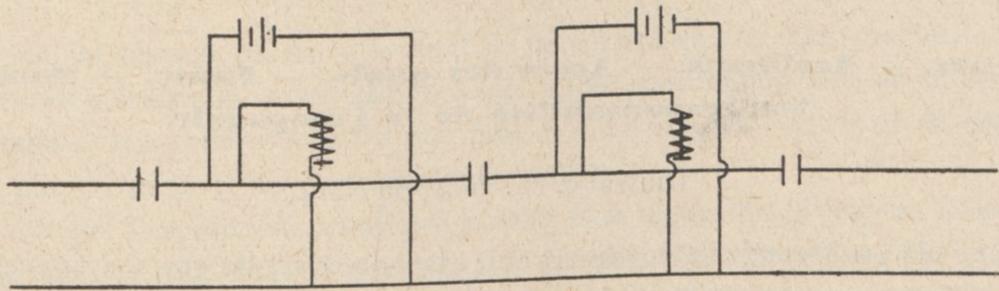
(1) Voir n° de Septembre 1900 de la *Revue*, page 453.

(2) Voir n° de Mai 1902 de la *Revue*, page 351.

(3) Voir n° de Septembre 1900 de la *Revue*, page 397.

Entre chacun des coupons et la file continue sont branchés une batterie de piles et un relais ; le relais est normalement excité ; au passage du train, l'essieu court-circuitant la pile fait tomber le relais. On obtient ainsi au passage du train, par les chutes et les relevages successifs des deux relais, trois combinaisons utilisées chacune pour produire une action spéciale sur les circuits du block ; en particulier le déblocage du signal arrière n'est donné que par la combinaison du premier relais relevé, relais suivant tombé, c'est-à-dire par la queue du train ; on obtient ainsi sans aucun décalage du signal par rapport à la pédale la protection constante de la queue du train par deux signaux.

Fig. 30. — SCHÉMA D'UN CIRCUIT DE VOIE.



Nous n'avons pas à insister sur les circuits mêmes du block qui sont assez complexes ; il y a lieu simplement de noter que l'alimentation de ces circuits est réalisée par des batteries de piles au sulfate de cuivre et que, dans les gares, l'ensemble de l'installation : tableau des relais et batteries de piles, a été réunie dans les chambres dont il a été déjà question au numéro précédent (ces chambres bien éclairées et munies d'une prise d'eau permettent de réaliser l'entretien des piles dans des conditions qui en réduisent les inconvénients).

Manœuvre contrôle et enclenchement des aiguilles aux terminus et aux bifurcations. —

Trois points du réseau ont été munis de tables d'enclenchements (Fig. 31) ce sont : le terminus de la Porte de Versailles qui, bien que situé hors des voies en exploitation, présentait une importance particulière en raison des manœuvres de rebroussement, de garage et de relations avec le dépôt.

Fig. 31. — TABLE D'ENCLENCHEMENTS DU TERMINUS « PORTE DE VERSAILLES ».



Le raccordement des deux lignes A et B à la gare Saint-Lazare.

La bifurcation de la Fourche où se détachent du tronc commun, venant de la gare Saint-Lazare, les deux branches de Saint-Ouen et de Clichy.

La commande des aiguilles est du type Taylor ; l'aiguille est manœuvrée par une roue à came entraînée par un petit moteur série ; lorsque l'aiguilleur agit sur

le levier en table, il est arrêté par un verrou à une position intermédiaire qui ferme le courant du

moteur ; celui-ci manœuvre l'aiguille, qui en fin de course inverse. par le jeu d'un commutateur, les connexions de l'induit et de l'inducteur du moteur ; ce dernier, tourne donc sur sa vitesse acquise en génératrice et renvoie à la table un courant de contrôle qui dégage le verrou et permet d'achever la course du levier.

LÉGISLATION ET JURISPRUDENCE.

Voyageurs. — Accidents, — Accès des quais. — Faute. — Bousculade. Non-responsabilité de la Compagnie

Lausent c. ch. de fer du Nord).

La Compagnie n'a pas à avertir les voyageurs qui, ayant accès sur les quais, avant même l'arrivée des trains en gare, doivent se soumettre au règlement, affiché dans toutes les gares, qui leur fait un devoir de ne monter dans les voitures qu'après l'arrêt complet des trains.

Par suite, la responsabilité de la Compagnie ne saurait être engagée par l'accident survenu à un voyageur au moment où il montait dans un train non complètement arrêté, même s'il était démontré que par suite du brouillard, le train est arrivé lentement et qu'il n'est parvenu à son point d'arrêt complet qu'après avoir marqué en cours d'arrêt un stoppé à peine sensible.

La responsabilité de la Compagnie ne saurait, en ce cas, davantage résulter de ce que, le voyageur s'appêtant à monter s'est trouvé bousculé par la foule et heurté par une portière ouverte avant l'arrêt complet du train, car en supposant même que ce serait une portière ouverte qui l'aurait renversé, il ne saurait s'agir d'une faute de la Compagnie qui n'aurait pas fait ouvrir les portières par ses employés, mais bien d'une faute des voyageurs dont faisait partie le voyageur blessé.

— Du 13 novembre 1911. — Jugement du tribunal civil de la Seine (4^e chambre).

Bagages. — Caisse renfermant des cendres funéraires. — Application du tarif concernant les cercueils

Le Pont c. Chemin de fer de l'Ouest.

Si tout voyageur qui a payé le prix de sa place doit être admis à présenter comme bagages, les objets quels qu'ils soient qu'il veut faire transporter avec lui et à réclamer le bénéfice de la gratuité jusqu'à la limite du poids fixé par l'article 44 du cahier des charges, ce droit cesse lorsque le transport des objets qu'il présente est soumis à des règlements particuliers insérés aux tarifs.

D'autre part, aux termes de l'article 45 du cahier des charges, les objets non désignés dans le tarif sont rangés « pour les droits à percevoir dans les catégories avec lesquels ils auront le plus d'analogie ».

Dans ces conditions, c'est à bon droit qu'une Compagnie avisée qu'une caisse enregistrée comme bagages renfermait les restes d'un corps humain incinéré a réclamer la taxe fixée par l'article 32 des conditions d'application des tarifs généraux G. V. Cet article placé sous la rubrique « Pompes funèbres » ne vise, il est vrai, que les cercueils dont le transport fait l'objet de prescriptions spéciales. Mais l'incinération est rangée par le décret du 27 avril 1899 parmi les modes de sépulture, et le transport des cendres funéraires soumis aux mêmes autorisations administratives que celui des cercueils contenant des cadavres doit lui